



ARTÍCULO ESPECIAL

Manejo de la hipotermia accidental severa

M.L. Avellanas^{a,*}, A. Ricart^b, J. Botella^c, F. Mengelle^d, I. Soteras^e, T. Veres^f y M. Vidal^g

^a Unidad de Medicina Intensiva, Hospital General, San Jorge, Huesca, España

^b Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitario de Bellvitge, l'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

^c Unidad de Medicina Intensiva, Hospital Universitario La Fe, Valencia, España

^d SAMU 31, CHU Purpan, Toulouse, Francia

^e Servicio de Urgencias, Hospital de Puigcerdà, Puigcerdà, España

^f Servicio de Cirugía, Hospital de Puigcerdà, Puigcerdà, España

^g Grupo de Emergències Mèdiques de la DGPEIS, Bombers Generalitat de Catalunya, Barcelona, España

Recibido el 18 de noviembre de 2011; aceptado el 2 de diciembre de 2011

Disponible en Internet el 9 de febrero de 2012

PALABRAS CLAVE

Hipotermia accidental;
Clasificación hipotermia;
Parada cardíaca;
Reanimación cardiopulmonar;
Recalentamiento;
Efecto de recaída

KEYWORDS

Accidental hypothermia;
Classification of hypothermia;
Cardiac arrest;

Resumen La hipotermia accidental es una patología ambiental con unos principios básicos de clasificación y reanimación que sirven tanto para el medio montañoso, marítimo o urbano. Esta patología ha formado parte, junto a la acidosis y la coagulopatía, de la famosa «tríada letal» de las víctimas traumáticas en situación crítica. En su manejo y asistencia está implicada toda una cadena asistencial que se extiende desde la medicina de urgencia prehospitalaria hasta la medicina intensiva, llegando incluso hasta la cirugía cardíaca y/o a los programas de circulación extracorpórea.

Una buena clasificación prehospitalaria del grado de hipotermia facilitará su manejo inicial y evitará traslados interhospitalarios o secundarios innecesarios. Lo fundamental es trasladar, con la mayor urgencia posible, a las víctimas hipotérmicas en asistolia o fibrilación ventricular hasta aquellos hospitales que tengan la capacidad tecnológica adecuada para el tratamiento de estas especiales situaciones clínicas.

Este artículo, trata de sentar las bases que faciliten un manejo adecuado de la hipotermia accidental desde la primera asistencia prehospitalaria hasta tratamiento final hospitalario, incluyendo la reanimación y el recalentamiento con circulación extracorpórea.

© 2011 Elsevier España, S.L. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

Management of severe accidental hypothermia

Abstract Accidental hypothermia is an environmental condition with basic principles of classification and resuscitation that apply to mountain, sea or urban scenarios. Along with coagulopathy and acidosis, hypothermia belongs to the lethal triad of trauma victims requiring critical care. A customized healthcare chain is involved in its management, extending

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mlavellanas@ono.com (M.L. Avellanas).

Cardiopulmonary resuscitation;
Rewarming;
Afterdrop

from on site assistance to intensive care, cardiac surgery and/or the extracorporeal circulation protocols.

A good classification of the degree of hypothermia preceding admission contributes to improve management and avoids inappropriate referrals between hospitals. The most important issue is to admit hypothermia victims in asystolia or ventricular fibrillation to those hospitals equipped with the medical technology which these special clinical scenarios require.

This study attempts to establish the foundations for optimum management of accidental hypothermia from first emergency care on site to treatment in hospital including, resuscitation and rewarming with extracorporeal circulation.

© 2011 Elsevier España, S.L. and SEMICYUC. All rights reserved.

Introducción

La asistencia a víctimas con hipotermia accidental severa no es exclusiva de la medicina de rescate o urgente prehospitalaria, también puede extenderse hasta la medicina crítica e incluso a la cirugía cardíaca y los programas de circulación extracorpórea. En presencia de una hipotermia accidental es fundamental seleccionar bien a las víctimas que potencialmente se puedan beneficiar del traslado hacia un hospital de nivel superior. Decisiones mal tomadas en la primera asistencia pueden someter a la víctima a un traslado largo e innecesario al ser transportada hacia un hospital que no disponga de la tecnología adecuada para manejar una hipotermia severa. La *International Commission for Mountain Emergency Medicine* (ICAR MEDDCOM), la *International Society for Mountain Medicine and Medical Commission* y la *International Mountaineering and Climbing Federation* (UIAA MEDDCOM), han publicado guías de consenso para la clasificación y manejo prehospitalario de víctimas con hipotermia severa por accidentes de montaña¹. Los principios básicos de clasificación, reanimación y manejo de las víctimas de hipotermia accidental, son los mismos tanto en ambiente marítimo, montañoso como urbano².

Definición

Se define hipotermia como la disminución de la temperatura corporal central (TCC) por debajo de 35 °C. Habitualmente se clasifica como leve cuando la TCC está entre 35-32 °C, media cuando está entre 32-30 °C y severa cuando es inferior a 30 °C. Hablamos de hipotermia accidental cuando el descenso de la TCC ocurre de forma espontánea, no intencionada, generalmente en ambiente frío, asociado a un problema agudo, y sin lesión previa del hipotálamo, zona anatómica donde se sitúa el termostato corporal.

Alteraciones fisiopatológicas (tabla 1)

El frío es el agente etiológico indiscutible y fundamental de la hipotermia accidental, si bien su acción patógena depende de la intensidad, del tiempo de exposición y de las condiciones ambientales. Habitualmente está asociado a una lesión inmovilizadora en un entorno frío, a una exposición sin protección adecuada o a inmersión en agua fría.

La termorregulación es el equilibrio entre la producción de calor (termogénesis) y la eliminación de calor

(termólisis). Este equilibrio activo, que mantiene la temperatura corporal lo más próxima posible a los 37 °C, hace que funcionen con un estrecho margen de metabolismo óptimo los sistemas enzimáticos. En situación de hipotermia leve, los mecanismos de termorregulación funcionan al máximo en un intento de combatir la pérdida de calor: temblor, vasoconstricción cutánea, disminución de la perfusión periférica, aumento del flujo sanguíneo cerebral, aumento de la diuresis (diuresis por frío), aumento de la frecuencia cardíaca, de la frecuencia respiratoria, del gasto cardíaco y de la tensión arterial. Si la situación de la víctima empeora y la TCC desciende por debajo de los 30-32 °C, la actividad enzimática se enlentece, disminuye la capacidad para generar calor, el sistema termorregulador se agota, las funciones de los diferentes órganos corporales disminuyen progresivamente y se llega a la muerte por fallo cardiorrespiratorio³⁻⁷.

Dentro de las alteraciones fisiopatológicas expuestas en la tabla 1, hay cuatro hechos especialmente reseñables:

1. Por debajo de los 28 °C de TCC se puede producir fibrilación ventricular (FV) y asistolia. Aunque hay autores que consideran que la asistolia no suele presentarse por encima de los 23 °C, a menos que exista otra causa, y si se presenta antes de los 23 °C el pronóstico es más funesto⁸.
2. Un manejo poco adecuado de la víctima, como son los cambios bruscos de posición, puede desencadenar la fibrilación ventricular.
3. A los 18 °C el cerebro puede tolerar periodos de parada cardíaca un tiempo diez veces superior que a 37 °C⁴.
4. El consumo de oxígeno disminuye un 6% por cada 1 °C de caída de la TCC y esta reducción también afecta al sistema nervioso central (SNC), cerebro y médula espinal. Esta disminución del consumo de oxígeno hace que la hipotermia tenga un efecto preventivo sobre la hipoxia cerebral y medular, permitiendo recuperaciones neurológicas completas después de inmersiones prolongadas en aguas heladas, de traumatismos craneoencefálicos y medulares graves o paros cardiorrespiratorios^{4,9,10}.

Consecuencias de la hipotermia en las víctimas traumáticas

Hasta bien avanzada la década de los años 80 del siglo pasado, se consideraba que la «tríada letal» formada por hipotermia, acidosis y coagulopatía, era la mayor causa de mortalidad de los heridos en situación crítica. Incluso en ambientes urbanos, en lógica dependencia con el clima

Tabla 1 Alteraciones más comunes y frecuentes en la hipotermia

- Sistema Nervioso Central: <ul style="list-style-type: none"> • Disminución progresiva consciencia (<32 °C) • Coma (a partir de 28 °C) • Depresión centro respiratorio • Depresión reflejo tusígeno • Disminución amplitud del EEG (<32 °C), • EEG plano (a partir de 18 °C) 	- Endocrinas: <ul style="list-style-type: none"> • Hiperglucemia • Disminución hormonas hipofisarias
- Hemodinámicas <ul style="list-style-type: none"> • Deshidratación (diuresis por frío) • Disminución del Gasto Cardíaco • Hipotensión Arterial, Shock 	- Renales: <ul style="list-style-type: none"> • Polaquiuria • Insuficiencia Renal
- Alteraciones del ECG: <ul style="list-style-type: none"> • Onda J o de Osborn (<31 °C) • Alteraciones del ST y QT alargado 	- Hematológicas <ul style="list-style-type: none"> • Anemia/hemoconcentración • Trombocitopenia • CID
- Arritmias cardíacas <ul style="list-style-type: none"> • Bradicardia Sinusal • Fibrilación y Flutter Auricular • Ritmo Ideoventricular • Fibrilación Ventricular y Asistolia (<28 °C) 	- Digestivas: <ul style="list-style-type: none"> • Pancreatitis • Íleo paralítico • Disminución actividad hepática • Úlceras de Wischnesky
- Respiratorias: <ul style="list-style-type: none"> • Taquipnea inicial a Bradipnea • Disminución del volumen corriente • Hipoventilación alveolar • Alteración ventilación/perfusión • Aumento solubilidad del O₂ y CO₂ • Hipoxemia • Hipocapnia 	- Alteraciones vías respiratorias <ul style="list-style-type: none"> • Inicialmente hipersecreción por frío • Posterior sequedad de mucosas • Disminución capacidad vital • Disminución actividad mucociliar • Atelectasias
- Metabólicas: <ul style="list-style-type: none"> • Reducción consumo de oxígeno: 6% por cada 1 °C 	- Infecciones: <ul style="list-style-type: none"> • Neumonías • Sepsis
	- Toxicidad de los fármaco vasoactivos <ul style="list-style-type: none"> • Alteración receptores adrenérgicos • Alteración aclaración fármacos
	- Predisposición a congelaciones

y la temperatura, cuando el tiempo de transporte en el hospital más próximo está en torno a los 15 minutos, cerca del 50% de las víctimas con lesiones penetrantes se encuentran hipotérmicas a su ingreso en el Servicio de Urgencias¹¹. Según diversos estudios realizados con víctimas traumáticas, la mortalidad de las víctimas hipotérmicas comparada con las normotérmicas, aumenta hasta 50%¹². Son especialmente propensas aquellas víctimas que presentan quemaduras, traumatismos craneoencefálicos o lesión medular alta con implicación de la cadena simpática. La edad también influye, haciendo que sean más susceptibles tanto las víctimas muy jóvenes como las más ancianas por su escasa respuesta frente a la pérdida de calor. La prevención para minimizar la pérdida de calor y, cuando esté indicado, iniciar el recalentamiento activo, son dos componentes esenciales para una buena asistencia a las víctimas traumáticas¹³.

Clasificación etiológica de la hipotermia

Hipotermia aguda

La exposición al frío es tan grande y repentina que la resistencia del cuerpo al frío es sobrepasada a pesar de que la producción del calor sea o esté casi al máximo. Es característica en las víctimas sepultadas por una avalancha de nieve o por inmersión en agua fría. En víctimas que sobreviven inicialmente y con mecanismos termorreguladores eficaces,

la hipotermia tarda en establecerse unos 30 minutos¹⁴. El tiempo de supervivencia dependerá del balance entre la eficacia de la respuesta termorreguladora, las posibilidades de asilamiento, la ropa de abrigo y la temperatura ambiental o del agua¹⁵.

Hipotermia subaguda

Aquí, el factor crítico es el agotamiento y la deplección de las reservas energéticas del organismo que llevan a un descenso de la TCC. Es la típica de los senderistas, montañeros y alpinistas. Al acompañarse habitualmente de hipovolemia, debida a los trasvases de líquidos entre los diferentes compartimentos corporales, durante el recalentamiento hay necesidad de reanimar con líquidos endovenosos.

Hipotermia subcrónica

Se produce cuando hay una exposición prolongada a un grado ligero de agresión por frío y una respuesta termorreguladora insuficiente para contrarrestar esta agresión. Tiene un inicio insidioso y lento. El ejemplo clásico es el anciano inmóvil en el suelo, tras sufrir una caída en su casa, con fractura del cuello del fémur. La reanimación es compleja y con una mortalidad elevada debido a la inestabilidad hemodinámica, las comorbilidades típicas de los ancianos y las frecuentes complicaciones que surgen, como las infecciones del tracto

respiratorio y la isquemia miocárdica o de las extremidades. El recalentamiento tiene que ser lento y cuidadoso en estas víctimas tan débiles.

Medición de la TCC

En la primera asistencia es fundamental la medición de la TCC mediante un termómetro epitimpánico o esofágico que posibilite la medición de temperaturas bajas¹. No obstante, la medida de la temperatura esofágica es la más adecuada y fiable. La medición epitimpánica pueden dar falsos valores en determinadas circunstancias como son las temperaturas exteriores muy bajas, el bloqueo del conducto auditivo externo por nieve o agua y la ausencia de flujo carotídeo, como sucede en la parada cardiaca. La medida epitimpánica puede ser útil en pacientes que respiran espontáneamente, pero se descarta categóricamente en los fallecidos³.

Clasificación de la hipotermia en la primera asistencia y según la situación clínica

La ICAR MEDDCOM y la UIAA MEDDCOM propusieron un método práctico basado en los signos clínicos y su relación con la TCC. Esta clasificación, que podría también realizarla personal no médico mínimamente entrenado, divide a la hipotermia en cinco grados¹:

- Grado I. Víctima consciente y temblando (35-32 °C).
- Grado II. Víctima somnolienta que no tiembla (32-28 °C).
- Grado III. Víctima inconsciente pero con signos vitales presentes (28-24 °C).
- Grado IV. Ausencia de signos vitales; muerte aparente (24-¿13,7 °C?).
- Grado V. Muerte por hipotermia irreversible (temperatura central inferior a 13 °C).

Como hay víctimas con hipotermias severas que se han reanimado con éxito después de varias horas en asistolia¹⁰, como la TCC más baja reanimada sin lesiones neurológicas ha sido de 13,7 °C¹⁶ y como los médicos de rescate que trabajan «sobre el terreno» pueden tener dudas, una vez excluidas las lesiones letales, entre si están en presencia de una víctima de grado IV con lesiones asociadas pero que puede ser reversible o ante un grado V que supone la muerte por hipotermia irreversible, la guía de consenso entre la ICAR MEDDCOM y la UIAA MEDDCOM sobre la hipotermia accidental recoge una serie de datos clínicos que posibilitan diferenciar ambos grados y evitar reanimaciones innecesarias. Estos datos son¹:

1. El tórax y el abdomen no son compresibles.
2. El corazón siempre está en asistolia (en el grado IV puede haber asistolia o FV).
3. La temperatura central es inferior a 13,7 °C (?), TCC más baja reanimada con éxito hasta la fecha¹⁶.
4. El potasio sérico es superior a 12 mEq/L. Este último criterio se aplica exclusivamente en casos de hipotermia cuya etiología ha sido la asfixia como son las víctimas de avalanchas o por inmersión en agua. Para otras etiologías de hipotermia que lleven asociada la posibilidad de hemólisis o rhabdomiólisis, como puede suceder en víctimas politraumatizadas, se requieren más estudios.

Guías de reanimación prehospitalaria según el grado de hipotermia (fig. 1)¹⁷

Los objetivos generales de la asistencia prehospitalaria consisten en: retirada y aislamiento del ambiente frío, prevención de una caída posterior de la TCC (*afterdrop*), manejo cuidadoso de la víctima y trasladado a un hospital con la tecnología adecuada para el tratamiento del grado de hipotermia. Como medidas de protección y aislamiento, además de aislar a la víctima del suelo y protegerla de la lluvia, viento o nieve, son útiles el cambiar la ropa húmeda por seca, cubrir a la víctima con gorro, guantes, mantas de lana o sacos de dormir o de supervivencia (funda de *bivouac*). A continuación se exponen las recomendaciones para el manejo de los diferentes grados de hipotermia^{1,17}.

Grado I (35-32 °C)

Como la víctima está consciente y puede moverse, además del aislamiento y protección térmica, se le animará a realizar ejercicio físico ya que recalienta más rápidamente que la tiritona (¡cuidado!: puede producir una caída posterior de la TCC). Puede administrarse bebidas calientes azucaradas. Solamente se trasladará a un hospital en caso de comorbilidad o sospecha de una lesión oculta.

Grado II (32-28 °C)

La víctima ya no tiene capacidad de temblar y es propensa a las arritmias letales (FV/TV y asistolia), especialmente cuando su manejo es inadecuado (para cambiar la ropa húmeda no tirar de ella, sino cortarla). Si el nivel de consciencia es bajo debe colocarse en posición horizontal para evitar el *afterdrop* o el colapso peri-rescate (ver más adelante). Iniciar el recalentamiento con los medios de que se disponga: aire u oxigenoterapia caliente y humidificada, bolsas de agua caliente o paquetes químicamente calentados sobre las áreas arteriales troncales (cuello, axilas, ingles) pero evitando siempre el contacto directo sobre la piel. Si mantiene el reflejo nauseoso y no hay riesgo de broncoaspiración, administrar bebidas calientes azucaradas. Se evacuarán a un hospital con posibilidad de cuidados intensivos.

Grado III (28-24 °C)

La víctima presenta disminución de la consciencia y tiene alta probabilidad de arritmias letales. El tratamiento inicial consistirá en manejo muy cuidadoso, aislamiento y protección térmica, oxigenoterapia caliente y humidificada a 40-45 °C y monitorización del ECG y TCC. La posibilidad de desencadenar una FV con las maniobras de oxigenación y protección de la vía aérea para prevenir la broncoaspiración, es bastante inferior a la que puede provocar la intubación traqueal. Esta técnica solamente se realizará cuando esté indicada, según el algoritmo del soporte vital avanzado (SVA) vigente, y pueda mantenerse durante el transporte hasta el hospital. Si fuera necesaria una vía venosa, difícil por la vasoconstricción periférica, debe implantarse sin que suponga un retraso no superior a los cinco minutos, sopesando el riesgo

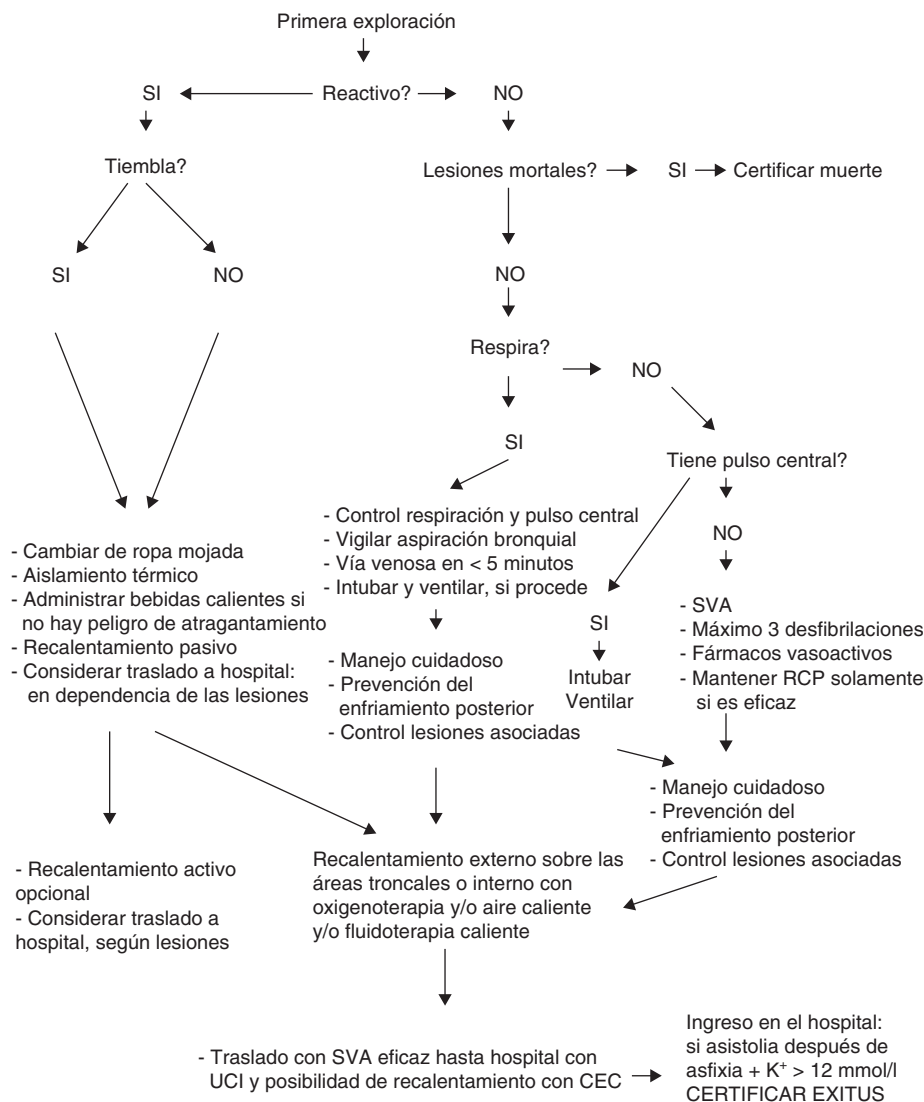


Figura 1 Algoritmo de asistencia prehospitalaria a la víctima con hipotermia accidental severa hasta Grado IV (Modificado de Peek et al.⁴⁹).

Leyenda: CEC: Circulación Extracorpórea; RCP: Reanimación Cardiopulmonar; SVA: Soporte Vital Avanzado; UCI: Unidad de Cuidados Intensivos.

de mayor enfriamiento y evitando las vías centrales con acceso a las cavidades cardiacas por el riesgo de desencadenar FV. Se pondrán en marcha medidas de aislamiento y de recalentamiento, anteriormente comentadas. La fluidoterapia caliente en el campo es poco eficiente y únicamente está indicado el suero salino; a medida que progresa la hipotermia el sodio tiende a disminuir y el potasio a aumentar, por supuesta disminución de la actividad enzimática de la bomba sodio-potasio de la membrana celular. La evacuación debería hacerse sin demora hacia un hospital con posibilidades de recalentamiento extracorpóreo.

Grado IV (24-¿13,7 °C?)

La víctima está severamente hipotérmica y aparentemente muerta. La ausencia de reflejos y la dilatación pupilar no

deben considerarse como signos de muerte: «nadie está muerto sino está caliente y muerto». Se debe iniciar la reanimación cardiopulmonar (RCP) inmediatamente y con la condición de que, una vez iniciada, no se interrumpa hasta llegar al hospital de referencia^{18,19}. Como en los anteriores grados, se tomarán las medidas adecuadas para evitar un enfriamiento posterior. Estas víctimas deberán transportarse inmediatamente a un hospital terciario con posibilidades de recalentamiento con bomba de circulación extracorpórea (BCE) u oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO); trasladarlas inicialmente a un hospital sin estas posibilidades puede hacer perder un tiempo precioso para la supervivencia de la víctima. En situaciones más aisladas o remotas y sin un hospital terciario en muchos kilómetros, se pueden utilizar otros guías de tratamiento²⁰ o valorar la posibilidad de evacuarlo a un hospital más cercano, dotado de unidad de medicina intensiva

y con posibilidad de hemoperfusión veno-venosa continua (HPVVC)²¹.

Valoración y reanimación de víctimas sepultadas por avalancha de nieve

La práctica de los deportes de invierno causa, entre los países alpinos de Europa y Norteamérica, una media anual de unas 150 muertes por avalancha de nieve, estos accidentes suelen afectar a múltiples víctimas y producirse en áreas de difícil acceso para los equipos de rescate. La muerte es debida a asfixia, traumatismo o hipotermia accidental. La anterior clasificación de la hipotermia y su tratamiento se relacionan íntimamente con las víctimas que han sufrido un accidente por avalancha de nieve, han quedado sepultadas y se encuentran en parada cardiorrespiratoria²².

En la parada cardíaca consecutiva al sepultamiento por una avalancha de nieve hay tres factores implicados en la clasificación y supervivencia: el tiempo de enterramiento en la nieve, la presencia o ausencia de vía aérea libre de nieve y la TCC de la víctima. Partiendo de estos tres factores y sabiendo que el enfriamiento de una víctima enterrada en nieve y con la vía aérea libre es de 3°C/hora (a los 90 minutos de enterramiento la TCC habrá llegado a los 32°C), hay una serie de víctimas que su supervivencia en presencia de parada cardíaca no es posible y son las:

1. Sepultadas más 35 minutos y con obstrucción de la vía aérea a la extricación.
2. Sepultadas más de 35 minutos, vía aérea obstruida por nieve y TCC igual o inferior a los 32°C.
3. Sepultadas, con obstrucción de la vía aérea y un potasio sérico inicial >12 mmol/L

En estos tres casos se certificará la muerte de la víctima en el mismo lugar del accidente, como también se certificará si presenta lesiones letales. Sin embargo, hay otras dos situaciones donde sí deberán iniciarse maniobras SVA, según las recomendaciones internacionales vigentes, trasladar a las víctimas a un centro hospitalario con posibilidades de asistencia intensiva y, si procede, iniciar el recalentamiento^{1,17}:

1. Víctima con tiempo de extricación igual o inferior a los 35 minutos. Si después de 20 minutos de reanimación no hay respuesta se certificará la muerte por asfixia.
2. Víctimas con sepultamiento superior a los 35 minutos, TCC igual o inferior a 32°C (grado II o superior) y hay duda o no existe obstrucción de la vía aérea por nieve.

Las consideraciones sobre el rescate de víctimas por avalancha de nieve se encuentran en la [tabla 2](#)²³ y el algoritmo de valoración y tratamiento en la [figura 2](#)^{22,24}.

Soporte vital avanzado en hipotermia

Como los signos vitales pueden estar ausentes o ser indetectables en una hipotermia severa (grado IV), son poco fiables para certificar la muerte. En estos casos, donde el pulso y la respiración pueden llegar a ser prácticamente imperceptibles y es fácil cometer errores, aunque algunos autores recomiendan palpar el pulso en una arteria grande durante

Tabla 2 Consideraciones del rescate de víctimas por avalancha de nieve²³

- 1.- No romper la cámara respiratoria. Entrar en la zona de la avalancha exclusivamente el equipo de rescate para evitar pisar la nieve y destrozar la posible cámara respiratoria que tenga la víctima alrededor de la vía aérea
- 2.- No cavar en vertical. Debe cavarse siempre en diagonal, desde el lado del valle y cavar la suficiente cavidad como para que haya espacio para monitorizar a la víctima e iniciar las maniobras de RCP.
- 3.- Siempre que sea posible debe estar un médico durante la extricación. El debe ser el responsable de averiguar la existencia o no de la cavidad respiratoria.
- 4.- Manejo cuidadoso de la víctima: Los movimientos bruscos tiene el peligro de desencadenar una FV o el fenómeno de recaída (*afterdrop*).
- 5.- La posición inicial horizontal previene el colapso peri-rescate. Posteriormente, si la víctima hipotérmica se encuentra inconsciente, no intubada, y con respiración espontánea se puede colocar en posición lateral de seguridad, salvo sospecha de lesión de la columna vertebral.
- 6.- Hacer RCP a víctimas con un tiempo de extricación superior a los 35 minutos y sin permeabilidad de la vía aérea es un esfuerzo inútil y supone un peligro adicional para el equipo de rescate.
- 7.- Si la víctima tiene la vía aérea libre de nieve, no parar la RCP hasta la llegada al hospital (nadie está muerto sin estar caliente y muerto).

al menos 40 segundos²⁵, la mayoría consideran que la toma del pulso es irrelevante en la hipotermia²⁴. Antes de llegar a la conclusión de paro cardíaco lo recomendable es monitorizar el ECG durante al menos un minuto. La monitorización cardíaca también es primordial para detectar las arritmias letales. Cuando la piel de la víctima está extremadamente fría o húmeda, puede ser difícil obtener un ECG con electrodos adhesivos y es recomendable utilizar agujas como electrodos²⁴. Los actuales dispositivos portátiles de ecocardiografía o doppler pueden ser muy útiles para comprobar la existencia de gasto cardíaco.

Si la víctima está en parada cardíaca comprobada o no tiene pulso, se iniciarán inmediatamente las maniobras de RCP, con una relación compresiones/ventilaciones igual que las víctimas normotérmica, y siempre que se pueda garantizar su continuidad hasta la llegada al hospital, máxime cuando la ausencia de pulso no significa necesariamente paro cardíaco y la misma RCP puede desencadenar la aparición de FV, por lo que detenerla sería mortal para la víctima. Si fuera necesario, se procederá a intubación orotraqueal y conexión a ventilación mecánica con estrategia ventilatoria protectora [presión espiratoria final elevada (PEEP) y volumen corriente bajo], o a la administración de fluidoterapia caliente pero libre de lactato, porque en la hipotermia su metabolización hepática puede estar afectada y provocar una lactoacidosis²⁶. Se ha demostrado que la adrenalina mejora la perfusión coronaria en asistolia por hipotermia, pero no aumenta la supervivencia en experimentos hechos en cerdos^{27,28}. Cuando la TCC no supera los 30°C, la adrenalina y otros fármacos vasoactivos deben administrarse con

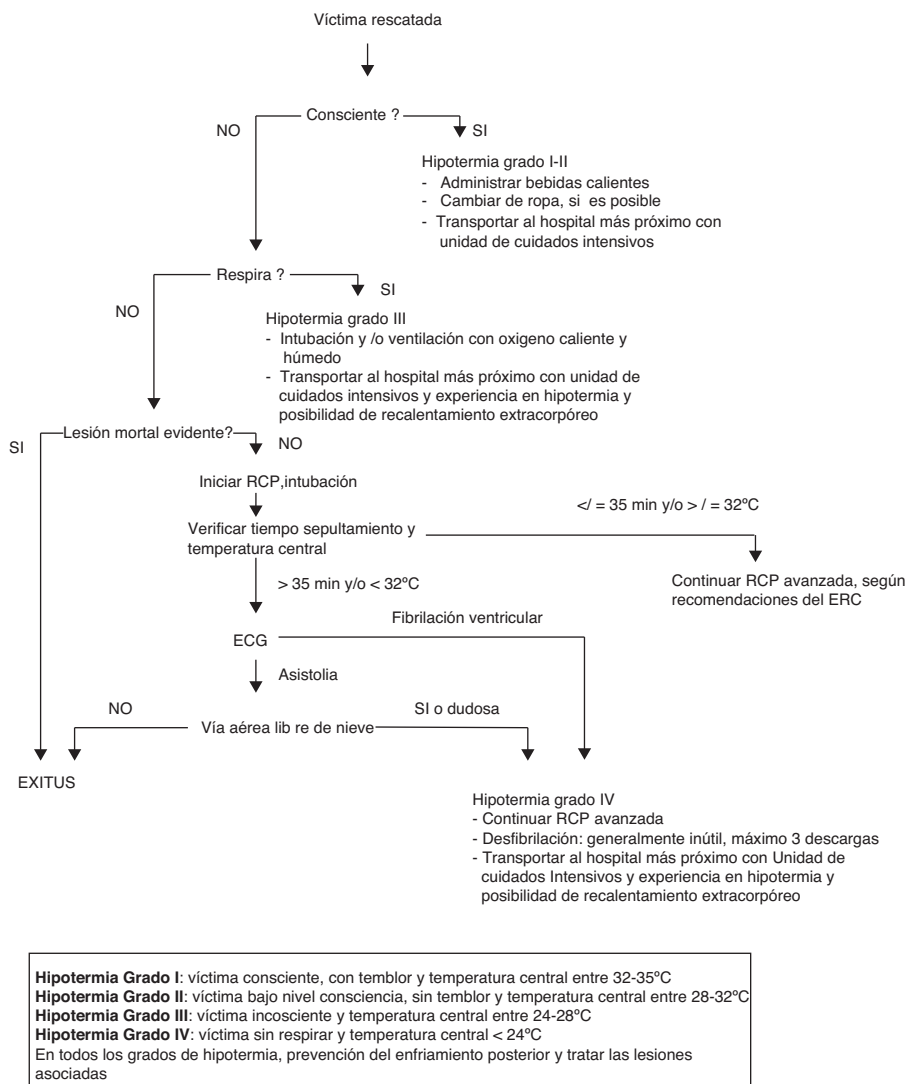


Figura 2 Algoritmo de valoración y tratamiento de la víctima de avalancha en el lugar del accidente. (Modificado de Brugger et al.)²⁴.

mucha prudencia, porque los receptores adrenérgicos responden mal a bajas temperaturas y la disminución de su metabolismo puede llevar a concentraciones plasmáticas potencialmente tóxicas cuando se administran repetidamente. La amiodarona presenta los mismos problemas²⁹. Cuando la TCC con el recalentamiento supere los 30 °C, los intervalos entre las sucesivas dosis de los fármacos se deben multiplicar por dos hasta que la TCC sea próxima a la normal; a partir de aquí las dosis pueden ser las habituales en cualquier reanimación.

Los trastornos del ritmo que aparecen en la hipotermia, excepto las arritmias letales, tienden a resolverse espontáneamente conforme la temperatura central se va normalizando. La bradicardia sinusal se puede considerar fisiológica y no hace falta utilizar marcapasos excepto que persista después del recalentamiento. Aunque la desfibrilación no suele responder hasta que la TCC ha superado los 30 °C, se puede intentar a temperaturas inferiores y antes de la llegada al hospital. Si no es efectiva, no se administrarán más de tres descargas, y solo se volverá a intentar cuando

la TCC supere los 30 °C^{30,31}. En España, recientemente se ha publicado una reversión de la fibrilación ventricular con una TCC de 26 °C¹⁰.

Efecto de recaída (*afterdrop*) y shock por recalentamiento

Se llama efecto o fenómeno de recaída o *afterdrop* al descenso adicional de la TCC una vez que ya se ha protegido a la víctima del frío y se ha iniciado el recalentamiento. Esta grave complicación que puede desencadenar una fibrilación ventricular³², es relacionada con la vasodilatación periférica, el retorno al núcleo central de la circulación de la sangre fría estancada en las extremidades³³⁻³⁵ y el recalentamiento externo activo. Otros autores defienden que es un fenómeno físico, no necesariamente vinculado a la vasodilatación periférica y debido al gradiente térmico existente, una vez cesada la exposición al frío, entre el compartimento periférico (la piel y las extremidades) que

continua frío, y el núcleo central o compartimento interno (los órganos internos) que está más caliente y cede calor al anterior³⁶. También durante el recalentamiento y relacionado con el efecto de recaída se encuentra el colapso o shock de recalentamiento, que algunos autores, al igual que el *afterdrop*, también lo relacionan con el recalentamiento externo activo y la vasodilatación periférica³⁷ y otros consideran que ambos fenómenos son independientes de la forma de recalentamiento³⁶.

Colapso peri-rescate

Generalmente va asociado a los casos de hipotermia por exposición al agua muy fría en los que la víctima sufrió un empeoramiento clínico tras el rescate y antes de comenzar el recalentamiento (colapso postinmersión)³⁸. Al cesar la presión hidrostática que el agua ha ejercido sobre el cuerpo, se puede presentar este shock hipovolémico³⁹. Hay ejemplos de víctimas que rescatadas aparentemente estables y conscientes, presentan una situación de shock con síntomas que van desde el síncope hasta la FV y la asistolia⁴⁰. Se han descrito muertes inmediatamente antes, durante o inmediatamente después del rescate y hasta 24 horas más tarde⁴¹⁻⁴³. Como la extracción vertical de la víctima puede aumentar este riesgo por pérdidas y cambios en la distribución de los líquidos corporales⁴⁰, se puede prevenir manteniendo a la víctima en posición horizontal.

Aislamiento y recalentamiento

Una vez que se ha procedido al aislamiento y la protección contra el frío de la víctima, con las medidas anteriormente comentadas, y sin descuidar el *afterdrop*, se puede proceder al recalentamiento, que puede ser:

- Endógeno: animando a la víctima a temblar o a hacer ejercicio y producir su propio calor.
- Externo pasivo: es un método apropiado para víctimas conscientes, con hipotermia leve y con capacidad de tiritar. Eleva la TCC entre 0,1-0,7 °C/hora. Como mejor se consigue es en ambiente cálido y cubriendo a la víctima con mantas de lana, papel de aluminio, gorro (por la cabeza llega a perderse hasta el 50% del calor corporal), etc.
- Externo activo: el método más práctico y fácil consiste en colocar bolsas de agua caliente o paquetes químicamente calentados sobre zonas donde pasan grandes vasos (cuello, axilas, tórax, abdomen e ingles), evitando el contacto directo sobre la piel para prevenir las quemaduras⁴⁴. Es apto para víctimas con hipotermia moderada y eleva la TCC entre 1-2 °C/hora.

D) Interno activo: en víctimas con hipotermia severa pero con ritmo cardiaco activo se puede realizar infundiendo líquidos endovenosos calientes, respirando aire u oxígeno caliente y humidificado^{45,46} o lavando con suero caliente las cavidades orgánicas como la gástrica, pleural, peritoneal, colónica y/o vesical. Con este método puede elevarse a TCC entre 1-7 °C/hora. En víctimas en parada cardiaca el recalentamiento debería hacerse con circulación extracorpórea, método más agresivo e invasivo

que los anteriores que se comentará más adelante. Consigue elevar la TCC entre 8-12 °C/hora.

Recalentamiento prehospitalario

El recalentamiento activo no debería comenzarse hasta que la víctima ya está rescatada, aislada y protegida del frío y se encuentra en un lugar seguro y bajo control. En la asistencia prehospitalaria se puede realizar, disponiendo de los medios, el recalentamiento endógeno y el externo pasivo y/o activo, pero siempre vigilando la TCC. El recalentamiento interno prehospitalario con fluidoterapia caliente y gases humidificados también puede utilizarse pero no es muy eficiente. Para el recalentamiento prehospitalario hay dos métodos específicos que conviene conocer:

1. Los «shunts arteriovenosos», técnica así denominada. Permite el recalentamiento externo activo y puede tener utilidad en un campamento base, refugio de montaña o en un navío en alta mar. Consiste en sumergir los brazos y/o las piernas de la víctima en agua a 42-45 °C, consiguiendo recalentamientos entre 6,1 y 9,9 °C por hora respectivamente^{47,48}. Este recalentamiento es posible porque las anastomosis arteriovenosas de las manos y de los pies actúan como intercambiadores de calor.
2. Como alternativa a la administración de aire u oxígeno caliente y humidificado, muchos equipos de rescate alpino disponen de un sistema de recalentamiento interno activo denominado «pequeño dragón» o «paracaídas térmico». Se trata de un cilindro que pesa de 2,2 Kg con la capacidad de calentar el aire o el oxígeno que, tomado desde el exterior, circula por su interior y posteriormente se administra a la víctima por una salida conectada a una mascarilla facial. Este calentamiento se consigue gracias a una reacción química que tiene en su interior, entre dióxido de carbón y cal de soda médica. Está disponible también en una versión no cáustica. Es capaz de calentar durante 5 horas, a una temperatura entre 40 °C-50 °C el aire/oxígeno que atraviesa el cilindro y de humedecer el oxígeno hasta 10 lpm²¹.

Cuidados intensivos hospitalarios

El manejo hospitalario de la hipotermia constituye el tercer y último eslabón de una cadena asistencial, que se inicia con una primera asistencia (extracción, evaluación, protección, reanimación), continua con otra segunda (vigilancia, recalentamiento, reanimación, transporte) y finaliza con la llegada y recepción en el hospital donde ha sido trasladado.

Una vez trasladada la víctima al hospital, y en dependencia del grado de hipotermia, quedará ingresada en el servicio de urgencias o en cuidados intensivos (fig. 3)⁴⁹. Las medidas generales a toda víctima que ingresa en un hospital son:

1. Evaluación inicial y recogida en la historia clínica de los aspectos más interesantes referentes a los antecedentes y etiología del accidente.
2. Descartar otras causas de parada cardiaca como sobredosis de alcohol, drogas o fármacos y otras causas reversibles utilizando en su abordaje las cuatro H y las cuatro T del algoritmo de SVA⁵⁰.

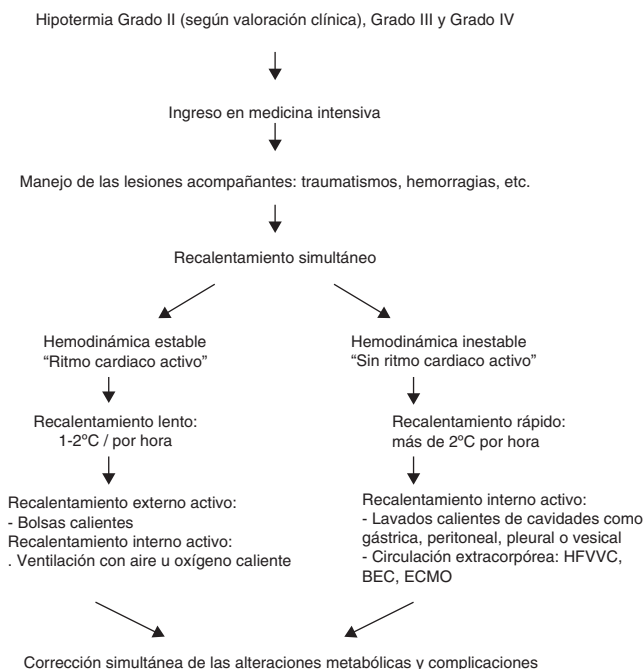


Figura 3 Algoritmo del manejo de la víctima hipotérmica en un hospital con cuidados intensivos⁴⁹.

Leyenda: BEC: Bomba de Circulación Extracorpórea; ECMO: Oxigenador de Membrana Extracorpórea; HPVVC: HemoPerfusión Venovenosa Continua.

3. Monitorización de las constantes vitales más importantes, incluyendo la TCC, la cual también es esencial para valorar la efectividad del recalentamiento. La saturación de oxígeno mediante pulsioximetría no suele ser de utilidad por la intensa vasoconstricción periférica que presentan las víctimas hipotérmicas.
4. Monitorización continua del ECC para la vigilancia de arritmias.
5. Solicitar las determinaciones bioquímicas y hematológicas que sean de interés.
6. Evitar la monitorización con catéteres que penetren en las cavidades derechas, como los catéteres de Swan-Ganz, por la facilidad que tienen para provocar la aparición de arritmias graves.
7. Reposición inicial de volumen con fluidos cristaloides sin lactato. La monitorización del débito urinario y de la presión venosa central nos será muy útil para valorar la reposición de volumen.
8. Durante el recalentamiento las víctimas requerirán grandes volúmenes de fluidos calientes ya que la vasodilatación provoca una expansión del espacio intravascular.

Esta actuación inicial así como su manejo posterior (fig. 4) no difiere mucho de del algoritmo que propuso el Comité Directivo del Plan Nacional de RCP de la SEMICYUC como protocolo para la optimización guiada por objetivos para el manejo del síndrome posparada cardíaca⁵¹. Durante el recalentamiento es necesario saber que:

1. Las correcciones metabólicas y de los trastornos hidroelectrolíticos se deben hacer paralelamente a la reposición de volumen.

2. La hiperglucemia inicial no requiere utilizar insulina para su corrección. Habitualmente se normaliza durante el recalentamiento al aumentar los requerimientos energéticos y normalizarse la secreción pancreática de insulina. Se recomienda mantener un nivel tolerante de hiperglucemia, entre 110-180 mg/dl para evitar hipoglucemias.
3. La hipopotasemia e hipofosfatemia pueden producir graves complicaciones durante el recalentamiento.
4. La disfunción hipotálamo-hipofisaria que produce el entecimiento enzimático generalizado no requiere tratamiento sustitutivo, incluyendo los corticosteroides.
5. No está indicado el uso de profiláctico de antibióticos para prevenir las infecciones pulmonares. Las víctimas de avalancha o de accidentes acuáticos que han sido enterradas en la nieve o sumergidos en agua fría pero que han sobrevivido, tienen un elevado riesgo de complicaciones respiratorias⁵².
6. La estabilidad cardiovascular solo llega cuando la TCC deja de bajar y se ha comenzado el recalentamiento. Como se ha comentado anteriormente los fármacos vasoactivos y los antiarrítmicos no deben utilizarse con TCC bajas y en caso de hacerlo deben administrarse muy cautelosamente.
7. El corazón hipotérmico no responde fácilmente a la atropina, desfibrilación o implantación de marcapasos. Aunque la desfibrilación no suele ser efectiva hasta que la TCC ha superado los 30 °C, hay un caso de desfibrilación exitosa a TCC de 20,4 °C⁵³.
8. Con el descenso de la TCC aumenta la solubilidad sanguínea del CO₂ y del pH. Los analizadores de gases están habitualmente programados para una TCC de 37-38 °C, y si no se introduce la TTC de la víctima sus valores no reflejarán la realidad. Teóricamente, por cada 1 °C de temperatura inferior a los 37 °C, el pH se incrementa 0,0147, la PaO₂ disminuye 7,2% y la PaCO₂ 4,4%⁵. Esto supone que, una vez corregidos podamos encontrar valores de PaO₂ muy bajos (25 mmHg)^{3,9}. Lo importante no es tanto corregir los valores sino realizar controles seriados durante el recalentamiento y comparar resultados.
9. Durante el recalentamiento aumenta mucho el consumo de oxígeno. Se monitorizará la oxigenación, se administrará oxígeno según los requerimientos, y si es necesario se iniciará ventilación mecánica. En las víctimas con ventilación mecánica es frecuente la aparición de hipocapnia.
10. Conviene mantener una moderada acidosis metabólica, con un pH en torno a 7,25, para compensar la desviación hacia la izquierda que provoca la hipotermia y facilitar la captación y liberación de oxígeno a nivel tisular.
11. Vigilar la caída del hematocrito en las víctimas hipodérmicas con trauma asociado
12. Se vigilará las alteraciones de la coagulación: trombocitopenia, disfunción plaquetaria, alargamiento del tiempo de coagulación por alteración de la vía extrínseca y CID^{6,7}.
13. Ni el método ni la velocidad de recalentamiento dependen de la temperatura central. La decisión dependerá de la presencia o ausencia de ritmo cardíaco y su

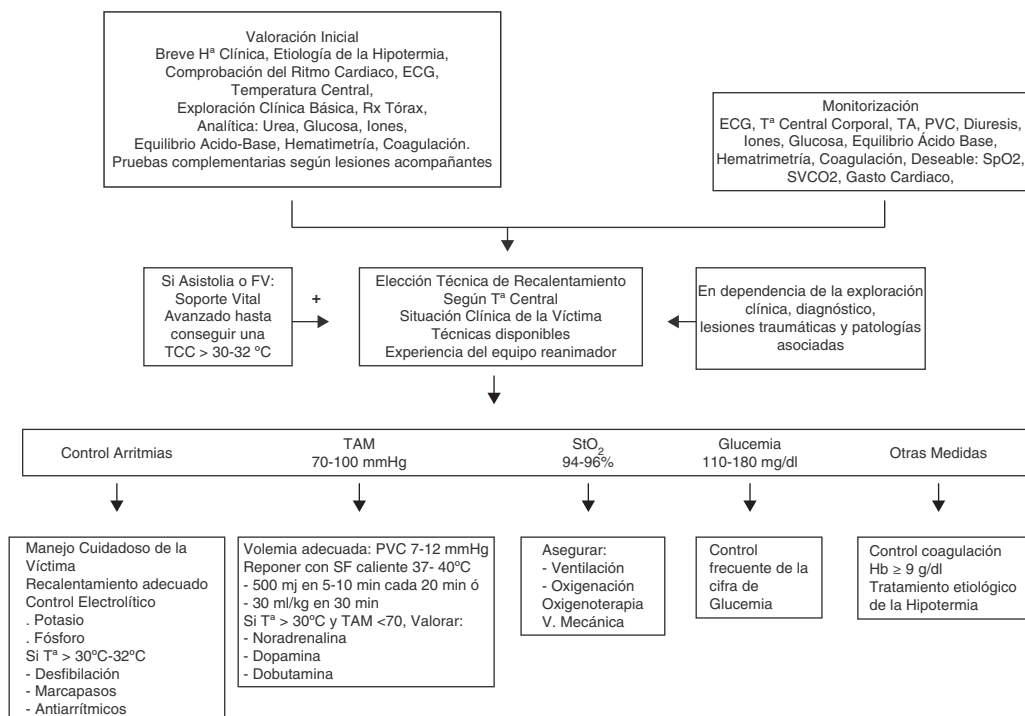


Figura 4 Algoritmo del manejo de la hipotermia accidental en una unidad de cuidados intensivos.

influencia en el gasto cardíaco y en la perfusión periférica.

14. Se ha descrito, después del recalentamiento con lavado peritoneal, casos de isquemia mesentérica con resultado fatal, provocada por la diferencia de gradientes entre la sangre fría de la circulación mesentérica y el suero caliente del lavado peritoneal, que han servido para cuestionar esta técnica; pero esta patología también ha sido descrita como complicación a medio plazo tras recalentar la hipotermia severa con CEC⁵⁴.
15. En presencia de una hipotermia severa donde la prioridad es restaura un ritmo cardíaco eficaz lo antes posible, las técnicas que garantizan el recalentamiento más rápido son las extracorpóreas como la BCE y el ECMO. Un hospital que no disponga de estas técnicas, pero sí de unidad de críticos, podría hacerlo con HFVVC^{55,56}. Potenciar en los hospitales secundarios o con unidades de críticos las técnicas de HFVVC, supondría una alternativa en la organización de la asistencia a las víctimas de hipotermia accidental y ahorraría un traslado hasta un hospital de tercer nivel dotado de BCE y/o ECMO, que posiblemente sería más largo y costoso. Las dos ventajas adicionales de la HFVVC son:

Es una técnica más asequible, más barata y seguramente más próxima al accidente que los sistemas BCE o ECMO de los hospitales terciarios, aunque, para algunos autores, no se haya demostrado tan efectiva en víctimas con asistolia o fibrilación ventricular.

- Este sistema tiene la ventaja añadida de que el circuito puede funcionar sin heparina, por lo que puede ser útil en

aquellas víctimas con traumatismos que contraindiquen el recalentamiento con BCE o ECMO.

Bases del recalentamiento extracorpóreo

El recalentamiento extracorpóreo es la técnica que logra la más alta velocidad de recuperación de la TCC, pudiendo llegar hasta los 10 °C por hora. Para muchos autores, estas técnicas son las más adecuadas para el recalentamiento de víctimas en paro cardíaco⁵⁷⁻⁶⁰. Con ellas, es posible conseguir reanimar a las víctimas hipotérmicas con una recuperación neurológica completa y sin secuelas posteriores, incluso después de 2 horas en asistolia, aunque esta total recuperación también ha sido posible en paradas cardíacas más prolongadas y sin técnicas tan cruentas¹⁰. Para estos autores, la puesta en marcha de estos métodos tan invasivos suponen un retraso importante en el inicio del tratamiento. Uno de los estudios más amplios publicados, mostraba que el tiempo de retraso de estas técnicas de recalentamiento era de 141 ± 50 minutos⁵⁷. El índice de supervivencia, para aquellas víctimas que no presentan asfisia previa a la hipotermia, puede ser del 64%, pero su pronóstico está mucho más empobrecido cuando la asfisia es previa a la hipotermia como sucede en los accidentes por inmersión o sepultados por una avalancha de nieve⁶¹.

La velocidad de recalentamiento depende de la relación entre la temperatura de la sangre y el flujo que permita la bomba extracorpórea. Gradientes de temperatura elevados entre la sangre del circuito y la temperatura central de la víctima se relacionan con peor pronóstico neurológico⁶². Normalmente se utiliza la bomba con un gradiente circuito/paciente entre 5 y 10 °C, que permite el recalentamiento interno y externo y al mismo tiempo

minimiza el efecto *afterdrop*. Temperaturas que superen los 40 °C pueden provocar una desnaturalización celular y humoral de los componentes de la sangre.

Como se ha comentado, durante el recalentamiento de víctimas sometidas a ventilación mecánica aparece alcalosis respiratoria por hipocapnia, más o menos artefactada por otras variables como la acidosis metabólica previa. Todavía hay debate sobre cuál es la mejor forma para manejar el pH y la ventilación del paciente en este momento. El manejo en la forma «pH-stat» mantiene el pH estable aportando CO₂ extra a la ventilación del paciente. El manejo en la forma «Alfa-stat» se basa en disminuir la ventilación para mantener el pH estable en 7,40. Los expertos recomiendan el método «Alfa-stat»⁵⁷⁻⁶¹.

Técnicas de recalentamiento extracorpóreo en víctimas hipotérmicas⁴⁹

Podemos clasificar las indicaciones en dos situaciones:

- 1) Víctimas con gasto cardíaco presente y suficiente y
- 2) Víctimas con gasto cardíaco inexistente o insuficiente.

Víctimas con gasto cardíaco suficiente

Circuito de recalentamiento venovenoso

Es un circuito simple compuesto por una tubuladura ancha, una bomba centrífuga y un intercambiador de calor. Al poder funcionar sin heparina favorece el recalentamiento de víctimas traumáticas⁶³. El acceso es percutáneo, preferentemente por vena femoral.

Hemofiltración venovenosa continua

Sistema similar al anterior pero con la posibilidad de dializar. Este sistema, al tener una capacidad de flujo máxima de 500 ml/minuto limita la capacidad de recalentamiento.

Los dos sistemas se pueden utilizar en víctimas en asistolia y siempre que no se interrumpa el SVA. La recuperación de la TCC puede ser muy lenta porque durante el recalentamiento, para no desequilibrar el balance entre el aporte y el consumo de oxígeno en los tejidos, el gasto cardíaco no puede ser superior al obtenido mediante el masaje cardíaco externo (aproximadamente un 20% del normal)⁵⁶.

Víctimas en asistolia o fibrilación ventricular

Bomba de circulación extracorpórea (BCE)

Es el sistema clásico utilizado en las unidades de cirugía cardíaca, útil para toda víctima con un peso superior a 40 kg. Cuando el peso es inferior se utilizan equipos pediátricos. Los flujos que garantizan el mejor soporte de intercambio de gases y de caudal cardíaco son a partir de 2,4 L/m²/minuto. El sistema consta de un circuito vena cava-aorta, un reservorio venoso, una bomba que impulsa la sangre a un oxigenador de membrana, un intercambiador de calor y un filtro de impurezas antes del retorno a la aorta. Dispone también de un sistema de succión que recupera al lecho vascular la sangre perdida. Como en el circuito se produce zonas de

éxtasis sanguíneo y es necesaria la heparinización completa (3 mg/Kg/hora), está contraindicada en el trauma grave, especialmente el craneoencefálico. Después de desconectar la BCE la heparina deber ser antagonizada.

El manejo del sistema, además de perfusionista, requiere un equipo quirúrgico especializado en la canulación cava-aorta por esternotomía media. Esta técnica, al permitir la descompresión directa del ventrículo izquierdo consigue en muchas ocasiones la reversión espontánea de la FV a ritmo sinusal. En niños pequeños, también se prefiere la esternotomía. Los vasos femorales no son útiles por su escaso calibre y la canulación de la yugular-carótida aumenta la frecuencia de lesiones cerebrales⁶⁴. En niños más mayores o en adultos sí es posible la canulación de los vasos femorales⁶⁵.

Oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO)

Técnica con tecnología similar a la de la BCE. También es utilizada en medicina intensiva para proporcionar soporte cardiorrespiratorio prolongado. Las ventajas sobre la BCE para el recalentamiento son:

- Al carecer el circuito de reservorio venoso y sistema de succión, permite una anticoagulación muy inferior al BCE (0,3-0,6 mg/kg/hora) e incluso, en presencia de traumatismo o signos de sangrado, puede ser utilizado con microdosis de heparina (0,1 mg/kg/hora). Los actuales ECMO están hechos de polimetilpentenos (PMP) cubiertos con heparina, se pueden utilizar durante cortos periodos de tiempo sin heparina endovenosa⁶³ y la respuesta inflamatoria sistémica es muy inferior al sistema BCE⁶⁶. Como no dispone de trampas antiburbujas, se evitará la entrada de aire al circuito para no causar lesiones neurológicas.
- Como permite administrar oxigenación suplementaria prolongada, en casos de insuficiencia respiratoria grave, puede ser muy útil para recalentar víctimas con traumatismo torácico asociado, lesión pulmonar o insuficiencia respiratoria grave por inmersión.
- En víctimas en asistolia o FV lo habitual es conectarlas a través de vena-arteria femoral y con cánulas largas para obtener un caudal suficiente. La conexión veno-venosa también es posible siempre y cuando se mantenga el masaje cardíaco⁶⁰. En niños pequeños es preferible la canulación transtorácica

Al favorecer la BCE como el ECMO el recalentamiento rápido, si realizada la descompresión cardíaca no revierte la FV se puede intentar una desfibrilación, que no se repetirá hasta alcanzar una TCC de 30 °C. Si después de desfibrilar a 30 °C persistiera la FV, la administración de magnesio o de amiodarona puede facilitar la cardioversión.

Cuidados posresucitación

- Evitar la hipertermia durante y después de recalentar.
- Una vez recalentada la víctima se continuarán los cuidados posresucitación, incluyendo mantener una hipotermia leve si fuera necesaria⁵¹.

Direcciones Web de interés

1. International Commission for Mountain Emergency Medicine: www.ikar-cisa.org. Acceso comprobado en Noviembre 2011),
2. International Society for Mountain Medicine: <http://www.ismmed.org>. Acceso comprobado en Noviembre 2011
3. Medical Commission of the International Mountaineering and Climbing Federation: <http://www.theuiaa.org/medical.html>. Acceso comprobado en Noviembre 2011

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Brugger H, Durrer B. The medical on site treatment of hypothermia. En: Elsensohn F, editor. Consensus guidelines on mountain emergency medicine and risk reduction (ICAR MEDCOM-IUAA MEDCOM). Lecco (Italy): Casa Editrice Stefanoni; 2001. p. 71-5.
2. Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonzo A, Barelli A, Biens, 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;81:1400-33.
3. Avellanas ML, Lander A, Labarta L. La hipotermia y la congelación. En: Abizanda R, editor. Miscelánea de situaciones especiales. Actualización 2005. Medicina crítica práctica. Barcelona: Edika Med; 2005. p. 135-57.
4. Holzer M, Behringer W, Schorkhuber W, Zeiner A, Sterz F, Laggner AN, et al. Mild hypothermia and outcome after CPR. Hypothermia for Cardiac Arrest (HACA) Study Group. Acta Anaesthesiol Scand Suppl. 1997;111:55-8.
5. Reuler JB. Hypothermia: pathophysiology, clinical settings, and management. Ann Intern Med. 1978;89:519-27.
6. Valeri CR, Cassidy G, Khuri S, Ragno G, Khuri S, Altschule MD. Hypothermia induced reversible platelet dysfunction. Ann Surg. 1987;205:175-81.
7. Staab DB, Sorensen VJ, Fath JJ, Raman SB, Horts HM, Obeid FN. Coagulation defects resulting from ambiente temperature-induced hypothermia. J Trauma. 1994;36:634-43.
8. Delaney KA. Hypothermia sudden death. En: Paradis NA, Halperin HR, Nowak RM, editores. Cardiac arrest. The science and practice of resuscitation medicine. Baltimore: William & Wilkins; 1996. p. 745-59.
9. Avellanas ML, Laplaza J, Cegoñino J, Montón JM, Serón C. Hipotermia accidental en los accidentes de montaña. Importancia de la rapidez en el rescate y traslado. Med Intensiva. 1991;15:147-53.
10. Kot P, Botella J. Parada cardiaca por hipotermia accidental y resucitación cardiopulmonar prolongada. Med Intensiva. 2010;34:567-70.
11. Johnson JW, Gracias VH, Schwab CW, Reilly PM, Kauder DR, Shapiro MB, et al. Evolution in damage control for exsanguinating penetrating abdominal injury. J Trauma. 2001;51:261-71.
12. Steinemann S, Shackford SR, Davis JW. Implications of admission hypothermia in trauma patients. J Trauma. 1990;30:200-2.
13. Rousseau JM, Marsigny B, Cauchy E, Bonsignour JP. Hypothermie en traumatologie. Ann Fr Anesth Reanim. 1997;16:885-94.
14. Giesbrecht GG. Prehospital treatment of hypothermia. Wilderness Environ Med. 2001;12:24-31.
15. Tikuisis P. Prediction of survival time at sea based upon observed body cooling rates. Aviat Space Environ Med. 1997;68:441-8.
16. Gilbert M, Busund R, Skagseth A, Nilsen PA, Solbo JP. Resuscitation from accidental hypothermia of 13.7°C with circulatory arrest. Lancet. 2000;355:375-6.
17. Durrer B, Brugger H, Syme D. The medical on site treatment of hypothermia. International Commission for Mountain Emergency Medicine. High Alt Med Biol. 2003;4:99-103.
18. Giesbrecht GG. Cold stress, near drowning and accidental hypothermia: en review. Aviat Space Environ Med. 2000;71:733-52.
19. Steinman AM. Cardiopulmonary resuscitation and hypothermia. Circulation. 1986;74:29-32.
20. Department of Health and Social Services, Division of Public Health, Section of Community Health and EMS, State of Alaska Cold Injuries Guidelines 2003. [consultado Nov 2011]. Disponible en: <http://www.chems.alaska.gov/EMS/documents/AKColdInj2005.pdf>
21. Avellanas ML, Fácil JM. Hipotermia accidental y accidentes por avalanchas. En: Abizanda R ed. Medicina crítica en medios hostiles y de aislamiento. Medicina crítica práctica. Barcelona. Edika Med. 2005:59-77.
22. Brugger H, Durrer B. On site treatment of avalanche victims. En: Elsensohn F, editor. Consensus guidelines on mountain emergency medicine and risk reduction (ICAR MEDCOM-IUAA MEDCOM). Lecco (Italy): Casa Editrice Stefanoni; 2001. p. 65-70.
23. Avellanas ML, Soteras I, Pérez del Castillo D, García Lisbona J. Atención a las víctimas de avalanchas. En: Avellanas ML, editor. Atención al accidentado en el medio natural. Barcelona: Edika Med; 2009. p. 174-89.
24. Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims. Resuscitation. 2001;51:7-15.
25. Emergency cardiac care committee. American Heart Association. Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Part IV. Special resuscitations situations. JAMA. 1992;268:2242-50.
26. Aun CST. Thermal disorders. En: Oh TE, editor. Intensive Care Medicine. 4th edn. Oxford: Butterworth Heinemann; 1997.
27. Krismer AC, Lindner KH, Kornberger R, Wenzel V, Mueller G, Hund W, et al. Cardiopulmonary resuscitation during severe hypothermia in pigs: ¿does epinephrine or vasopressin increase coronary perfusion pressure. Anesth Analg. 2000;90:69-73.
28. Kornberger E, Lindner KH, Mayr VD, Schwarz B, Rackwitz KS, Wenzel V, et al. Effects of epinephrine in en pig models of hypothermic cardiac arrest and closed-chest cardiopulmonary resuscitation combined with active rewarming. Resuscitation. 2001;50:301-8.
29. Stoner J, Martin G, O'Mara K, Ehlers J, Tomlanovich M. Amiodarone and bretylium in the treatment of hypothermic ventricular fibrillation in en canine models. Acad Emerg Med. 2003;10:187-91.
30. Southwick FS, Dalglish Jr PH. Recovery after prolonged asystolic cardiac arrest in profound hypothermia: en case report and literature review. JAMA. 1980;243:1250-3.
31. Ujhelyi MR, Sims JJ, Dubin SA, Vender J, Miller AW. Defibrillation energy requirements and electrical heterogeneity during total body hypothermia. Crit Care Med. 2001;29:1006-11.
32. Covino BG, Beavers WR. Effect of hypothermia on ventricular fibrillatory threshold. Proc Soc Exp Biol Med. 1957;95:631-4.
33. Golden FS, Hervey GR. The mechanism of the after-drop following immersion hypothermia in pigs. J Physiol. 1977;272:26-7.
34. Webb P. Afterdrop of body temperature during rewarming: an alternative explanation. J App Physiol. 1986;60:385-90.

35. Giesbrecht GG, Bristow GK. A second post cooling afterdrop: more evidence for a convective mechanism. *J Appl Physiol.* 1994;331:1156-60.
36. B Botella J, García Juanes J. Estudio de la recaída de la temperatura corporal central (afterdrop) tras la inmersión en agua fría. En: Carrascosa JA, Carrascosa JL, editores. *Nuevos avances en medicina de montaña.* Madrid: Sociedad Española de Medicina y Auxilio en Montaña (SEMAM); 2010. p. 151-60.
37. Danz D, Pozos RS. Accidental hypothermia. *N Engl J Med.* 1994;331:1156-60.
38. Stoneham MD, Squires SJ. Prolonged resuscitation in acute deep hypothermia. *Anaesthesia.* 1992;47:784-8.
39. Stoneham MD. Accidental hypothermia. *Lancet.* 1995;345:1.048.
40. Golden FS, Hervey GR, Tipton MJ. Circum-rescue collapse: collapse, sometimes fatal, associated with rescue of immersion victims. *J R Nav Med Serv.* 1991;77:139-49.
41. Crisfill JW, McCance RA, Ungley CC, Widdowson EM. The hazards to men in ships lost at sea, 1940-44. *Spec Rep Ser Med Res Council (GB).* 1956;32:1-44.
42. Keatinge WR. Death after shipwreck. *BMJ.* 1965;25:1537-41.
43. Golden FS. Death after rescue from immersion in cold water. *J R Nav Med Serv.* 1973;59:5-8.
44. Hamilton RS, Paton BC. The diagnosis and treatment of hypothermia by mountain rescue teams: en survey. *Wilderness Environ Med.* 1996;7:28-37.
45. Mekjavic IB, Eiken O. Inhalation rewarming from hypothermia: an evaluation in -20 (C simulated field conditions. *Aviat Space Environ Med.* 1995;66:424-9.
46. Goheen MS, Ducharme MB, Kenny GP, Johnston CE, Frim J, Bristow GK, et al. Efficacy of forced-air and inhalation rewarming by using a human model for severe hypothermia. *J Appl Physiol.* 1997;83:1635-40.
47. Vanggaard L, Gjerloff CC. A new simple technique of rewarming in hypothermia. *Int Rev Army Navy Air Force Med Serv.* 1979;52:427-30.
48. Vanggaard L, Eyolfson D, Xu X, Weseen G, Giesbrecht GG. Immersion of distal arms and legs in warm water (AVA rewarming) effectively rewarms hypothermic humans. *Aviat Space Environ Med.* 1999;70:1081-8.
49. Peek GJ, Davis PR, Ellerton JA. Management of Severe Accidental Hypothermia. En: Vincent JL, editor. *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine.* Berlin Heidelberg: Springer; 2008. p. 147-59.
50. Soporte vital avanzado. Guías del European Resuscitation Council (ERC) edición 2010. *Advanced life support spanish translation.* Riemaeker Printing. Nukerke (Belgium), 2011.
51. Martín H, López Messa JB, Pérez Vela JL, Molina R, Cárdenas A, Lesmes A, et al. Manejo del síndrome posparada cardíaca. *Med Intensiva.* 2010;34:107-26.
52. Brugger H, Falk M, Adler-Kastner L. Avalanche emergency. New aspects of the pathophysiology and therapy of buried avalanche victims. *Wien Klin Wochenschr.* 1997;109:145-59.
53. Thompson DA, Anderson N. Successful resuscitation of a severely hypothermic neonate. *Ann Emerg Med.* 1994;23:1, 390-3.
54. Hungerer S, Ebenhoch M, Bühren V. 17 degress Celsius body temperature-resuscitation successful. *High Alt Med Biol.* 2010;11:369-74.
55. Spooner K, Hassani A. Extracorporeal rewarming in en severely hypothermic patient using veno-venous haemofiltration in the accident and emergency department. *J Accid Emerg Med.* 2000;17:422-4.
56. Hughes A, Riou P, Day P. Full neurological recovery from profound (18.0 (C) acute accidental hypothermia: successful resuscitation using active invasive rewarming techniques. *Emerg Med J.* 2007;24:511-2.
57. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, Mattle HP, Radanov BP, Schroth G, Schaeffer L, et al. Outcome of survivors of accidental deep hypothermia and circulatory arrest treated with extracorporeal blood warming. *N Engl J Med.* 1997;337:1500-5.
58. Silfvast T, Pettila V. Outcome from severe accidental hypothermia in Southern Finland - en 10-year review. *Resuscitation.* 2003;59:285-90.
59. Moser B, Voelckel W, Gardetto A, Sumann G, Wenzel V. One night in en snowbank: a case report of severe hypothermia and cardiac arrest. *Resuscitation.* 2005;65:365-8.
60. Tiruvoipati R, Balasubramanian SK, Khoshbin E, Hadjiniolaou L, Sosnowski AW, Firmin RK. Successful use of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in accidental hypothermic cardiac arrest. *ASAIO J.* 2005;51:474-6.
61. Farstad M, Anderson 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.
62. Grigore AM, Grocott HP, Mathew JP, Phillips-Bute B, Stanley TO, Butler A, et al. The rewarming rate and increased peak temperature alter neurocognitive outcome after cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2002;94:4-10.
63. Kirkpatrick AW, Garraway N, Brown DR, Kirkpatrick AW, Garraway N, Brown DR, et al. Use of en centrifugal vortex blood pump and heparin-bonded circuit for extracorporeal rewarming of severe hypothermia in acutely injured and coagulopathic patients. *J Trauma.* 2003;55:407-12.
64. Peek GJ, Firmin RK. Cannulation for Extracorporeal Organ Support. En: Zwischenberger J, Steinhorn RH, Bartlett RH, editores. *Extracorporeal Life Support in Cardio-pulmonary Critical Care.* 2nd ed. Ann Arbor: Extracorporeal Life Support Organisation; 2000. p. 253-65.
65. Van Meurs K, Lally KP, Peek GJ, Zwischenberger JB. Extracorporeal Life Support in Cardio-pulmonary Critical Care. 3rd Edition Ann Arbor: Extracorporeal Life Support Organisation; 2005.
66. Peek GJ, Firmin RK. The inflammatory and coagulative response to prolonged extracorporeal membrane oxygenation, en review. *ASAIO J.* 1999;45:250-63.