



fot. Jerzy Linder

Człowiek jest stworzeniem stałocieplnym. Oznacza to, że jego fizjologiczne mechanizmy dążą do utrzymania stałej temperatury wewnątrz organizmu, wynoszącej niezależnie od warunków zewnętrznych około 37°C.

Zarówno zbyt wysoka, jak i zbyt niska temperatura ciała zaburzają prawidłowy przebieg procesów życiowych zachodzących w organizmie człowieka i mogą stanowić zagrożenie dla jego zdrowia i życia. Za utrzymanie stałej temperatury odpowiada ośrodek termoregulacji, znajdujący się w obszarze mózgu zwanym podwzgórzem. Odbiera on informacje o zmianach temperatury z otoczenia i wnętrza ciała oraz inicjuje określone działania. Reakcją organizmu na wychłodzenie jest ograniczenie strat ciepła (obkurczenie naczyń krwionośnych skóry) i zwiększenie jego produkcji (wzrost tempa przemian energetycznych, praca mięśni szkieletowych – drżenia mięśniowe).

Utrata ciepła

Organizm ludzki wytwarza ciepło, a traci je i przekazuje do otoczenia na drodze takich zjawisk fizycznych, jak przewodzenie, konwekcja, promieniowanie i parowanie. **Przewodzenie** to przekazywanie ciepła pomiędzy dwoma ciałami o różnej temperaturze, które pozostają w bezpośrednim kontakcie. Jeśli poszkodowany na skutek upadku leży na zmarzniętej ziemi, będzie tracił ciepło w wyniku przewodzenia do gruntu. Przykrycie go kocem jest niewystarczające, ponieważ izoluje tylko od zimnego powietrza. **Konwekcja**

to wymiana ciepła pomiędzy powierzchnią ciała stałego a przepływającym obok niego powietrzem (lub wodą). Strumień zimnego powietrza odbiera ciepło z powierzchni skóry, a intensywność tego zjawiska wzrasta wraz z prędkością wiatru. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym utratę ciepła przez organizm jest przebywanie w środowisku wodnym lub noszenie mokrej odzieży. Woda w porównaniu z powietrzem o tej samej temperaturze odbiera ciepło 25 razy szybciej. Dlatego zatrzymanie strat ciepła wymaga usunięcia mokrego ubrania i okrycia poszkodowanego materiałem izolującym nie tylko od zimna, lecz także od wiatru. **Promieniowanie** to zjawisko emisji energii cieplnej do otoczenia. Można je porównać do promieniowania elektromagnetycznego, emitowanego przez słońce, które dociera do Ziemi w postaci ciepła. Jeśli ciało ma wyższą temperaturę niż jego otoczenie, będzie się oziębiało, a w sytuacji odwrotnej – zacznie ją absorbować. Promieniowanie cieplne jest widoczne w obrazie kamery termograficznej. **Parowanie** to proces przejścia wody znajdującej się na powierzchni ciała ze stanu ciekłego w gazowy, czemu towarzyszy przekazanie energii cieplnej do otoczenia. Zjawisko to występuje podczas pocenia się, gdy powierzchnia ciała jest mokra oraz w trakcie oddychania, kiedy ogrzane i nawilżone powietrze zostaje

usunięte z dróg oddechowych podczas wydechu. Utracie ciepła przez parowanie można zapobiec, izolując ciało poszkodowanego za pomocą folii.

Hipotermię definiuje się jako stan obniżenia temperatury głębokiej ciała poniżej 35°C. Spadek temperatury głębokiej ciała może wystąpić u zdrowych osób, jako konsekwencja długiego przebywania w niskiej temperaturze otoczenia. Najczęściej do hipotermii dochodzi w sytuacjach: wpadnięcia do zimnej wody po załamaniu się warstwy lodu pod ciężarem ciała, wpadnięcia do zimnej wody po wywróceniu się (zatonięciu) jednostki pływającej, przysypiania lawiną śnieżną, przebywania w warunkach niskiej temperatury powietrza i silnego wiatru. Niebezpieczeństwo szybkiego wychłodzenia jest szczególnie wysokie u osób, które nie mają odzieży zapewniającej odpowiednią dla danego środowiska ochronę przed zimnem, wiatrem i wodą. Kolejnym czynnikiem predysponującym do wychłodzenia jest spożywanie alkoholu. Substancja ta nie tylko rozszerza obwodowe naczynia krwionośne, przyspieszając utratę ciepła, lecz także zaburza logiczne myślenie, prawidłową ocenę występujących zagrożeń, prowadzi do obniżenia stanu przytomności i utraty zdolności poruszania się. Do wychłodzenia organizmu może również dojść z przyczyn chorobowych, czyli wewnętrz-

nych. Mówimy wtedy o hipotermii wtórnej, na którą narażone są przede wszystkim osoby w wieku starszym. Utrata zdolności termoregulacyjnych organizmu występuje nawet w ciepłym otoczeniu, prowadząc do śmierci raczej z powodu zaostrenia współistniejących chorób niż z powodu samej hipotermii. Szczególną grupę zagrożonych hipotermią stanowią poszkodowani z obrażeniami ciała, zwłaszcza będący w stanie wstrząsu i ze współistniejącym uszkodzeniem mózgu i rdzenia kręgowego. Obniżona temperatura głęboka ciała jest jednym z czynników, które powodują zaburzenia krzepnięcia, co w sytuacji czynnego krwawienia wewnętrznego może uniemożliwić wytworzenie stabilnego skrzepu. Tak więc aby zwiększyć przeżywalność wśród osób z obrażeniami ciała, już w trakcie opieki przedszpitalnej należy zapewnić im komfort termiczny.

Zanurzenie w zimnej wodzie

Jedną z przyczyn, która bardzo szybko prowadzi do wychłodzenia organizmu, jest bezpośrednie zanurzenie w zimnej wodzie. Sytuacje takie mają miejsce podczas załamania się lodu na zbiorniku wodnym lub po wywróceniu się jednostki pływającej. Wbrew powszechnej opinii przebywanie w zimnej wodzie nie powoduje nagłego spadku temperatury wewnętrznej ciała. Niebezpieczeństwo, które grozi człowiekowi podczas pierwszych 2-3 min od zanurzenia, związane jest nie z hipotermią, a z reakcją organizmu na kontakt z zimnym otoczeniem, którą określa się jako zjawisko **cold shock** (zimny szok).

Chwilę po wpadnięciu do wody pojawia się gwałtowny odruch łapania powietrza, który przechodzi w przyspieszony oddech, następuje wzrost częstości akcji serca i wzrost ciśnienia tętniczego krwi na skutek gwałtownego obkurczenia się naczyń obwodowych. Odruchowe łapanie powietrza to głębokie i szybkie oddechy, których nie można powstrzymać. Jest to szczególnie niebezpieczne w sytuacji, gdy głowa znajdzie się pod powierzchnią wody, gdyż może spowodować wciągnięcie jej do dróg oddechowych i zapoczątkowanie tonięcia. Gdy odruch łapania powietrza mija, pojawia się przyspieszony oddech, który może uniemożliwić poszkodowanemu podpiknięcie do tratwy ratunkowej. Niekiedy śmierć może nastąpić z powodu nagłego przecięcia mięśnia sercowego (zawał serca, zaburzenia rytmu).

Osoby, które przeżyją pierwszą fazę zanurzenia, mają niewiele czasu na wydostanie się z wody o własnych siłach. Narażenie na niską temperaturę powoduje znaczne ochłodzenie nerwów oraz mięśni kończyn górnych i dolnych. Pojawia się sztywność palców, obniżenie siły mięśniowej, zaburzenie koordynacji ruchowej, co w praktyce znacznie utrudnia

lub wręcz uniemożliwia wykonywanie takich czynności, jak pływanie czy chwytanie liny. Faza ta określana jest jako **cold incapacitation**, czyli obezwładnienie zimnem i w zależności od temperatury wody może wystąpić już po 15 min od zanurzenia. Po około 30 min od wpadnięcia do wody następuje spadek temperatury wewnętrznej ciała poniżej 35°C i jest to początek narastania **hipotermii**. Gdy temperatura wewnętrzna ciała spada poniżej 30°C, następuje utrata przytomności i jeśli poszkodowany nie ma kamizelki wypornościowej, najczęściej tonie. Te osoby, które nadal pozostają na powierzchni wody, giną z powodu zatrzymania akcji serca w wyniku hipotermii.

Szybkość spadku temperatury ciała zależy od kilku czynników: temperatury wody, wysokości fal, budowy ciała (osoby o małej masie mięśniowej i szczupłe szybciej tracą ciepło), poziomu zanurzenia ciała w wodzie, posiadania specjalnej odzieży termicznej, aktywności fizycznej (aktywne pływanie powoduje napływ zimnej krwi z kończyn do narządów wewnętrznych). Z tego względu dokładne określenie długości czasu przeżycia w wodzie o danej temperaturze jest niemożliwe. Niemniej jednak przyjmuje się, że człowiek przebywający w wodzie o temperaturze 4-10°C bez kombinezonu ratunkowego wyczerpie siły lub straci przytomność w ciągu 30-60 min, a czas jego przeżycia wyniesie 1-3 godz. Dotychczas zebrane doświadczenia wskazują również, że podczas ratowania – szczególnie osób w krytycznej fazie hipotermii – może dojść do zjawiska określanego jako **post-rescue collapse**, czyli śmierci poszkodowanego w trakcie wyciągania go z wody lub zaraz po tym. Bezpośrednią przyczyną pogorszenia się stanu jego zdrowia jest nagły spadek ciśnienia tętniczego, który prowadzi do utraty przytomności, a nawet nagłego zatrzymania krążenia. Podczas wyciągania z wody ucisk wywierany przez ciśnienie hydrostatyczne na zanurzone ciało człowieka zanika, a krew zgodnie z siłą grawitacji odpływa do nóg. Aby zminimalizować ryzyko zapaści, poszkodowanego należy wyciągać z wody w pozycji poziomej, unikając gwałtownych ruchów. Należy go także zabezpieczyć przed dalszą utratą ciepła.

Hipotermia

W zależności od wyniku pomiaru temperatury wewnętrznej hipotermię dzielimy na łagodną, umiarkowaną oraz ciężką. Klasyfikacja ta odzwierciedla jej poszczególne stadia kliniczne i związane z nimi dominujące objawy. W przypadku hipotermii łagodnej wartość temperatury zawiera się pomiędzy 35 a 32°C. Organizm reaguje wzrostem wewnętrznego metabolizmu, wyrzutem endogennych katecholamin (adrenaliny i noradrenaliny), przyspieszo-

ną akcją serca, przyspieszonym oddechem. Jednocześnie spadek metabolizmu mózgowego (6-10% na każdy 1°C) powoduje u poszkodowanego dezorientację, amnezję, utratę koordynacji ruchowej, problemy z mową. Organizm próbuje radzić sobie z utratą ciepła przez skurcz naczyń krwionośnych skóry, dzięki czemu krew przepływa z dala od niskiej temperatury środowiska zewnętrznego, a następnie skurcz naczyń obwodowych, zapobiegający przemieszczaniu się do centralnych części ciała chłodniejszej krwi z kończyn (centralizacja krążenia). Kolejną reakcją obronną organizmu jest pojawienie się drżeń mięśniowych (dreszczy), czemu towarzyszy zwiększenie wytwarzania energii cieplnej na skutek pracy mięśni szkieletowych. Wszystkie te działania zwiększają zapotrzebowanie organizmu na tlen i prowadzą do zużycia zapasów energetycznych.

Przy dalszym spadku temperatury głębokiej ciała do wartości 32-28°C możemy mówić o hipotermii umiarkowanej. Charakteryzuje się ona spadkiem tempa metabolizmu, a co za tym idzie – zahamowaniem drżeń mięśniowych, spadkiem częstości oddechów, spadkiem częstości akcji serca (bradykardia), wzrostem ryzyka wystąpienia zaburzeń rytmu serca. Poszkodowany może mieć halucynacje, zachowywać się nieracjonalnie, występuje u niego poszerzenie źrenic oraz pogorszenie stanu świadomości, do utraty przytomności włącznie.

O ciężkiej hipotermii mówimy, gdy temperatura głęboka ciała spada poniżej 28°C. Towarzyszy jej dalszy spadek tempa metabolizmu, znaczna bradykardia, spadek ciśnienia tętniczego krwi, śpiączka, zaburzenia oddychania z bezdechem włącznie, zanik odruchów, pojawiają się zaburzenia rytmu serca (częstoskurcz komorowy, migotanie komór), które poniżej 20°C przechodzą w asystolię

Najniższa temperatura głęboka ciała – 13,7°C

20 maja 1999 r. w Narwiku (Norwegia) Anna Bågenholm zjechała z trasy narciarskiej i wpadła do zamrożonego potoku górskiego. Jej ciało znalazło się w strumieniu zimnej wody, pomiędzy grubą warstwą lodu a dnem rzeki. Przez pewien czas narciarka mogła oddychać, gdyż między powierzchnią wody a pokrywą lodową istniała niewielka przestrzeń wolnego powietrza. Podjęte przez kolegów próby oswobodzenia uwięzionej pod lodem 29-letniej narciarki okazały się jednak nieskuteczne. Anna Bågenholm została wyciągnięta z wody przez ratowników dopiero po 80 min od wypadku, bez oznak życia. Natychmiast rozpoczęto resuscytację i kontynuowano ją w trakcie transportu śmigłowcem do szpitala w Tromsø. Gdy zmierzono temperaturę głęboką, okazało się, że wynosiła ona 13,7°C. Po trzech godzinach resuscytacji i ogrzaniu ciała udało się przywrócić akcję serca. Spadek tempa metabolizmu mózgu i zmniejszone zapotrzebowanie na tlen spowodowały, że nie doszło do nieodwracalnych uszkodzeń. Anna Bågenholm do dzisiaj jest jedyną dorosłą osobą, której udało się przeżyć tak głęboką hipotermię.

Stopień hipotermii	Objawy	Temperatura
1	przytomność, drżenia mięśniowe	35-32°C
2	zaburzenia stanu świadomości, brak drżeń mięśniowych	< 32-28°C
3	utrata przytomności, zaburzenia częstości tętna i oddechu	< 28-24°C
4	utrata przytomności, brak oznak życia, zatrzymanie krążenia	< 24°C

(całkowity zanik czynności mechanicznej i elektrycznej serca). Do wstępnej oceny głębokości hipotermii, gdy pomiar temperatury głębokiej ciała jest niemożliwy, można z powodzeniem stosować czterostopniową szwajcarską skalę hipotermii (*Swiss Staging System*), opartą na klinicznych objawach towarzyszących wychłodzeniu (tabela). Stopień I – w pełni przytomny, dreszcze (35-32°C), stopień II – zaburzenia świadomości, brak dreszczy (< 32-28°C), stopień III – nieprzytomny, brak dreszczy, oznaki życia (< 28-24°C), stopień IV – brak oznak życia (< 24°C). Prawidłowa ocena głębokości hipotermii ma znaczenie, ponieważ sposób jej leczenia w poszczególnych stadiach jest odmienny.

Postępowanie

Istnieją dwie podstawowe metody ogrzewania pacjentów w hipotermii: bierne i aktywne. Metoda biernego ogrzewania zakłada wykorzystanie zdolności organizmu do produkcji ciepła w celu podwyższenia temperatury ciała. Proces ten jest powolny, ale w przypadku łagodnej hipotermii najbezpieczniejszy. Podjęte działania polegają na zapobiegnięciu dalszej utracie ciepła poprzez wymianę mokrego ubrania na suche, izolację poszkodowanego (od zimna, wiatru, wody), przeniesienie go do ciepłego pomieszczenia. Metody aktywnego ogrzewania zakładają dostarczenie ciepła do organizmu i obejmują stosowanie pakietów grzewczych i podawanie do picia ciepłych płynów (fot. 1, 2).

Podczas udzielania pomocy, biorąc pod uwagę okoliczności i stan poszkodowanego, zawsze należy uwzględnić prawdopodobieństwo wystąpienia hipotermii. U wszystkich osób należy podjąć działania zapobiegające dalszej utracie ciepła. Osoby przytomne, z drżeniami mięśniowymi (stopień I) powinny zostać przebrane w suchej odzieży, przeniesione do ciepłego otoczenia i otrzymać do wypicia ciepłe, osłodzone napoje. Osoby z zaburzeniami świadomości, bez dreszczy (stopień II) powinny zostać unieruchomione w pozycji leżącej z zapewnioną termoizolacją całego ciała, ostrożnie przeniesione do ciepłego pomieszczenia, aktywnie ogrzewane za pomocą pakietów grzewczych umieszczonych na tułowi i transportowane do szpitala. Powinny także otrzymać tlen w dużym przepływie. Postępowanie z osobami nieprzytomnymi, bez dreszczy, z obecnymi oznakami życia (stopień III) jest takie samo, jak u pacjentów w II stopniu hipotermii. Należy także zwrócić szczególną uwagę na utrzymanie drożności dróg oddechowych.

W pomocy przedszpitalnej nie powinno się podejmować prób agresywnego ogrzewania. Podczas intensywnego ogrzewania (lub na skutek aktywności fizycznej) chłodniejsza



1. Koc ratunkowy – metalizowana cienka warstwa folii. Szczelne owinięcie ciała chroni przed utratą ciepła w wyniku parowania, konwekcji oraz promieniowania

2. Blizzard Survival Blanket – po rozwinięciu koca pomiędzy trzema warstwami folii tworzą się komory powietrzne stanowiące warstwę izolacyjną.

Wewnętrzna metalizowana warstwa chroni przed utratą ciepła na skutek promieniowania. Szczelne owinięcie ciała chroni przed parowaniem i konwekcją

3. Ready-Heat – koc z panelami grzewczymi, utrzymuje temperaturę do 8 godz. Ciepło wytwarzane jest na skutek reakcji chemicznej z powietrzem. Nie można go stosować bezpośrednio na skórę



fol. Przemysław Osiński (2)

krw z kończyn przemieszcza się bowiem do centralnych części ciała, powodując dalszy spadek temperatury głębokiej. Zjawisko to, określane jako *afterdrop*, może doprowadzić do zatrzymania akcji serca. Równie ważne jest, aby w trakcie udzielania pomocy, przenoszenia i transportowania pacjenta unikać wykonywania gwałtownych ruchów, ponieważ mogą one wzbudzić zaburzenia rytmu serca. Dlatego zdejmując poszkodowanemu ubranie, w pierwszej kolejności należy je rozciąć na ciele, a następnie delikatnie zsunąć, unikając poruszania jego kończynami i tułowiem. W przypadku osoby nieprzytomnej, ze współistniejącą głęboką hipotermią, najważniejszą czynnością jest poszukiwanie oznak życia. Ponieważ niska temperatura ciała prowadzi do znacznego zwolnienia rytmu serca, częstości oddechu (nawet do 2 oddechów na minutę) oraz spadku ciśnienia tętniczego krwi, ratownicy mogą przez pomyłkę uznać te osoby za zmarłe. Z tego powodu standardowa ocena czynności życiowych powinna zostać wydłużona.

Po udrożeniu dróg oddechowych, jeśli poszkodowany nie oddycha, należy rozpocząć wentylację workiem samorozprężalnym z rezerwuarem zasilanym tlenem. Poszukiwanie tętna na tętnicy szyjnej powinno trwać 1 min. W tym czasie należy też przygotować zautomatyzowany defibrylator zewnętrzny do analizy rytmu serca. Rozpoczęcie uciskania klatki piersiowej u poszkodowanego w głębokiej hipotermii z wolnym, ale zorganizowanym

rytmem serca może doprowadzić do wzbudzenia zaburzeń rytmu pochodzenia komorowego (częstoskurcz komorowy, migotanie komór). W przypadku rozpoznania zatrzymania akcji serca należy jednak rozpocząć standardowe zabiegi resuscytacyjne i jednocześnie przenieść ekspozycję na zimno. Oznacza to usunięcie zimnego i mokrego ubrania, okrycie suchym materiałem zapewniającym izolację termiczną, aktywne ogrzewanie, przeniesienie poszkodowanego do miejsca o wyższej temperaturze otoczenia (ambulans, pomieszczenie). Jeśli AED wykrył zaburzenia rytmu serca, należy wykonać defibrylację. Strategia leczenia zaburzeń rytmu serca u ofiar hipotermii jest uzależniona od wartości temperatury głębokiej ciała. Wykonanie skutecznej defibrylacji mięśnia sercowego może okazać się skuteczne dopiero po ogrzaniu go do temperatury powyżej 30°C, do tego czasu zaleca się poprzestać na trzech próbach elektroterapii. W ratownictwie przedszpitalnym prawidłowy pomiar temperatury głębokiej ciała zazwyczaj jest niemożliwy, dlatego ratownicy powinni stosować się do poleceń defibrylatora. Czynności resuscytacyjne muszą być kontynuowane w szpitalu do czasu ogrzania pacjenta (zgodnie z powiedzeniem *You are not dead until you are warm and dead*).

W przypadku osób zanurzonych w zimnej wodzie należy stosować się do zasad bezpiecznego wyciągnięcia, które minimalizują ryzyko zjawiska *post-rescue collapse*. Najpierw trzeba przygotować koc (śpiwór) i położyć na nim

Poszkodowany w pozycji poziomej zabezpieczony przed utratą ciepła poprzez owinięcie całego ciała kocem ratunkowym Blizzard i nałożenie na głowę czapki. Dodatkowo na tułowiu rozłożono koc z panelami grzewczymi

plachtę folii, potem opracować i omówić plan działania – to o wiele lepsze rozwiązanie niż pośpieszne wyciągnięcie człowieka z wody. Po podpinięciu i chwyceniu poszkodowanego nie wolno go puścić do czasu, aż znajdzie się na łodzi. Podczas wyciągania powinien być utrzymywany w pozycji poziomej. Należy również unikać gwałtownych ruchów, które mogą wzbudzić zaburzenia rytmu serca. Niska temperatura powietrza w połączeniu z zimnym wiatrem i mokrym ubraniem powodują, że w czasie transportowania na brzeg poszkodowany nadal traci ciepło. Usunięcie mokrych ubrań i założenie suchych w tej fazie działań ratowniczych zazwyczaj jest niemożliwe. Dlatego właściwym postępowaniem będzie owinięcie poszkodowanego folią, a następnie kocami. Folia zapobiega stratom ciepła na skutek parowania i konwekcji oraz chroni warstwę izolacji termicznej przed przemoknięciem od mokrego ubrania. ■

Przemysław Osiński jest ratownikiem medycznym, magistrem zdrowia publicznego w specjalności medycyna ratunkowa, instruktorem kpp