

Хеллер Б., врач

Отделение экстренной медицинской помощи, Медицинский центр Св. Марии, г. Лонг-Бич, США

Отморожение

Этиология и патогенез

Повреждения, вызванные холодом, могут быть генерализованными (как при гипотермии) или локальными (как при отморожении). Местное холодовое повреждение может возникать при температуре как выше, так и ниже точки замерзания воды. Холодовые повреждения без отморожения можно разделить на две группы в зависимости от воздействия сухого или влажного холода.

Траншейная стопа как специфическая форма поражения наблюдается при экспозиции влажности холода в течение 1–2 дней при температуре воздуха выше 0 °С. При этом часто возникает тяжелое поверхностное повреждение конечности, которое напоминает ожог средней степени. Однако деструктивные изменения глубоких тканей в подобных случаях редки.

Ознобление относят к повреждению, возникающему в результате длительного воздействия на конечность сухого холода при температуре выше точки замерзания воды. Наиболее часто это наблюдается у альпинистов и проявляется небольшим поверхностным и болезненным язвлением на участках, хронически подвергающихся воздействию холода. Такие повреждения часто сочетаются с повышенной чувствительностью кожи, зудом и эритемой. Иногда местный процесс осложняется тендовагинитом мышц-разгибателей.

Отморожение – это холодовое повреждение, дающее клиническую картину, которая чаще всего относится к замерзанию тканей. Однако касательно патогенеза отморожения по-прежнему высказываются противоречивые мнения. В настоящее время имеются данные о патологических изменениях как в макрососудистом, так и в микрососудистом русле, а также непосредственно в клетке. При контакте поверхности тела с холодными предметами может иметь место отморожение различной степени – от поверхностного до глубокого в зависимости от интенсивности и длительности воздействия холода. Мгновенное и тяжелое замораживание тканей может произойти, например, при воздействии летучих углеводородов при низких температурах. Ниже этой зоны замерзания циркуляция в капиллярах замедляется, а затем и прекращается вследствие вызванного холодом спазма сосудов и повышения вязкости крови. К этому моменту уже определяется ответ крупных сосудов. Вначале артериолы в области холодного воздействия сокращаются для уменьшения теплопотери. Вследствие этого возникает капиллярное шунтирование с артериовенозным током крови; по шунтам кровь сбрасывается в венозное русло, поэтому к сердцу притекает более холодная кровь. При неизбежном снижении температуры тела шунтирование прекращается и конечность отмораживается. Это является ультимативным физиологическим механизмом выживания: для сохранения организма в целом жертвуется конечность. Этот процесс может усугубляться шоком, паническим страхом и плохим физическим состоянием организма.

Доказано, что кристаллизация льда происходит как во внеклеточном, так и во внутриклеточном пространстве. Происходящее при этом перемещение воды приводит к повышению внутриклеточной осмолярности, дегидратации и денатурации внутриклеточных белков. Внутриклеточные кристаллы льда нарушают архитектуру и функцию клетки. Одновременно наблюдается окклюзия микрососудистого русла. Снижение температуры приводит к уменьшению кровотока и повышению вязкости крови. В результате агрегации тромбоцитов и окклюзии венул за 1–2 часа повреждается капиллярное и артериальное сосудистое русло. После оттаивания жидкость, богатая протеином, покидает пораженные сосуды и устремляется в межклеточное пространство. Это приводит к повышению внутритканевого давления, дальнейшему усилению венозного стаза и окклюзии сосудов, а в конечном итоге – к повреждению и гибели тканей.

При местном холодовом повреждении чаще всего страдают уши, щеки, нос, кисти и стопы. Для предупреждения местных холодовых повреждений тело должно быть достаточно согретым, что обеспечивает снабжение указанных областей теплой кровью. Поэтому адекватная защита тела и общее физическое состояние организма в целом имеют не менее важное значение, чем защита кистей и стоп.

Важнейшими факторами, влияющими на тяжесть развивающихся повреждений, являются температура и длительность холодового воздействия. При влажном холоде ткани охлаждаются гораздо быстрее, чем при сухом; теплоизолирующий эффект любой одежды значительно снижается, если одежда влажная. Движение воздуха ускоряет потерю тепла. Так, охлаждающий эффект при температуре воздуха -7°C и ветре, имеющем скорость $72,5\text{ км/ч}$, идентичен воздействию температуры -40°C в безветренную погоду. Скорость ветра не определяет конечную температуру тканей, так как эта температура не может быть ниже температуры окружающего воздуха, но она существенно способствует потере тепла телом и конечностями.

Подъем на большую высоту также обуславливает нарушение системы терморегуляции. Хотя вязкость крови при этом не повышается (несмотря на увеличение объема эритроцитов), потеря воды вследствие возрастания частоты дыхания может привести к относительной дегидратации и уменьшению кровотока. Кроме того, на больших высотах возможна гипоксия центральной нервной системы, что приводит к нарушению поведенческих реакций и механизмов адаптации к холоду и стрессу.

Клиническая картина

Первоначальной клинической реакцией на воздействие холода являются обратимые кожные изменения, известные как «щипок мороза». Кожа становится белой и онемевшей; затем следует внезапное исчезновение ощущения холода и дискомфорта в пораженной области, что является достаточно надежным признаком начинающегося отморожения. Если своевременно принять необходимые меры, то «щипок мороза» не прогрессирует до отморожения.

По выраженности клинических проявлений и степени тяжести отморожение разделяют на четыре категории – от гиперемии и отека до глубокого некроза тканей. Однако для целей диагностики, лечения и прогноза представляется более удобным деление поражений на поверхностные и глубокие.

По мере прогрессирования «щипка мороза» до отморожения замерзшие ткани остаются холодными на ощупь, бледными либо белыми и обескровленными. При поверхностном отморожении кожа остается податливой и мягкой, а при глубоком – ткани становятся твердыми, «деревянными». Следует отметить, что это клиническое различие можно сделать только до отогревания тканей.

Поверхностное отморожение сопровождается появлением в течение 24–48 часов больших, заполненных прозрачной жидкостью пузырей. Вслед за этим кожа грубеет, жидкость из пузырей рассасывается и поверхность становится твердой, как панцирь черепахи. В течение нескольких недель между почерневшей кожей и здоровой, жизнеспособной тканью появляется линия демаркации. Этот «панцирь черепахи» является, по сути, сухой гангреной, носящей поверхностный характер (в отличие от гангрены, связанной с атеросклеротическим поражением, когда могут затрагиваться несколько тканевых слоев); очищение кожи от корок происходит постепенно, в течение нескольких месяцев, открывая новый слой блестящей и красной кожи. Эта «новая» кожа аномально болезненна и чувствительна к теплу и холоду. В конце концов она приобретает свойства нормальной кожи, но по неизвестным причинам остается более восприимчивой к холодовому воздействию и отморожению по сравнению с неповрежденной кожей.

При глубоком отморожении затрагиваются глубоко лежащие структуры, включая (в некоторых случаях) мышцы, кости и сухожилия. Конечность приобретает багровую или красную окраску и бывает холодной на ощупь. Несмотря на отсутствие чувствительности и функции дистальных отделов конечности, пациент иногда способен двигать этой частью конечности, поскольку проксимально расположенные мышцы и сухожилия могут быть вполне функциональными. В отличие от поверхностного отморожения пузыри, заполненные темной геморрагической жидкостью, появляются в течение 1–3 недель. Отек формируется медленно, но может сохраняться в течение месяцев. В конце концов нежизнеспособная кожа и глубокие структуры отделяются демаркационной линией, мумифицируются и отторгаются.

Потерю тканей иногда невозможно предопределить в течение нескольких месяцев. Однако внешний вид тканей после первоначального оттаивания позволяет оценить степень их поражения. При небольшом, или поверхностном, отморожении кожа после оттаивания чувствительна к уколу булавкой, имеет обычную окраску и теплая на ощупь. Более того, пузыри, заполненные прозрачной жидкостью, появляются рано и распространяются до кончиков пальцев. При глубоком, или тяжелом, отморожении дистальная часть конечности остается холодной и цианотичной. Отмечается позднее появление небольших темных пузырей, которые не распространяются до дистальных отделов пальцев. Если после их формирования граница почерневшей кожи соответствует размерам изначально пораженного участка, то большая потеря тканей маловероятна.

Лабораторные исследования имеют второстепенное значение в прогнозировании тяжести отморожения. Однако недавние исследования с применением сканирования с пертехнетатом технеция показали четкую корреляцию между сохранением дефектов перфузии на сцинграмме и наличием поражения глубоких слоев ткани, которое, безусловно, требует хирургиче-

ской резекции. Сканирование с пирофосфатом технеция позволяет с высокой точностью идентифицировать нежизнеспособные костные ткани. Проведение исследования через 24–48 часов после повреждения с последующим его повторением на 7–10-й день помогает оценить эффективность начального консервативного лечения. Если потребуются ампутация, то такое исследование позволит определить ее уровень. Допплеровские исследования и плетизмография целесообразны при дифференциации (после оттаивания) небольшого и тяжелого отморожения. Ангиографию лучше всего резервировать для оценки хронической сосудистой недостаточности, связанной с холодовым повреждением тканей.

Раннее хирургическое вмешательство (например, ампутация) следует отложить до тех пор, пока не обозначатся четкие границы некроза тканей.

Лечение

«Щипок» является полностью обратимой формой отморожения, при которой можно ограничиться оказанием первой помощи. Для этого следует выбрать место, защищенное от ветра, и согреть пораженные участки руками (без растирания), дыханием (через сдвинутые вместе кисти) или путем помещения замерзших пальцев в подмышечные впадины. В процессе согревания кожи и восстановления ее цвета часто возникает болевое ощущение, свидетельствующее о восстановлении микроциркуляции в данной области. Пациент может продолжать пребывать на холоде, однако все подвергшиеся охлаждению участки тела должны периодически осматриваться с целью обнаружения признаков, описанных выше.

Растирание пораженных участков снегом или просто руками приводит к нарушению целостности кожи, повышает риск ее инфицирования и фактически не обеспечивает адекватного оттаивания тканей. Влажную или тесную одежду следует снять. До окончательного согревания алкоголь противопоказан, так как он вызывает увеличение теплопотери вследствие расширения периферических сосудов, одновременно вызывая ощущение ложной безопасности.

Быстрое согревание отмороженных участков является единственно эффективным лечебным мероприятием, позволяющим сохранить жизнеспособность тканей. Это лучше всего достигается путем погружения конечности в проточную воду (при температуре +42 °C) на 20 минут или до появления покраснения дистальных отделов конечности. Медленное отогревание, напротив, представляется менее эффективным и увеличивает повреждение тканей. Использование сухого тепла (например, от костра) как метода отогревания также очень опасно. Ввиду нечувствительности отмороженных частей тела есть высокий риск получения поверхностного ожога и деструкции ткани.

Повторное замерзание оттаявших тканей значительно увеличивает их поражение и некроз. Если отморожение возникает в пути, то конечность не следует согревать до тех пор, пока не появится возможность адекватного лечения и поддержания ее нормального состояния (во избежание повторного замерзания). Более благоразумное решение – дойти до базового лагеря либо больницы; в целях безопасности не следует сначала согревать стопу, а затем идти вновь.

Так как отогревание часто бывает болезненным, свободно используются наркотические анальгетики, проводится соответствующая профилактика

столбняка. При обширных поражениях возможно внутривенное введение жидкости. Антибиотики следует применять в случаях инфекции или при наличии (перед заморзанием) открытых ран конечности.

Местное лечение конечностей основывается на ряде принципов. Оболочку пузырей следует оставить интактной, так как она обеспечивает стерильность, выполняя функцию биологической повязки. Пострадавшей конечности надо придать возвышенное положение для уменьшения отека. На пальцы (на каждый в отдельности) накладывается мягкая абсорбирующая повязка. Такие же повязки накладываются в местах разрыва пузырей. Местные антибиотики, такие как сульфадiazин, могут использоваться, но ими не следует ограничиваться при окончательном лечении клинически явной инфекции. Назначается дозированная физическая нагрузка. Ванночки с теплым раствором антибиотиков (2 раза в день) способствуют безболезненному отторжению некротизированных тканей и уменьшают риск инфекционных осложнений. Применение давящих повязок для уменьшения отека не рекомендуется, так как они способствуют деструкции тканей.

Как было установлено, продукты расщепления арахидоновой кислоты (например, тромбосан) являются медиаторами прогрессирующей дермальной ишемии при холодовом повреждении. Поиски, направленные на предупреждение этого расщепления с помощью антипростагландиновых агентов, а также ингибиторов тромбосана, являются весьма многообещающими. В ряде исследований показано (экспериментально и клинически), что сохранение микроциркуляции в коже и восстановление жизнеспособности тканей могут быть достигнуты при систематическом применении ацетилсалициловой кислоты (антипростагландин) и местном лечении препаратами алоэ (ингибитор тромбосана).

Раннее хирургическое вмешательство не показано по трем соображениям. Во-первых, на ранних стадиях невозможно оценить глубину отморожения. Во-вторых, почерневшая мумифицированная корка служит защитой для подлежащих регенерирующихся тканей. В-третьих, преждевременное хирургическое вмешательство является наиболее важной причиной плохого исхода лечения с неоправданной потерей тканей. В тех случаях, когда процесс осложняется гангреной или инфекцией, хирургическое вмешательство бывает неизбежным.

Раньше в подобных случаях использовались некротомия и фасциотомия. Но поскольку прекращение местной циркуляции обусловлено прежде всего повреждением сосудов и в значительно меньшей степени окклюзирующим отеком, проведение некротомии и фасциотомии обычно не показано. Если же струп препятствует движению конечности, то некротомия может оказаться полезной.

Симпатэктомию для увеличения кровотока рекомендуется рядом исследователей, осуществляющих ее с переменными результатами. Научных данных, убедительно свидетельствующих о том, что симпатэктомию способствует восстановлению жизнеспособности тканей, нет, поэтому показания к ее проведению остаются противоречивыми. Применяется и симптоматическая медикаментозная блокада; она наиболее целесообразна при хроническом спазме сосудов вследствие отморожения. Для лечения отморожений предлагаются также гепарин и низкомолекулярный декстран, однако, как показали клинические испытания, их рутинное применение не оправдано.

Осложнения и отдаленные последствия

Существует ряд осложнений и последствий отморожения. Описаны случаи возникновения рабдомиолиза с последующей почечной недостаточностью в связи с тканевым и мышечным повреждением. Для их своевременного выявления проводятся анализ мочи и определение мышечных ферментов. Возникновение повторного холодового повреждения более вероятно в раннее отмороженной конечности. Более того, кожа на конечности становится легко ранимой, часто трескается, появляются длительно не заживающие трещины. Для их лечения применяются увлажняющие кремы. Вследствие отморожения может наблюдаться постоянная депигментация конечности.

В конечностях, подвергшихся отморожению, обнаруживаются костные изменения, определяемые при рентгенографии. Через 3–6 месяцев после отморожения рентгенологически выявляется остеопороз. Костные поражения имеют различную локализацию и могут распространяться в полость сустава. Это напоминает хроническое воспаление надкостницы и поднадкостничных тканей. Биопсия поражений обнаруживает плотную фиброзную соединительную ткань. Подобные осложнения клинически проявляются признаками артрита с опуханием мягких тканей и ограничением объема движений конечности, что может быть обусловлено описанными выше процессами, а также прямым холодовым повреждением костей и суставов и/или некрозом в результате тромбоза артерий пальцев.

Профилактика

Лица, работающие или путешествующие в холодное время года или на больших высотах, должны обладать хорошим здоровьем и иметь достаточное обеспечение питанием и соответствующей одеждой; следует избегать паники, переутомления и приема алкоголя. Для выявления «щипка мороза» и его лечения необходима постоянная взаимопомощь. После отогревания отмороженных конечностей ходьба противопоказана. Криотерапию (т. е. обкладывание льдом) при различных заболеваниях и состояниях (таких как растяжение сухожилий или эпидидимит) следует применять с осторожностью, так как есть данные о случаях ятрогенного отморожения мошонки, пальцев рук и ног.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

REFERENCES

1. Bangs C. Hypothermia and frostbite. *Emerg Med Clin North Am.* 1984;2:475–487.
2. Boswick JA. Cold injuries. *Major Probl Clin Surg.* 1976;19:96–106.
3. Bourne M, Piepkom MW, Clayton FC, Leonard LG. Analysis of microvascular changes in frostbite injury. *J Surg Res.* 1986;40:26–35.
4. Kyosola K. Clinical experience in the management of cold injuries: A study of 110 cases. *J Trauma.* 1974;14:32–36.
5. McCauley RL, Hing DN, Robson MC, Hegggers JP. Frostbite injuries: a rational approach to frostbite based on the pathophysiology. *J Trauma.* 1983;23:143–147.
6. Mills WJ Jr. Frostbite and hypothermia – current concepts. *Alaska Med.* 1975;15:26–59.
7. Purdue G, Lewis SA, Hunt JL. Pyrophosphate scanning in early frostbite injury. *Am Surg.* 1983;49:619–620.
8. Raifman MA, Berant M, Lenarsky C. Cold weather and rhabdomyolysis. *J Pediatr.* 1978;93:970–971.
9. Rosenthal L, Kloiber R, Gagnon R, Damtew B, Lough L. Frostbite with rhabdomyolysis and renal failure: Radionuclide study. *AJR.* 1981;137:387–390.

10. Salimi Z, Vas W, Tang-Barton P, Eachenpati RG, Morris L, Carron M. Assessment of tissue viability in frostbite by ^{99m}Tc pertechnatate scintigraphy. *AJR*. 1984;142:415–419.
11. Shumacker HB, Kilman JW. Sympathectomy in the treatment of frostbite. *Arch Surg*. 1964;89:575–584.
12. Snider RL, Rummell D, Merhoff GC, Porter JM. Intra-arterial sympathetic blockade in the treatment of frostbite. *Surg Forum*. 1974;25:237–239.
13. Treatment of frostbite. *Med Lett Drugs Ther*. 1976;18(25):105–6.
14. Ward M. Frostbite. *Br Med J*. 1974;1:67–70.
15. Washburn B. Frostbite, what it is – how to prevent it – emergency treatment. *N Engl J Med*. 1962;266:974–989.
16. Weatherly-White RCA, Sjostrom B, Paton BR. Experimental studies in cold injury. II: The pathogenesis of frostbite. *J Surg Res AM*. 1964;4:17–22.

Джерело: Неотложная медицинская помощь / пер. с англ. ; под ред. Дж. Э. Тинтинали, Р. Л. Кроума, Э. Руиза. – М. : Медицина, 2001. – 1016 с. : ил. – ISBN 5–225–00557–8, ISBN 0–07–001457–4.