

Hipotermia pourazowa jako wyzwanie dla personelu zespołów ratownictwa medycznego

Post-traumatic hypothermia as a challenge for pre-hospital healthcare providers

Tomasz Kłosiewicz^{1, 2✉}, Radosław Zalewski¹

¹ Uniwersytet Medyczny im. K. Marcinkowskiego w Poznaniu, Zakład Ratownictwa Medycznego, ul. Dąbrowskiego 79, 60-529 Poznań
Poznan University of Medical Sciences, Department of Medical Rescue

² Polskie Towarzystwo Symulacji Medycznej, ul. Poznańska 18, 62-400 Słupca
Polish Society of Medical Simulation

✉ klosiewicz.tomek@gmail.com

ABSTRACT

Hypothermia is widely described in available literature, starting from the reasons for its occurrence through treatment methods at various stages of health care, to its use in various therapies. It is a disease entity that can undoubtedly be a big challenge for pre-hospital healthcare providers, especially looking through the prism of available in-ambulance equipment for active and passive heating. Understanding the behavior of patients with hypothermia requires a thorough understanding of the mechanisms responsible for thermoregulation in our body. This paper contains an overview of available literature showing the causes, statistics of the occurrence of posttraumatic hypothermia, and the most effective ways to treat it. Emergency medical teams often respond to patients who may have several health and

life-threatening conditions at once. People who have suffered injuries in the course of various events are often exposed to post-traumatic hypothermia. It is often masked by the symptoms of a hypovolemic shock. Providers who focus on the treatment of injuries should not ignore preventing hypothermia, as it can develop with any severe injury.

The aim of this paper is to discuss the mechanisms leading to post-traumatic hypothermia and to indicate the priorities of treatments. This awareness will help in recognizing posttraumatic hypothermia, and selection of the most effective methods of treatment.

Keywords: hypothermia; emergency medical service; ambulances; emergency treatment.

ABSTRAKT

Hipotermia jest szeroko opisywana w dostępnej literaturze. Począwszy od przyczyn jej występowania, poprzez sposoby leczenia na różnych etapach ochrony zdrowia, skończywszy na wykorzystaniu jej w różnych terapiach. Jest to jednostka chorobowa, która niewątpliwie może stanowić duże wyzwanie dla personelu zespołów ratownictwa medycznego, szczególnie patrząc przez pryzmat posiadanego sprzętu do zarówno czynnego, jak i biernego ogrzewania pacjentów. Zrozumienie postępowania z pacjentami z hipotermią wymaga dokładnego poznania mechanizmów odpowiadających za termoregulację w ludzkim organizmie. Niniejsza praca zawiera przegląd dostępnej literatury, ukazując przyczyny, statystykę występowania różnych rodzajów hipotermii oraz najskuteczniejsze sposoby walki z nią. Zespoły ratownictwa medycznego często napotykają

pacjentów, u których może występować kilka stanów zagrożenia zdrowia i życia na raz. Poszkodowani, którzy doznali obrażeń ciała w przebiegu różnych zdarzeń, często narażeni są na hipotermię pourazową. Jest ona często maskowana przez objawy wstrząsu hipowolemicznego. Personel zespołów ratownictwa medycznego, skupiając się na leczeniu obrażeń, nie powinien zapominać o zapobieganiu hipotermii, mogącej rozwijać się przy każdym ciężkim urazie.

Celem niniejszej pracy było omówienie mechanizmów prowadzących do hipotermii oraz wskazanie priorytetów postępowania z wychłodzonym pacjentem. Świadomość ta pozwoli na rozpoznawanie hipotermii pourazowej oraz wybieranie najbardziej efektywnych metod walki z nią.

Słowa kluczowe: hipotermia; służby ratownictwa medycznego; karetka; postępowanie ratunkowe.

WSTĘP

Utrzymanie stałej temperatury ciała jest kluczowe dla zachowania homeostazy. Człowiek ma organizm stałocieplny, zatem jest zdolny do utrzymania stałej temperatury narządów wewnętrznych, co umożliwia ich prawidłowe funkcjonowanie. Organizm człowieka może produkować ciepło oraz zapobiegać jego utracie. Pomimo że hipotermia znana jest od ponad 2 tys. lat, dopiero w XX w. została uznana za jednostkę chorobową. Od tego czasu pojawia się coraz więcej doniesień naukowych na temat jej

przyczyn, skutków, sposobów zapobiegania oraz leczenia [1]. Do wychłodzenia organizmu może dojść w każdym miejscu na świecie, począwszy od krajów, gdzie notuje się niskie roczne temperatury powietrza, po kraje subtropikalne. Najczęściej jednak hipotermia występuje w krajach klimatu umiarkowanego.

Hipotermia przypadkowa z definicji jest niezamierzonym spadkiem temperatury głębokiej ciała poniżej 35°C wskutek działania czynników środowiskowych. Rozpoznanie hipotermii opiera się na badaniach przedmiotowych. Najważniejszym z nich jest pomiar temperatury głębokiej ciała. W zależności

TABELA 1. Szwajcarska skala hipotermii w modyfikacji Browna i wsp. [2]

Stopień hipotermii	Objawy	Temperatura głęboka ciała (°C)
Stopień 1	przytomny, dreszcze	35–32
Stopień 2	zaburzenia świadomości, brak dreszczy	<32–28
Stopień 3	nieprzytomny, brak dreszczy, zachowane funkcje życiowe	<28–24
Stopień 4	brak funkcji życiowych	<24

od autorów określa się różne klasyfikacje i skale hipotermii. Do najbardziej popularnych i aktualnych należy 4-stopniowa skala szwajcarska (Swiss Staging System) w modyfikacji Browna i wsp. z 2012 r. [2] (tab. 1). W skali tej na podstawie oceny stanu świadomości oraz obecności drżenia mięśni i funkcji życiowych klasyfikuje się chorego do odpowiedniej kategorii. Skala ta zasługuje na szczególną uwagę, ponieważ na jej podstawie można określić szacunkową temperaturę ciała pacjenta już na miejscu zdarzenia. Ocena chorego przy użyciu skali szwajcarskiej jest podstawą do wdrożenia odpowiednich działań profilaktyczno-terapeutycznych.

Oprócz hipotermii przypadkowej wyróżnia się także hipotermię wtórną. Wśród przyczyn jej występowania znajdują się: urazy, incydenty naczyniowo-mózgowe, a także schorzenia powodujące zaburzenia w zakresie termoregulacji, takie jak niewydolność nadnerczy, niedoczynność tarczycy, niedobór tiaminy [3, 4].

Celem niniejszej pracy było omówienie mechanizmów prowadzących do hipotermii oraz wskazanie priorytetów postępowania z wychłodzonym pacjentem. Świadomość ta pozwoli na rozpoznawanie hipotermii pourazowej oraz wybieranie najbardziej efektywnych metod walki z nią w obszarze przedszpitalnym. Autorzy dokonali przeglądu baz danych: PubMed oraz GoogleScholar, wykorzystując słowa kluczowe: hypothermia, accidental, trauma, rewarming, emergency treatment, emergency medical services. Do przeglądu zakwalifikowano prace opublikowane w latach 2010–2018.

MECHANIZMY TERMOREGULACYJNE

W historii medycyny opracowano wiele modeli opisujących mechanizmy termoregulacji uwzględniające wpływ czynników zewnętrznych. Obecnie jednym z najczęściej stosowanych jest model ciepłny mający 2 składowe:

1. Wewnętrzna (korę) – mózg, narządy wewnętrzne klatki piersiowej i jamy brzusznej. Temperatura tych narządów jest stała i wynosi ok. 37°C.

2. Zewnętrzna (powłokę) – skóra, tkanka podskórna oraz mięśnie, w których temperatura waha się w zakresie 28–35°C. Powłoka pełni funkcję buforu między korą a otoczeniem, a jej temperatura zależy od wymiany ciepła między tymi obszarami [5].

Procesy termoregulacji obejmują 3 etapy: percepcji obwodowej i korowej, ośrodkowej integracji bodźców oraz eferentnej odpowiedzi autonomicznej i behawioralnej. Ograniczenie

zdolności funkcjonowania na którymkolwiek etapie powoduje, że reakcja organizmu zmierzająca do utrzymania temperatury głębokiej ciała na odpowiednim poziomie jest zaburzona.

Produkcja ciepła może być prowadzona w 2 niezależnych od siebie mechanizmach, którymi są:

1. Termogeneza drżeniowa – energia zgromadzona w wiązaniach chemicznych ATP jest zmieniana w energię kinetyczną, obserwowaną w postaci drżenia mięśniowego wywołanego naprzemiennymi skurczami przeciwstawnych partii mięśni. Ta forma produkcji ciepła wymaga znacznego nakładu energii, co wiąże się z koniecznością uruchomienia rezerw glikogenu mięśniowego.

2. Termogeneza bezdrżeniowa – poprzez działanie białka (termogeniny), które w największym stężeniu występuje w brunatnej tkance tłuszczowej, nie dochodzi do sprzężenia pomiędzy procesami fosforylacji oksydacyjnej a procesami transportu protonów, przez co energia jest wyzwolana w postaci ciepła.

Ośrodek termoregulacji znajdujący się w podwzgórze odpowiada za zbieranie informacji czuciowej z termoreceptorów skóry i generowanie eferentnych sygnałów, będących stymulantem do uruchomienia i działania mechanizmów fizjologicznych, skutkujących zwiększeniem produkcji ciepła. Złożony jest on z 2 mniejszych ośrodków. Ośrodek „utrata ciepła” składa się z termoczułych neuronów reagujących na wzrost temperatury poprzez uruchomienie wydzielania potu, rozszerzenia naczyń krwionośnych skóry i tkanki podskórnej. Natomiast ośrodek „zachowanie ciepła” jest stacją przekaźnikową pomiędzy obwodowymi termoreceptorami, a jego pobudzenie indukuje rozpoczęcie reakcji termogenezy bezdrżeniowej [6].

HIPOTERMIA POURAZOWA

W dostępnej literaturze funkcjonuje pojęcie hipotermii pourazowej. Rozpoznaje się ją (podobnie jak hipotermię przypadkową) na podstawie pomiaru temperatury, jednak zakres temperatury różniący poszczególne stopnie jej ciężkości przedstawia się w nieco odmienny sposób. Zgodnie z wytycznymi American College of Surgeons Committee in Trauma łagodna hipotermia pourazowa występuje przy temperaturze 36–34°C, umiarkowana 34–32°C, natomiast ciężka <32°C [7]. Symptomy hipotermii pourazowej mogą być trudniejsze do rozpoznania z uwagi na nakładające się na nie objawy wstrząsu hipowolemicznego, będącego efektem obrażeń ciała. Każdy pacjent po urazie powinien być obserwowany pod kątem rozpoznania hipotermii pourazowej, szczególnie gdy warunki zewnętrzne mogą wskazywać na możliwość utraty ciepła [7].

EPIDEMIOLOGIA

Szacuje się, że hipotermia pourazowa z temperaturą ciała poniżej 35°C występuje u 14–17% ofiar urazów, poniżej 34°C u ok. 2% chorych, natomiast z temperaturą poniżej 32°C w 0,1–0,2% przypadków [8]. Samo występowanie i nasilenie się hipotermii

pourazowej wynika zasadniczo z ciężkości doznanego urazu. Obniżenie temperatury ciała obserwowano częściej u ofiar z ciężkimi obrażeniami ciała [9]. W jednej z prac doniesiono, że występuje ona u 43% ofiar urazu prezentujących jednocześnie objawy hipoperfuzji [10]. Chociaż wystąpienie zjawiska hipotermii bywa kojarzone raczej z niekorzystną temperaturą otoczenia, do wychłodzenia nie dochodzi tylko w warunkach przedszpitalnych. Niezauważona hipotermia pourazowa może pogłębiać się również w trakcie pobytu na szpitalnym oddziale ratunkowym. Na 74 przeanalizowane przypadki poszkodowanych z ciężkimi urazami, przyjętych do szpitala w Ohio USA, średni czas zarejestrowany od wypadku do przyjęcia pacjenta do szpitala wynosił 76 min. Temperatura mierzona podczas przyjęcia u 12% poszkodowanych było niższa niż 36°C. Zaobserwowano, iż średnio po 76 min spędzonych na oddziale ratunkowym temperatura ciała spadła u 92% chorych; 46% poszkodowanych trafiło na blok operacyjny ze średnią temperaturą ciała ok. 34,8°C. Średni spadek temperatury ciała na oddziale ratunkowym wynosił 1°C. Autorzy twierdzą, że przyczyny wychłodzenia leżą w przedłużającym się procesie diagnostyczno-terapeutycznym [11]. W 2015 r. Szwamel i wsp. przeprowadzili analizę ponad 17 tys. pacjentów przyjmowanych na SOR szpitala w Kędzierzynie-Koźlu. Średni czas pobytu w SOR dla ogółu pacjentów wyniósł 169 min, natomiast dla grupy pacjentów, których rozpoznanie zawarto w grupie S i T wg klasyfikacji ICD-10 – 10–77 min. Autorzy zaznaczyli jednocześnie, że 44,2% udzielono świadczeń w czasie krótszym niż 60 min [12].

PRZYCZYNY HIPOTERMII POURAZOWEJ

Przyczyny omawianego zjawiska mogą zostać podzielone na 2 podstawowe grupy [9]:

1. Załamanie się zdolności ustroju do utrzymania ciepła – wynikające z zaburzeń funkcjonowania mechanizmów odpowiedzialnych za termoregulację. Obrażenia lub niedotlenienie podwzgórza powodują dysfunkcję termoczułych neuronów podwzgórza przedniego oraz neuronów przekaźnikowych podwzgórza tylnego, której wynikiem jest brak wyzwolenia reakcji termogenezy chemicznej. W odpowiedzi organizmu na ogólnoustrojowe niedokrwienie i niedotlenienie dochodzi do zmiany ścieżek metabolicznych. W niedotlenionej komórce zostaje uruchomiony beztlenowy cykl produkcji energii, który jest kilkukrotnie mniej efektywny niż cykl tlenowy. Ponadto produktem takich przemian jest kwas mlekowy, którego rosnące stężenie we krwi dodatkowo prowadzi do kwasicy metabolicznej. Z kolei podwyższone stężenie jonów wodorowych jest przyczyną redystrybucji jonów potasu z przestrzeni wewnątrzkomórkowej do przestrzeni zewnątrzkomórkowej. Ubytek jonów potasu z komórki zmniejsza jej pobudliwość, a zatem osłabia potencjalne możliwości termogenezy drżeniowej. Organizm będący w stanie wstrząsu uruchamia mechanizmy obronne, które prowadzą do centralizacji krążenia. W następstwie pobudzenia współczulnego układu nerwowego zwiększa się wydzielanie adrenaliny i noradrenaliny z rdzenia nadnerczy, co powoduje zwężenie światła tętnic przedwłosowatych oraz naczyń

żylnych skóry. Przesunięcie objętości łożyska naczyniowego do życiowo ważnych narządów jest kluczowe dla zachowania wydolności hemodynamicznej, jednak powoduje, że ciepło dostarczane do organizmu z zewnątrz w procesie kondukcji i konwekcji nie będzie efektywnie dystrybuowane poprzez układ sercowo-naczyniowy.

2. Zwiększenie utraty ciepła – powodowane przede wszystkim zwiększoną ekspozycją na skutek przedłużającego się badania, unieruchomieniem, przebywaniem w otoczeniu o niższej temperaturze, krwawieniem, stosowaniem wlewów dożylnych oraz podawaniem leków wpływających na termoregulację [13].

Badanie pacjenta urazowego w warunkach opieki przedszpitalnej wiąże się z koniecznością dokonania oględzin całego ciała, po uprzednim rozebraniu chorego. Takie rozwiązanie, choć jedyne z możliwych dla przeprowadzenia pełnej oceny, jest dodatkowym momentem, w którym poszkodowany traci ciepło. Gdy jednak odzież chorego jest mokra, jej całkowite zdjęcie może zapobiec dalszej utracie ciepła. Unieruchomienie poszkodowanego na desce ortopedycznej, utrata przytomności czy obrażenia narządu ruchu utrudniają lub uniemożliwiają uruchomienie obronnych mechanizmów behawioralnych. Losy pacjenta unieruchomionego są w bardzo dużej mierze uzależnione od wiedzy i umiejętności personelu zespołów ratownictwa medycznego [9, 14]. Chociaż pojawia się coraz więcej wątpliwości wobec konieczności stabilizacji wszystkich pacjentów po urazie, obecnie jest to nadal najczęściej stosowana metoda unieruchomienia [15]. Podaż leków anestetycznych czy opioidowych leków przeciwbólowych ma również bezpośredni wpływ na upośledzenie procesów termoregulacyjnych. Preparaty, na które należy zwrócić szczególną uwagę, to propofol oraz opioidowe leki przeciwbólowe, które ograniczają skurcz naczyń krwionośnych i obniżają próg wyzwolenia drżenia mięśniowego [16]. Na podstawie dużej metaanalizy przeprowadzonej przez Harmsena i wsp. wykazano, że u stabilnych hemodynamicznie ofiar urazów wydłużenie czasu działań służb ratunkowych na miejscu zdarzenia oraz całkowitego czasu spędzonego na oddziale ratunkowym nie zwiększa ryzyka zgonu [17]. U pacjentów z tej grupy należy rozważać potraktowanie prewencji oraz walki z hipotermią jako działania priorytetowe.

CZYNNIKI RYZYKA

W wielośrodkowym retrospektywnym badaniu przeprowadzonym w Holandii w 2016 r. Balvers i wsp. obliczyli, że hipotermia była związana z istotnie większą śmiertelnością w 1. i 2. dobie po urazie, kolejno: OR = 2,72 (1,18–6,29) i OR = 2,82 (1,83–4,35). Wykazano także częstsze występowanie zespołu ostrej niewydolności oddechowej dorosłych [18, 19]. Z kolei Martin i wsp. zauważyli, że hipotermia znacząco wydłuża czas, w którym chory wymaga wentylacji mechanicznej, oraz czas pobytu na oddziale intensywnej terapii [20]. Za negatywne czynniki predykcyjne uznano m.in.: niski wynik uzyskany w skali Glasgow – OR = 0,87 (0,81–0,92); $p < 0,0001$, niską

temperaturę otoczenia – OR = 0,93 (0,91–0,96); $p < 0,0001$ oraz mokrą skórę – OR = 2,08 (1,08–4,00); $p = 0,03$ [21].

SKUTKI

Temperatura ciała poniżej 34°C w połączeniu z pH krwi <7,2 oraz wydłużeniem czasu protrombinowego >19 s i czasu kaolinowo-kefalinowego >60 s zostały opisane jako czynniki uniemożliwiające skuteczne leczenie chorego z krwotokiem pourazowym [22]. Opisana „pourazowa triada śmierci”, na którą składają się hipotermia, koagulopatia i kwasica, była dokładnie omawiana już w latach 90. XX w. [23] i stała się podstawą wyznaczania priorytetów również w opiece przedszpitalnej. Warto w tym miejscu przytoczyć opublikowane w 1999 r. badanie prowadzone na pawianach przez Valeri i wsp., w obrazowy sposób przedstawiające zależność pomiędzy wychłodzeniem ciała a czasem krzepnięcia. Pawiany zostawały poddane układowej hipotermii. Ich ciało było schłodzone do temperatury 32°C, natomiast skóra ramienia do 27,3°C. Zainicjowano w tym miejscu krwawienie i zmierzono czas jego trwania, który wyniósł 5,8 min. Kiedy lokalnie ogrzano skórę do temperatury 34°C, wypływ krwi ustał po 2,4 min. W warunkach normotermii (temperatura skóry 34,6°C) czas krwawienia wynosił 3,1 min. Po ochłodzeniu ramienia do temperatury 27,6°C wydłużył się do 6,9 min [24]. Autorzy tego ciekawego badania udowodnili także istotny związek pomiędzy obniżeniem temperaturą skóry a niższym stężeniem czynnika niezbędnego w procesie agregacji trombocytów – tromboksanu B₂. Obecnie zjawisko to można wytłumaczyć prawami panującymi w biochemii. Zgodnie z regułą van't Hoffa prawidłowe działanie wszystkich enzymów jest zależne od temperatury. Niższa temperatura powoduje spadek szybkości ich działania. Kaskada krzepnięcia jest skomplikowanym procesem, dla działania którego konieczna jest ściśle określona korelacja pomiędzy wieloma składowymi, z których część to właśnie enzymy. Wykazano, że poszkodowani, u których hipotermia występowała już w warunkach przedszpitalnych, wymagali 26% większej objętości wlewu podczas resuscytacji płynowej na szpitalnym oddziale ratunkowym, a ich zapotrzebowanie na krew i preparaty krwiopochodne było o 17% większe w porównaniu z chorymi z normotermią [25].

ROZPOZNANIE

Rozpoznanie hipotermii należy potwierdzić pomiarem temperatury głębokiej. Europejska Rada Resuscytacji w wytycznych resuscytacji z 2015 r. zaleca wykonywanie pomiarów temperatury w przełyku, odbycie, pęcherzu moczowym lub błonie bębenkowej ucha [26]. Z metod dostępnych w warunkach zespołów ratownictwa medycznego oprócz badania temperatury pod pachą dostępną jest tylko ostatnia z wymienionych metod pomiaru. Termometry mierzące temperaturę obwodową nie są dość dokładne i na podstawie ich pomiaru nie powinno się podejmować decyzji terapeutycznych [27].

Badanie na błonie bębenkowej ucha jest najbardziej precyzyjne w porównaniu z badaniem w jamie ustnej i dole pachowym [28]. Niestety, ocena tego parametru jest wykonywana u 63–84% pacjentów przyjmowanych do szpitala [20]. Inni autorzy podają, że pomiary temperatury wykonywane są jeszcze rzadziej, nawet w ok. 30% przypadków. Pomiar temperatury nie został w szczególny sposób wyróżniony w schemacie badania pacjenta po urazie ACBCDE i jest parametrem, na który nie kładzie się zbyt dużego nacisku podczas edukacji pracowników systemu opieki przedszpitalnej [13].

OGRZEWANIE

Należy jeszcze raz podkreślić, że zrozumienie działania mechanizmów prowadzących do powstania pourazowej hipotermii jest kluczowe dla zapewnienia choremu właściwej opieki w warunkach przedszpitalnych. Podstawę protokołów postępowania z poszkodowanym, który doznał wysokoenergetycznego urazu, stanowi m.in. zapewnienie termoizolacji. Zdaniem 74% ratowników medycznych zbyt niska temperatura podczas pracy w karetce stanowi problem [29]. Lapostolle i wsp. w badaniu HypoTraum przeprowadzonym we Francji na grupie 461 ofiar urazu wykazali, że hipotermia występowała częściej u poszkodowanych, których odzież była mokra, w porównaniu z tymi, u których była sucha (w warunkach przedszpitalnych 19% vs 7%, $p = 0,0004$. w warunkach szpitala 22% vs 9%, $p = 0,01$) [21]. W badaniach przeprowadzonych przez Henrikson i wsp. wykazano, że samo zdjęcie mokrej odzieży powoduje istotną redukcję przemiany materii, podniesioną przez wywołanie dreszczy i podwyższenie temperatury ciała mierzonej na skórze. Natomiast dodatkowe zapewnienie bariery parowej skutkowało zmniejszeniem całkowitej utraty ciepła o 19–42% [30, 31]. Rozebranie poszkodowanego w chłodnym i wietrznym środowisku skutkuje gwałtownym, niekorzystnym ochłodzeniem ciała. Mokra odzież powinna być zdejmowana tylko w ciepłym miejscu, aby ograniczyć wpływ niekorzystnych warunków atmosferycznych. W warunkach przedszpitalnych powinno być to wnętrze ambulansu lub ogrzewanego namiotu pełniącego funkcję punktu pomocy medycznej w przypadku zdarzeń z większą liczbą poszkodowanych. Brak zabezpieczenia termicznego i ogrzewania podczas transportu prowadzi do ciągłego wychładzania, przez co zwiększa ryzyko wystąpienia omówionych wcześniej komplikacji, w tym zatrzymania krążenia [30, 31, 32]. W postępowaniu przedszpitalnym ważne jest, aby możliwie jak najszybciej zapewnić pacjentowi komfort termiczny. W opiece nad pacjentem urazowym należy zastosować izolację termiczną jeszcze przed stabilizacją poszkodowanego na desce ortopedycznej.

W badaniu Thomassena i wsp. sprawdzono 3 metody biernego ogrzewania pacjentów. Pierwsza polegała na przykryciu pacjenta kocem. Druga na szczelnym owinięciu ciała poszkodowanego folią bąbelkową. Trzecia natomiast na owinięciu ciała folią termoizolacyjną, powszechnie stosowaną w warunkach przedszpitalnych. Przed zastosowaniem wymienionych metod termoizolacji osoby badane leżały na plecach przez 30 min

w pomieszczeniu o temperaturze 5°C, przy wietrze o prędkości 3 m/s. Uzyskane wyniki pozwoliły autorom stwierdzić, że najlepszą metodą zabezpieczenia pacjenta przed utratą ciepła było użycie koca wełnianego jako pierwszej warstwy położonej bezpośrednio na suche ciało oraz następnie szczelne owinięcie nieprzepuszczalną dla powietrza i wody folią [33]. Błędne jest przekonanie o wyjątkowej skuteczności folii metalizowanych. Każdy materiał o podobnej grubości, który nie przepuszcza powietrza, działa bardzo podobnie [34]. Ich niewątpliwym plusem jest niska cena, co przyczynia się do tego, że mogą być użyte jako materiał jednorazowy, a zabrudzenie ich materiałem biologicznym nie stanowi problemu.

Pomimo że autorzy wielu prac wskazują, że czynne ogrzewanie pacjenta w warunkach przedszpitalnych jest bezpieczne i może przynieść korzyści pacjentowi, na podstawie wyników dużej metaanalizy opublikowanej w 2017 r. stwierdzono, że u pacjentów w łagodnej hipotermii, u których uruchomione są mechanizmy termogenezy drżeniowej, żadna z dotychczas stosowanych metod połączenia izolacji z czynnym ogrzewaniem pacjenta, z użyciem wkładów grzewczych czy koców, wykorzystujących energię chemiczną lub elektryczną, jak również nadmuch ciepłego powietrza, nie ma wyraźnej przewagi nad pozostałymi. Drżenia mięśniowe są w stanie zapewnić wystarczającą produkcję ciepła pod warunkiem, że ciało pacjenta zostanie odpowiednio zaizolowane. Jednak zastosowanie metod czynnego ogrzewania przynosi takie korzyści jak zwiększenie komfortu pacjenta i zaoszczędzenie rezerw energetycznych [35]. Na odczucia pacjenta zwrócili uwagę także Lundgren i wsp. W przeprowadzonym przez nich badaniu porównano skuteczność ogrzewania biernego z użyciem koca oraz połączenia tej metody z dodaniem chemicznego ogrzewacza o temperaturze 50°C położonego na torsie pacjenta. Obie metody spowodowały wzrost temperatury błony bębenkowej ucha, a różnice między osiągniętymi wartościami nie były istotne. Natomiast niespełna 68% pacjentów ogrzewanych biernie odczuło poprawę komfortu w przeciwieństwie do 100% chorych ogrzewanych metodą mieszaną. Autorzy wskazali na potencjalne korzyści wynikające z redukcji stresu spowodowanego wychłodzeniem [36]. Pomimo wprowadzania różnorodnych metod termoizolacji pacjenta oraz aktywnego ogrzewania w dalszym ciągu wyraźnie podkreślana jest duża wartość wełnianego koca oraz ogrzanych płynów [36, 37]. W warunkach pozaszpitalnych nie jest możliwe podanie choremu płynów o dokładnie ustalonej temperaturze bez specjalnie przeznaczonego do tego celu sprzętu. Pojemniki z płynami w karetkce powinny być przechowywane w specjalnie przygotowanej ogrzewanej szufladzie (termoboksie). W zależności od temperatury otoczenia obserwuje się jednak utratę temperatury podawanego płynu na poziomie butelki oraz zestawu do przetoczeń. Jednym z rozwiązań jest podgrzewacz do płynów infuzyjnych, który może być zamocowany na przewodzie zestawu do przetoczeń. Sugerowano, że wczesna prewencja hipotermii przy użyciu przenośnych zasilanych baterią ogrzewaczy płynów, montowanych na zestawie do przetoczeń (*in-line fluid warmer*), może zredukować zachorowalność i śmiertelność pacjentów z ciężkimi obrażeniami

ciała, gdy urządzenia te są stosowane już w warunkach przedszpitalnych [37]. Obliczono, że wprowadzenie do wyposażenia zespołów ratownictwa medycznego ogrzewaczy płynów było związane z 22% redukcją ryzyka względnego występowania hipotermii w momencie przyjęcia do szpitala [14]. W Norwegii 43% zespołów ratownictwa medycznego jest wyposażone w sprzęt służący do aktywnego ogrzewania, 73% dysponuje protokołami termoizolacji, a najwyżej 20% ma ogrzewacze do zestawów infuzyjnych [37]. Obecnie w Polsce brak jest zaleceń dotyczących wyposażenia zespołów ratownictwa medycznego w środki służące do aktywnego ogrzewania. Istnieją natomiast publikacje precyzyjnie opisujące materiały oraz sposoby termoizolacji. Ich autorzy dokonując głębokiej analizy tematu, zalecają, aby okrycie składało się z 2–3 warstw suchych koców wykonanych z materiałów hydrofobowych, okrytych zewnętrzną nieprzepuszczalną warstwą (np. folią metalizowaną) [38]. Już 20 lat temu sugerowano także, że rutynowe ogrzewanie podawanego tlenu może być przydatne w warunkach opieki przedszpitalnej z uwagi na brak dostępu do innych, bardziej zaawansowanych metod [39]. Ta metoda umożliwiała ogrzewanie z prędkością 0,23°C/h [40]. Dodatkowo pozwala uniknąć konsekwencji w postaci obwodowej wazodylatacji związanej z ogrzewaniem zewnętrznym i jest prosta w użyciu na każdym poziomie zaawansowania opieki [41]. W polskich zespołach ratownictwa medycznego ani w jednostkach Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego nie stosuje się urządzeń służących do ogrzewania tlenu. Mogłyby one jednak być przydatne w przypadkach, kiedy dostęp pacjenta do lekarza, ratownika medycznego lub pielęgniarki, jako osób mogących rozpocząć infuzję ciepłych płynów, jest ograniczony. Przykładem takich zdarzeń są chociażby wypadki komunikacyjne, gdzie poszkodowany jest uwięziony w pojeździe, albo długotrwała ewakuacja w przypadku katastrof budowlanych.

WNIOSKI

1. U każdego pacjenta po urazie, zwłaszcza nieprzytomnego lub we wstrząsie, należy zbadać temperaturę ciała. Personel karetki powinien pamiętać o tym, że podawane leki nasilają ryzyko wychłodzenia.
2. Na wystąpienie hipotermii pourazowej narażeni są w szczególności pacjenci z obniżonym stanem świadomości, pod wpływem alkoholu oraz tacy, których ewakuacja z miejsca zdarzenia wymaga dłuższego czasu.
3. Zabezpieczenie termiczne pacjenta wydolnego krążeniowo i oddechowo powinno stanowić czynność priorytetową.
4. Izolację termiczną należy wykonać zaraz po badaniu urazowym, najlepiej jeszcze przed ułożeniem na deskę ortopedyczną. Mokrą odzież należy zdejmować w ciepłym miejscu.
5. U chorego, u którego występują dreszcze, termoizolacja warstwowa z wykorzystaniem wełnianego koca oraz folii izo-termicznej stanowi wystarczające zabezpieczenie.
6. U każdego chorego, u którego nie występują drżenia mięśniowe, lub w przypadku długiego transportu należy rozważyć ogrzewanie czynne. W tym celu wykorzystać można ogrzewacze

do płynów umieszczone na przewodzie zestawu do infuzji. U chorych wymagających tlenoterapii biernej lub oddechu wspomagającego czy zastępczego należy rozważyć podanie ogrzanego tlenu.

PIŚMIENNICTWO

- Guly H. History of occidental hypothermia. *Resuscitation* 2011;82(1):122-5. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.09.465.
- Brown DJ, Brugger H, Boyd J, Paal P. Accidental hypothermia. *N Engl J Med* 2012;367(20):1930-8.
- Darocho T, Kosiński S, Jarosz A, Sobczyk D, Gałązkowski R, Sanak T, et al. Zasady postępowania w wychodzeniu – małopolski program pozaustrojowego leczenia hipotermii. *Kardiologia Polska* 2015;73:789-94.
- Truhlář A, Deakin C, Soar J, Khalifa G, Alfonso A, Bierens J, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation* 2015;95:148-201. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.017.
- Gagge AP, Fobelets AP, Berglund LG. A standard predictive index of human response to the thermal environment. *ASHRAE Trans* 1986;92:709-31.
- Sosnowski P, Mikrut K, Krauss H. Hypothermia – mechanism of action and pathophysiological changes in the human body. *Postępy Hig Med Dośw* 2015;69:69-79.
- American College of Surgeons Committee in Trauma. *Advanced Trauma Life Support for Doctors, Student Course Manual*, 2008.
- Ireland S, Endacott R, Cameron P, Fitzgerald M, Paul E. The incidence and significance of accidental hypothermia in major trauma – a prospective observational study. *Resuscitation* 2011;82(3):300-6. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.10.016.
- Sørreide K. Clinical and translational aspects of hypothermia in major trauma patients: from pathophysiology to prevention, prognosis and potential preservation. *Injury* 2014;45(4):647-54. doi: 10.1016/j.injury.2012.12.027.
- Beilman GJ, Blondet JJ, Nelson TR, Nathens AB, Moore FA, Rhee P, 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(5):845-50. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181a41f6f.
- Gregory J, Flancbaum L, Townsend M, Cloutier C, Jonasson O. Incidence and timing of hypothermia in trauma patients undergoing operations. *J Trauma* 1991;31(6):795-800.
- Szwamel K, Kurpas D. Analysis of the structure of medical services branch of the Hospital Emergency Ward with special reference to the benefits provided to patient with minor injuries. *Family Med Primary Care Rev* 2015;17(2):124-30.
- Trentzsch H, Huber-Wagner S, Hildebrand F, Kanz KG, Faist E, Piltz S, et al. Hypothermia for prediction of death in severely injured blunt trauma patients. *Shock* 2012;37(2):131-9. doi: 10.1097/SHK.0b013e318245f6b2.
- Waibel BH. Hypothermia in trauma patients: predicting the big chill. *Crit Care* 2012;16(5):155. doi: 10.1186/cc11473.
- Kłosiewicz T. Pre-hospital spine immobilization in light of the most recent knowledge. *Emerg Med Serv* 2016;3(1):7-10.
- Conway A. A review of the effects of sedation on thermoregulation: insights for the cardiac catheterization laboratory. *J Perianesth Nurs* 2016;31(3):226-36. doi: 10.1016/j.jopan.2014.07.016.
- Harmsen AM, Giannakopoulos GF, Moerbeek PR, Jansma EP, Bonjer HJ, Bloemers FW. The influence of prehospital time on trauma patients outcome: a systematic review. *Injury* 2015;46(4):602-9. doi: 10.1016/j.injury.2015.01.008.
- Balvers K, Van der Horst M, Graumans M, Boer C, Binnekade JM, Goslings JC, et al. Hypothermia as a predictor for mortality in trauma patients at admittance to the Intensive Care Unit. *J Emerg Trauma Shock* 2016;9(3):97-102. doi: 10.4103/0974-2700.185276.
- Conway A. A review of the effects of sedation on thermoregulation: insights for the Cardiac Catheterization Laboratory. *J Perianesth Nurs* 2016;31(3):226-36. doi: 10.1016/j.jopan.2014.07.016.
- 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(2):114-8.
- Lapostolle F, Sebba JL, Couvreur J, Koch FX, Savary D, Tazarourte K, et al. Risk factors for onset of hypothermia in trauma victims: the HypoTraum study. *Crit Care* 2012;16(4):R142. doi: 10.1186/cc11449.
- Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR, Fruchterman TM, Kauder DR, et al. „Damage control”: an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma* 1993;35(3):375-82.
- Mikhail J. The trauma triad of death: hypothermia, acidosis, and coagulopathy. *AACN Clin Issues* 1999;10(1):85-94.
- Valeri CR, Feingold H, Cassidy G, Ragno G, Khuri S, Altschule MD. Hypothermia-induced reversible platelet dysfunction. *Ann Surg* 1987;205(2):175-81.
- Bukur M, Hadjibashi AA, Ley EJ, Malinoski D, Singer M, Barmparas G, et al. Impact of prehospital hypothermia on transfusion requirements and outcomes. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73(5):1195-201. doi: 10.1097/TA.0b013e31826fc7d9.
- Soar J, Perkins GD, Abbas G, Alfonso A, Barelli A, Bierens JJ, 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(10):1400-33. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.08.015.
- Niven DJ, Gaudet JE, Laupland KB, Mrklas KJ, Roberts DJ, Stelfox HT. Accuracy of peripheral thermometers for estimating temperature: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med* 2015;163(10):768-77. doi: 10.7326/M15-1150.
- Bijur PE, Shah PD, Esses D. Temperature measurement in the adult emergency department: oral, tympanic membrane and temporal artery temperatures versus rectal temperature. *Emerg Med J* 2016;33(12):843-7. doi: 10.1136/emmermed-2015-205122.
- Zaborowski M, Kopański Z, Leszczyński P. Ergonomics at work in the ambulance – the opinion of paramedics. *J Public Health Nursing Medical Res* 2015;3:27-32.
- Henriksson O, Lundgren PJ, Kuklane K, Holmér I, Giesbrecht GG, Naredi P, et al. Protection against cold in prehospital care: wet clothing removal or addition of a vapor barrier. *Wilderness Environ Med* 2015;26(1):11-20. doi: 10.1016/j.wem.2014.07.001.
- 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(1):53-8. doi: 10.1017/S1049023X12000210.
- Durrer B, Brugger H, Syme D. The medical on-site treatment of hypothermia: ICAR-MEDCOM recommendation. *High Alt Med Biol* 2003;4(1):99-103. doi: 10.1089/152702903321489031.
- Thomassen Ø, Færevik H, Østerås Ø, Sunde GA, Zakariassen E, Sandsund M, 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. doi: 10.1186/1757-7241-19-41.
- Henriksson O, Lundgren JP, Kuklane K, Holmér I, Björnstig U. Protection against cold in prehospital care: thermal insulation properties of blankets and rescue bags in different wind conditions. *Prehosp Disaster Med* 2009;24(5):408-15.
- Haverkamp FJC, Giesbrecht GG, Tan EC. The prehospital management of hypothermia – an up-to-date overview. *Injury* 2017;49(2):149-64. doi: 10.1016/j.injury.2017.11.001.
- 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* 2011;19:59. doi: 10.1186/1757-7241-19-59.
- Karlson A, Thomassen Ø, Vikenes B, Brattebø G. Equipment to prevent, diagnose, and treat hypothermia: a survey of Norwegian pre-hospital services. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013;21:63. doi: 10.1186/1757-7241-21-63. Collins N, Daly S, Johnson P, Smith G. Pre-hospital use of intravenous in-line fluid warmers. *Australasian J Paramedicine* 2015;12(2):1-5.
- Kosiński S, Sanak T. Termoizolacja. In: Kosiński S, Darocho T, Sadowski J, Drwił R, editors. *Hipotermia, kliniczne aspekty wychodzenia organizmu*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego; 2016.
- Weinberg AD. The role of inhalation rewarming in the early management of hypothermia. *Resuscitation* 1998;36(2):101-4.
- 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* (1985) 1997;83(5):1635-40.
- Hayward JS, Steinman AM. Accidental hypothermia: an experimental study of inhalation rewarming. *Aviat Space Environ Med* 1975;46(10):1236-40.