

JOANNA KĄDZIOŁKA^{1,2}, ŁUKASZ ŻUCHOWICZ²

KRIOTERAPIA OGÓLNOUSTROJOWA – LECZNICZE
ZASTOSOWANIE ZIMNA I JEGO FIZJOLOGICZNE PODSTAWY

*GENERAL CRYOTHERAPY - THE THERAPEUTIC USE OF COLD AND ITS
PHYSIOLOGICAL BASIS*

*ОБЩЕОРГАНИЧЕСКАЯ КРИОТЕРАПИЯ - ЛЕЧЕБНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ХОЛОДА И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ*

*ЗАГАЛЬНООРГАНИЧНА КРИОТЕРАПИЯ - ЛІКУВАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ
ХОЛОДУ І ЙОГО ФІЗИОЛОГІЧНІ ПІДСТАВИ*

¹Z Zakładu Zdrowia Publicznego

Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. L. W d o w i a k

² i z Instytutu Fizjoterapii Wydziału Medycznego Uniwersytetu Rzeszowskiego

Kierownik Instytutu: dr hab. n. med. prof. UR A . W i l m o w s k a – P i e t r u s z y Ń s k a

W artykule przedstawiono szczegółowo fizjologiczne podstawy krioterapii oraz jej leczniczy wpływ na organizm człowieka.

SŁOWA KLUCZOWE: krioterapia, leczenie zimnem, termoregulacja, termoreceptory.

KE YWORDS: *cryotherapy, treatment by cold, thermoregulation thermoreceptors.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *криотерапия, лечение холодом, терморегуляция, терморепцепторы.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *криотерапія, лікування холодом, терморегуляція, терморепцептори.*

Jednymi z najpoważniejszych problemów medycyny początku XXI wieku jest wzrost liczby pacjentów przewlekle chorych i niepełnosprawnych oraz wysokie koszty bezpośrednie, pośrednie i społeczne nowoczesnego leczenia. Konieczne staje się przestrzeganie zasady indywidualizacji leczenia i jego optymalizacji środkami konwencjonalnymi z jednej strony, a z drugiej wprowadzenie konkurencyjnych metod leczniczych, które są zarazem skuteczne i tanie. Priorytetem jest zmniejszanie kosztów leczenia przy zachowaniu jego jakościowych standardów.

W tym względzie bardzo duże możliwości oferuje współczesna medycyna fizykalna, która należy do jednej z najbardziej dynamicznie rozwijających się działów medycyny. W fizykalnym postępowaniu terapeutycznym na organizm ludzki działają bodźce wyzwalające reakcje i odruchy, które pobudzają naturalne siły obronne organizmu.

Jedną z metod leczenia stosowaną od wieków, a jednak ciągle zachowującą swoją świeżość i przydatność we współczesnej praktyce klinicznej jest **krioterapia** - metoda terapeutyczna wykorzystująca skrajnie niskie temperatury. Do podstawowych jej zalet należą: prostota większości stosowanych technik mrożenia, minimalna bolesność zabiegów, oraz niskie koszty aparatury i jej eksploatacji.

Rozwój techniki w ostatnich latach umożliwił budowanie kriokomór, w których oziębieniu poddawane jest całe ciało pacjenta. Wyniki badań oceniających wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na organizm ludzki pozwoliły na wprowadzenie tej metody do leczenia wielu jednostek chorobowych. Cieszy się ona coraz większą popularnością- powoduje znaczną poprawę sprawności pacjentów, a także brak istotnych powikłań w przebiegu leczenia.

ISTOTA KRIOTERAPII

Termin – krioterapia wywodzi się z języka greckiego (cryos - mróz). Jest to nieinwazyjne zastosowanie krańcowo niskich temperatur schłodzonego powietrza, par skroplonych gazów, lokalnie lub ogólnoustrojowo schładzających powłoki ciała przez okres czasu nieprzekraczający trzech minut [20].

Gwałtowne oziębienie staje się wystarczająco silnym, lokalnym i ogólnoustrojowym bodźcem, który uruchamia miejscowe odczyny, ośrodkowe reakcje i pobudza ośrodki termoregulacyjne, a także powoduje, że ciepło zostaje usunięte z ciała, czego następstwem jest obniżenie temperatury tkanki.

Tempo i wielkość spadku temperatury zależą od rodzaju środków i zabiegów zimnolecznicych, od tkanki na którą zimno jest stosowane, od otoczenia w jakim zabieg jest wykonywany oraz od czasu jego trwania.

Krioterapia zarówno ta, która jest stosowana lokalnie na daną okolicę ciała jak i krioterapia ogólnoustrojowa, ma swój istotny wkład w kompleksową terapię takich chorób i dolegliwości jak:

- choroby reumatyczne,
- schorzenia zwyrodnieniowe pierwotne i wtórne układu ruchu,
- ostre i zastarzałe urazy (w niczym nie zaburzając, a wręcz przyspieszając procesy gojenia się obrażeń),
- rzadkie choroby autoimmunologiczne i kolagenozy,
- choroby kości z osteoporozą,
- zwalczaniu bólu przewlekłego, patologicznego u chorych leczonych zachowawczo.

Istotną rolę odgrywa również w zwalczaniu spastyczności mięśni w procesie rehabilitacji neurologicznej, w doraźnej pomocy i leczeniu wczesnych oparzeń u dzieci i dorosłych, wreszcie w odnowie biologicznej u sportowców wyczynowych, jak i też u przemęczonych fizycznie i psychicznie osób dorosłych.

Lecznicze zastosowanie krioterapii czy też ogólnie zimna wykorzystuje efekt intensyfikacji naturalnie i stale działających mechanizmów transportu ciepła przez zwiększenie gradientu temperatury tkanki. Tkanka jest, więc w tym przypadku

źródłem ciepła, a otoczenie jego odbiorcą. Utrata ciepła przez tkanki ciała może odbywać się na cztery sposoby w zależności od obiektu i materiału pochłaniającego ciepło [10, 17].

1. Pierwszą - do niedawna najszerzej stosowaną metodą leczenia zimnem było schładzanie przez przewodzenie (kondukcję) polegające na wymianie ciepła pomiędzy bezpośrednio stykającymi się ciałami. Służyło ono głównie krioterapii miejscowej i wykorzystywało takie środki jak lodowata woda, kostki lodu czy zimne okłady.

2. Drugą - schładzanie przez przenoszenie (konwekcję) ciepła z powłok ciała do otoczenia jest obecnie rzadko wykorzystywane w medycynie, głównie w przypadku wysokiej gorączki, udaru cieplnego, niektórych chorób zakaźnych czy upośledzonej termoregulacji fizycznej. Do tego typu schładzania używa się przeważnie silnych wiatraków oraz dmuchaw, które nawiewają na nagie ciało wzdłuż lub poprzek oziębione powietrze.

3. Schładzanie przez parowanie (ewapolaryzacja) wykorzystuje zasadę odparowywania lotnych płynów z powierzchni skóry, co wymaga nakładu energii termicznej. W wyniku tego obniża się temperatura powierzchni powłok ciała. W tym przypadku najczęściej używany jest chlorek etylu lub znacznie bezpieczniejszy od niego fluorometan.

4. Ostatnia - schładzanie przez promieniowanie (radiację) coraz popularniejsze w dzisiejszych czasach wykorzystuje fakt, że organizm ludzki może tracić w ten sposób znaczne ilości ciepła nawet do 55%. Na ogół promieniowanie odbywa się powoli z różną intensywnością w różnych okresach doby, i zależnie od ubrania. Zachodzi ono, tym łatwiej im większa jest przewaga temperatury ciała nad otoczeniem lub odwrotnie. W celu uzyskania różnicy temperatur, stosuje się zazwyczaj pary ciekłego azotu lub schłodzone powietrze przekazywane w postaci nadmuchu na skórę, co stymuluje uruchomienie mechanizmów termoregulacji [11, 14].

Krioterapia oprócz zastosowania pól magnetycznych i laseroterapii należy do najnowszych i najbardziej popularnych metod terapeutycznych. Wprawdzie próby leczenia zimnem podejmowane są i stosowane od wielu stuleci, jednak dopiero odkrycie możliwości uzyskania i stosowania niskich temperatur kriogenicznych rzędu -150, -200 stopni Celsjusza wprowadziło nową jakość do nowoczesnego kriolecznictwa.

METODY LECZENIA ZIMNEM. CHARAKTERYSTYKA ZABIEGÓW ZIMNOLECZNICZYCH I ICH RODZAJE.

Metody leczenia zimnem stosowane w medycynie można podzielić ze względu na uzyskiwane efekty tkankowe oraz sposób oddziaływania na pacjenta. Biorąc pod uwagę uzyskiwane efekty tkankowe wyróżnić można **kriochirurgię**, w której niską temperaturę wykorzystuje się do niszczenia chorobowo zmienionych tkanek oraz **krioterapię**, której istota działania opiera się na stymulacji różnych fizjologicznych mechanizmów pod wpływem silnego efektu klinicznego [3, 16].

W kriochirurgii wykorzystuje się działanie destrukcyjne zimna - przerywanie ciągłości tkanek wskutek zamrażania w celu ich usunięcia lub zniszczenia. Pod wpływem działania niskich temperatur na poziomie komórki dochodzi do krystalizacji wody wewnątrz i zewnątrzkomórkowej, odwodnienia komórki, zwiększenia stężenia elektrolitów w jej wnętrzu oraz denaturacji lipoprotein błony komórkowej. W tkance narażonej na oziębienie obserwuje się zwężenie drobnych naczyń tętniczych i żylnych z wtórnym zmniejszeniem wewnątrzkapilarnego ciśnienia hydrostatycznego i spadkiem przepływu krwi oraz zwiększenie jej lepkości. W wyniku tych zjawisk na obrzeżu zamrożonej tkanki naczynia są znacznie rozszerzone, co powoduje zaleganie krwi i nasila martwicę w obszarze zamrożenia [8,9]. Metoda kriochirurgii stosowana jest obecnie szeroko między innymi w dermatologii, onkologii, gastrologii, kardiologii, laryngologii, okulistyce i ginekologii.

Drugą ze stosowanych obecnie metod leczenia zimnem jest krioterapia (wykorzystująca stymulujące działanie zimna). - czyli powierzchowne stosowanie temperatur poniżej 100° C., w krótkim czasie w celu wywołania i wykorzystania fizjologicznych reakcji na zimno oraz wspomagania leczenia podstawowego i ułatwienia leczenia ruchem [7, 10, 19]. Zabiegi krioterapeutyczne można podzielić na miejscowe i całkowite (ogólne). Ze względu na czas trwania zabiegów krioterapii miejscowej możemy je podzielić na zabiegi krótkotrwałe, gdzie czas pojedynczej aplikacji zimna na skórę wynosi od 30 sekund do kilku minut, zabiegi przerywane, w których kilkunastominutowe aplikacje powtarzane są po kilkunastominutowej przerwie, oraz zabiegi długotrwałe, których czas trwania wynosi od 48 do 72 godzin. W krioterapii miejscowej stosowane są urządzenia, w których do uzyskiwania niskich temperatur wykorzystuje się ciekły azot, dwutlenek węgla, lub schłodzone powietrze [1].

Ciekły azot o temperaturze wrzenia -195,8°C. przechodzi w postać gazową za pośrednictwem grzałki znajdującej się wewnątrz zbiornika. Zabiegi prowadzone są pod kontrolą wzrokową, ze szczególnym zwróceniem uwagi na kolor skóry. Pojawienie się zblednięcia, zasinienia, czy objawu "pomarańczowej skórki" jak również uczucia pieczenia lub bólu stanowi wskazanie do przerywania zabiegu. W trakcie zabiegu terapeuta powinien wykonywać dyszą okrężne ruchy tak, aby nie aplikować zimna na tą samą okolice, ponieważ grozi to odmrożeniem. Czas trwania zabiegu stosowanego na jedną okolice ciała wynosi od 30 sekund do 3 minut.

Zastosowanie natomiast dwutlenku węgla w miejsce azotu umożliwia uzyskanie u wylotu dyszy temperatury około -78 stopni Celsjusza. Metodyka przeprowadzenia zabiegu jak również zasady bezpieczeństwa są podobne jak przy wykorzystaniu par azotu. Jednak ze względu na wyższą temperaturę czynnika schładzającego czas trwania pojedynczego zabiegu wynosi zwykle około 6 minut.

Warto również wymienić inne metody, które nie są krioterapią w nowoczesnym rozumieniu tego słowa. Zaliczyć do nich można: okłady plastikowymi woreczkami wypełnionymi kostkami lodu, które utrzymują temperaturę około 0°C. nawet przez godzinę. Pojedynczy zabieg trwa tak długo jak długo kostki lodu pozostają w stanie skupienia a więc do czasu ich rozpuszczenia się. Efekt działania tej

metody widoczny jest już po upływie 20 minut. Alternatywą dla kostek lodu w plastikowych woreczkach jest schłodzony żel silikonowy, który po schłodzeniu doskonale nadaje się do obniżenia temperatury bolącego i obrzękniętego miejsca na przykład stawu czy mięśnia. Temperaturę, jaką można uzyskać w tym zabiegu obejmuje zakres od -5 do 0 stopni Celsjusza, czas zabiegu to 20-30 minut. Wskazane jest ułożenie gazy lub papierowego podkładu pod czynnikiem, schładzającym ze względu na większe prawdopodobieństwo wystąpienia odmrożeń.

Stosowany głównie w medycynie sportowej masaż kostką lodu polega na masażu ścięgien, mięśni lub więzadeł w przypadku przeciążenia układu kostnow stawowego oraz bolesnego napięcia mięśni. Zalecany czas trwania pojedynczego zabiegu wynosi kilka (3-5) minut z 10-sekundowymi przerwami pomiędzy kolejnymi zabiegami [12, 18].

Celem obniżania nadmiernej spoczynkowej aktywności mięśniowej stosuje się (głównie u pacjentów ze schorzeniami układu nerwowego) kąpiele w śniegu polegające na wielokrotnym zanurzeniu chorych części ciała w pojemniku z częściowo roztopionym śniegiem. Czas pojedynczego zanurzenia wynosi 3 -5 sekund.

Do zmniejszenia nadmiernego napięcia mięśniowego wykorzystywane są również zabiegi polegające na stosowaniu wilgotnych, bawełnianych ręczników odpowiednio schłodzonych. Czas trwania zabiegu wynosi 5-10 minut.

Szerokie zastosowanie mają również aerozole oziębiające. Zabieg polega na zraszaniu powierzchni skóry substancjami lotnymi, które w normalnych warunkach atmosferycznych mocno parują pobierając ciepło ze skóry i głębiej leżących tkanek. Jedynym minusem stosowania tych substancji jest ryzyko odmrożenia, a nawet martwicy tkanki skórnej, dlatego czas trwania jednorazowej aplikacji wynosi tylko 5 sekund. Nie należy wykonywać tego zabiegu na błonach śluzowych i otwartych ranach. Krioterapia przy użyciu peloidów to kolejny rodzaj krioterapii po uprzednim ich schłodzeniu. Przykładem może być borowina, która z powodu złego przewodnictwa cieplnego i swojej plastyczności idealnie nadaje się do lokalnego odbierania ciepła z tkanek.

Najbardziej jednak przystępne są jednorazowe kompresy chłodzące w postaci woreczków zawierających substancje, które po zmieszaniu wywołują reakcję endotermiczną na przykład po uderzeniu ręką w woreczek. Czas trwania zabiegu wynosi około 30 minut.

MECHANIZMY TERMOREGULACJI W WARUNKACH ODDZIAŁYWANIA NISKICH TEMPERATUR

W fizykalnym postępowaniu terapeutycznym, do którego obok terapii zimnem zalicza się również inne metody, najważniejsze jest oddziaływanie na organizm różnego rodzaju bodźców, na które odpowiedzią są układowe i narządowe reakcje oraz odruchy pobudzające naturalne siły obronne organizmu. Termoregulacja to adaptacja do zmieniających się warunków środowiska zewnętrznego

i wewnętrznego. Po zastosowaniu krioterapii jest ona u człowieka szczególnym zjawiskiem, aczkolwiek stosunkowo rzadko poruszanym, ponieważ nie istnieją jeszcze dokładne opisy tego fenomenu.

Stałocieplność ustroju ludzkiego, czyli homeotermia dotyczy tylko jam ciała, czaszki, klatki piersiowej, jamy brzusznej i ich narządów oraz krwi. Skóra i kończyny są zmiennie ciepłe, czyli poikilotermiczne.

Zmiennocieplność skóry i naczyń odgrywa w praktyce niezwykle ważną rolę, warunkuje, bowiem stałocieplność jam ciała, głównie poprzez zmiany w zakresie czynności układu krążenia, a w szczególności mikrokrażenia oraz intensywności metabolizmu znajdujące się pod kontrolą ośrodków termoregulacji [2].

Organizm człowieka jako stałocieplny utrzymuje wewnętrzną temperaturę w wąskim zakresie około 37,2°C., a dobowe jej wahania mieszczą się między 0,5 a 0,7°C. niezależnie od zmieniających się termicznych warunków środowiska [6].

W trakcie zabiegu krioterapii ogólnoustrojowej w komorze kriogenicznej spadek temperatury tułowia wynosi około 3 stopni Celsjusza, natomiast kończyn aż 12 stopni. Wynika to z odmiennych mechanizmów termoregulacji tych okolic ciała oraz z różnicy temperatur panujących w komorze kriogenicznej na poziomie stóp i tułowia, która wynosi około 10°C.

Największą utratę ciepła wykazują te części ciała, które mają stosunkowo dużą powierzchnię w stosunku do swojej objętości głównie chodzi tu o kończyny a zwłaszcza palce stóp i rąk. Wartość utraty ciepła w palcach jest prawie 10 - krotnie większa niż w tułowiu.

Pomimo zmiany temperatury struktur powierzchniowych ciała, temperatura narządów klatki piersiowej, jamy brzusznej, wnętrza czaszki oraz krwi pozostaje stała dzięki temu, że w czasie zabiegu krioterapii ogólnoustrojowej dochodzi do centralizacji krążenia, czyli ograniczenia przepływu krwi na obwodzie, co chroni narządy wewnętrzne przed oziębieniem.

Podstawę zmysłu temperatury są termoksteroreceptory, które pozwalają człowiekowi na odczuwanie komfortu bądź dyskomfortu termicznego bardzo różnego w sensie temperaturowym zależnie od warunków otoczenia.

Najważniejszym zadaniem termoksteroreceptorów jest przekazywanie drogami dośrodkowymi impulsów nerwowych do podwzgórza, które jest ośrodkiem kierującym wszystkimi wegetatywnymi i większością hormonalnych funkcji ustroju ludzkiego. W efekcie zostają uruchomione mechanizmy powodujące wytwarzanie lub oddawanie ciepła przez ustrój. Tak, więc wszystkie zjawiska termoregulacji w organizmie pozostają pod nadrzędną kontrolą podwzgórza pełniące funkcje "termostatu biologicznego"[20].

Jego działanie pośrednio zależne jest od stosunku stężenia jonów Ca⁺⁺ i Na⁺. Wzrost stężenia jonu sodowego powoduje powstanie w organizmie odczynu gorączkowego, natomiast zwiększenie stężenia jonu wapniowego powoduje przestawienie ciepłoty ciała na niższą od normalnej.

Efektom uaktywnienia się ośrodków podwzgórza jest uruchomienie szeregu mechanizmów regulacyjnych, które można podzielić na dwie grupy to jest **termoregulację chemiczną i fizyczną**. Głównymi efektorami termoregulacji fizycznej są układ krążenia i gruczoły potowe, a efektorami termoregulacji

chemicznej przede wszystkim mięśnie szkieletowe, wątroba i tkanka tłuszczowa (zwłaszcza brunatna).

Termoregulacja chemiczna polega na produkcji endogennego ciepła, którego głównym źródłem jest motoryczna aktywność mięśni lub ich widzialne i niewidzialne drżenie. Chodzi tutaj o produkcję, która przekracza potrzeby podstawowej przemiany materii. Skurcze mięśniowe są bardzo wydajną metodą produkcji ciepła i są one podstawą tak zwanej termogenezy drżeniowej. Nasilenie tego procesu zależy od temperatury otoczenia i czasu ekspozycji organizmu na zimno. Źródłem energii drżenia mięśniowego jest rozpad ATP do ADP i fosforanu nieorganicznego. Szybko powstający ADP przyspiesza utlenianie substratów w mitochondriach. Podstawowym substratem energetycznym dla pracy mięśni są węglowodany, lecz w przypadku działania niskich temperatur źródłem energii mogą być również lipidy.

W niskiej temperaturze otoczenia zwiększa się aktywność układu adrenergicznego oraz następuje uwalnianie amin katecholowych, glukagonu i trójiodotyroniny. Hormony te działając na tkanki i narządy organizmu głównie na wątrobę i brunatną tkankę tłuszczową, mogą być przyczyną przyspieszonego ich metabolizmu i co za tym idzie zwiększonego wytwarzania ciepła na drodze bezdrżeniowej. Charakterystyczną właściwością brunatnej tkanki tłuszczowej jest bardzo duża liczba mitochondriów i bogate unerwienie współczulne. W tkance tej wykryto peptyd termogeninę, który znacznie nasila wytwarzanie ciepła. Dla utrzymania homeostazy w odpowiedzi na niską temperaturę wymagana jest zwiększona synchronizacja układu sercowo-naczyniowego i wewnątrzwydzielniczego oraz procesów metabolicznych.

U organizmów stałocieplnych zachowanie stałej temperatury ciała warunkuje optymalny przebieg metabolizmu komórek, głównie reakcji enzymatycznych, których aktywność zależy od temperatury komórki. Oddawanie ciepła przez ustrój lub jego gromadzenie odbywa się z kolei na drodze fizycznej i nosi nazwę termoregulacji fizycznej. Kierunek przepływu ciepła zależy od gradientu temperatury ustroju i jego otoczenia w sensie atmosfery, przedmiotów i obiektów, które albo same stają się źródłem ciepła, albo odbiorcą, gdy źródłem ciepła stają się tkanki.

Reakcje biologiczne związane z działaniem zimna na organizm przebiegają dwufazowo. W pierwszej fazie reakcje sterowane są przez współczulną część autonomiczną układu nerwowego. Są to reakcje obronne chroniące tkanki przed utratą ciepła poprzez zwężenie naczyń krwionośnych, co powoduje mniejszy przepływ krwi i ogranicza oddawanie ciepła otoczeniu. Skurcz naczyń skóry i tkanki podskórnej przemieszcza krew do tkanek leżących głębiej, zwiększając przepływ krwi przez duże naczynia żyłne i tętnicze. W ten sposób ciepło niesione z jej prądem nie dociera do naczyń powierzchniowych, co stanowi mechanizm ochronny przed utratą ciepła. Gorsze zaopatrzenie tkanek w tlen w procesach przemiany materii, powoduje lokalne zmiany polegające na obniżeniu poziomu procesów metabolicznych. Bardzo szybko następuje druga faza sterowana przez część parasympatyczną układu nerwowego. Dochodzi do rozszerzenia naczyń krwionośnych, skóra przybiera barwę różową, następuje zmniejszenie napięcia

mięśniowego oraz spadek ciśnienia tętniczego i żylnego krwi. Kiedy gra naczyniowa jest prawidłowa, stwierdza się naprzemienne zwężenie i rozszerzenie naczyń krwionośnych. Mechanizm ten nazywany jest zjawiskiem *Lewisa* lub falą *Lewisa*.

Do fizjologicznych mechanizmów efektorowych zabezpieczających organizm przed wychłodzeniem, wchodzących w zakres termoregulacji fizycznej należy skurcz obwodowych naczyń krwionośnych. Zwężeniu naczyń krwionośnych skóry towarzyszy przemieszczenie krwi do głębiej położonych naczyń, co prowadzi do zwiększenia objętości tzw. krwi centralnej. Przemieszczenie krwi z żył powierzchownych do żył głębokich, które przebiegają w sąsiedztwie tętnic i gdzie krew ma stosunkowo wysoką temperaturę powoduje ogrzanie chłodnej krwi żylniej. Pozwala to zachować ciepło wewnątrz organizmu. Zmniejszeniu utraty ciepła sprzyja również zmniejszenie powierzchni ciała poprzez przyjęcie odpowiedniej pozycji (skulenie się), z czym wiąże się wzrost napięcia mięśni prowadzący do wzmożonej pracy mięśniowej i wtórnego wytwarzania ciepła. Przy uwzględnieniu warunków panujących w komorach kriogenicznych ważnym czynnikiem obronnym przed nadmiernym działaniem zimna jest aktywny ruch powodujący zwiększone wytwarzanie ciepła.

Stale lub powtarzające się działanie zimna na organizm jest przyczyną korzystnych zmian fizjologicznych, wśród których na uwagę zasługują trzy podstawowe rodzaje adaptacji do zimna. Są to:

- adaptacja hipotermiczna polegająca na adaptacyjnym zmniejszaniu wytwarzania ciepła i obniżeniu temperatury wewnętrznej bez odczuwania dyskomfortu,
- adaptacja izolacyjna powstaje w wyniku zwiększenia grubości tkanki tłuszczowej i rozwoju zdolności naczyń obwodowych do skurczu,
- adaptacja metaboliczna, która jest wynikiem dłuższego utrzymywania się lub powtórnym pojawieniu się brunatnej tkanki tłuszczowej.

Wszelkie procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w ustroju są, więc w większym lub mniejszym stopniu zależne od temperatury. Temperatura ma wpływ na procesy metabolizmu, transportu, wielkość potencjałów bioelektrycznych, szybkość reakcji chemicznych oraz trwałość powstających w organizmie związków biochemicznych

USTROJOWE SKUTKI SCHŁADZANIA CAŁEGO ORGANIZMU

Podstawowym efektem oddziaływania zimna na organizm w trakcie krioterapii ogólnoustrojowej jest obniżenie ciepłoty skóry, nawet o kilka stopni Celsjusza. Na początku zabiegu po zaaplikowaniu zimna następuje gwałtowny spadek temperatury skóry i tkanek podskórnych, obniża się również temperatura mięśni ale znacznie wolniej. Dochodzi do tego wskutek skurczu naczyń, który utrzymuje się jeszcze przez około 1 minutę [4]. Skurcz ten jest spowodowany zmniejszeniem przepływu krwi i przewodnictwa cieplnego tkanek powierzchniowych.

Obniżona temperatura skóry zbliża się do temperatury otoczenia, co z kolei powoduje zmniejszenie utraty ciepła na drodze przewodzenia, przenoszenia i promieniowania. Zmienia się tempo przemiany materii oraz czynność gruczołów dokrewnych. Objawia się to między innymi drżeniem mięśniowym, które z energetycznego punktu widzenia jest skutecznym sposobem dostarczania ciepła. Ilość uzyskanego w ten sposób ciepła 2-3 krotnie przekracza podstawową przemianę materii [6]. Z drugiej strony podczas drżenia mięśniowego następuje zwiększenie utraty ciepła na drodze konwekcji. Uzyskane w ten sposób ciepło jest więc niemal całkowicie tracone. Obok drżenia mięśniowego ważnym efektem obserwowanym w trakcie zabiegu jest redukcja przemiany materii o około 50% [15]. Wynikiem tego jest zmniejszone zapotrzebowanie energetyczne tkanek oraz związany z tym spadek popytu na tlen.

Całkowicie odwrotne reakcje występują po zabiegu. Reasumując powrót ciepłoty skóry następuje mniej więcej po 14 minutach, a jej stała to jest 35 stopni Celsjusza utrzymuje się niemal przez 90 minut [6]. Około 4 minuty po zabiegu występuje rozszerzenie naczyń krwionośnych, które może osiągnąć 4-krotnie większą wartość niż przed zabiegiem oraz utrzymywać się przez ponad kilka godzin. Pociąga to za sobą znaczny wzrost ukrwienia narządów wewnętrznych. Kilku godzinne przekrwienie w obrębie tkanek sprzyja nie tylko lepszej przemianie materii, ale i eliminacji nagromadzonych tam szkodliwych produktów metabolizmu. Sprawne mikrokążenie gwarantuje optymalne ciśnienie śródtkankowe i drenaż chłonny przestrzeni międzykomórkowej, co z kolei jest warunkiem ustępowania obrzęków. Wszystkie te reakcje w połączeniu z kinezyterapią są przyczyną zmniejszania się obrzęków i poprawy zakresu ruchu w chorych, kontuzjowanych czy uszkodzonych stawach. Innym ważnym następstwem ukrwienia tkanek jest wzrost stężenia tlenu w mięśniach co wywołuje obniżenie ilości mleczanów i histaminy, wzrost koncentracji bradykininy i angiotensyny, w rezultacie czego odczuwane jest znaczne złagodzenie bólu. Znamienny jest wpływ zimna, jako czynnika przeciwbólowego na przewodnictwo nerwowe niektórych włókien bezzmielinowych. Udowodniono, że hipotermia obniża prędkość przepływu impulsów nerwowych średnio o 1,2–2 m/s/stopni Celsjusza przy schłodzeniu włókna do około 18° C.[13] Efektem tego zjawiska jest zmniejszenie reakcji odruchowych całego ciała oraz podwyższenie progów bólu.

Godnym podkreślenia jest fakt, że zabiegi krioterapii wpływają i jednocześnie pobudzają "endogenne układy opiatowe", co powoduje wzmożone uwalnianie beta – endorfin z preoksymelanokortyny. Bezbolesność wywołana krioterapią umożliwia znacznie większą intensywność leczenia ruchem. Krańcowe zimno powoduje także, być może poza zwolnieniem przewodnictwa czuciowego i wegetatywnego, także zwolnienie przewodnictwa ruchowego oraz pewną blokadę płytki motorycznej. Bezpośredni, relaksacyjny wpływ na tkanki mięśniowe, nie powoduje zmniejszenia ich siły, ale w połączeniu ze stłumioną odruchową reakcją głównie rdzenia kręgowego oznacza zmniejszenie spastyczności mięśni. Jest to kolejny czynnik ułatwiający skuteczne stosowanie ruchu zwłaszcza

w chorobach neurologicznych, neurochirurgicznych i przede wszystkim ortopedycznie – urazowych.

Zarówno efekt analgetyczny jak i efekt relaksacyjny krioterapii miejscowej jak i całego ciała utrwalają się na pewien czas po serii zabiegów, na okres trwający pół roku. Powtarzanie serii zabiegów czyni te okresy coraz dłuższymi. Kolejnym zauważalnym efektem długotrwałego działania zimna jest wzrost wydzielania hormonów nadnerczy oraz tarczycy, a także zwiększenie metabolizmu komórkowego. Niskie temperatury nie powodują niepożądanych zmian w krążeniu krwi. Badania dowodzą, że po krioterapii całego ciała nie zachodzą żadne negatywne zmiany w zapisie EKG metodą *Holtera* zarówno w częstotliwości skurczów serca, jak i wahań w ciśnieniu tętniczym krwi.

Na szczególną uwagę zasługują również zmiany w morfologii krwi występujące po krioterapii ogólnoustrojowej. Badania przeprowadzone po dwóch tygodniach od korzystania z zabiegu wykazują wzrost poziomu hemoglobiny, leukocytów oraz płytek krwi w porównaniu z wartościami początkowymi. Nigdy nie zdarzyło się jednak, by poziom ten przekroczył górną granicę normy[10].

Kolejne korzystne działanie niskich temperatur objawia się zmniejszeniem napięcia mięśniowego. Fizjologiczny mechanizm obniżania tego napięcia wskutek ochłodzenia tkanek nie jest do końca poznany. Prawdopodobnie jest on związany ze zmniejszeniem szybkości przewodnictwa nerwowego i obniżeniem reaktywności obwodowych zakończeń czuciowo – ruchowych, w tym również odpowiedzialnych za regulację napięcia mięśniowego swoistych receptorów – aparatów *Golgiego* w ścięgnach i wrzecionach nerwowo – mięśniowych w mięśniach [5]. Uzyskane na tej drodze obniżenie napięcia mięśniowego sprzyja postępowaniu kinezyterapeutycznemu.

Zadziwiająco korzystny jest również wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na psychikę osób poddanych leczeniu. Znika uczucie zmęczenia, pacjenci są rozluźnieni i wypoczęci. Poprawa nastroju może sięgać od euforii do błogostanu, pacjenci wykazują także większą chęć do wykonywania ćwiczeń, której w większości przypadków brakowało im przed zabiegami krioterapii.

Osoby cierpiące na depresję uzyskiwały w dużym stopniu tzw “pogodę ducha”. Zdarzają się również pacjenci cierpiący na bezsenność, aczkolwiek nie była ona bezpośrednią przyczyną skierowania ich przez lekarza na zabiegi krioterapii ogólnoustrojowej. Również u nich występowała znaczna poprawa w tym zakresie.

Warto jest także przedstawić antyoksydacyjny wpływ krioterapii, jest on również znaczącym skutkiem klinicznym zabiegu. Wolne rodniki tlenowe wywierają niszczycielskie działanie na organizm w każdym urazie, ostrym i przewlekłym zapaleniu, niedotlenieniu i zakwaszeniu. Reprezentują one biochemię starzenia się, zaniku masy tkankowej i utraty przez tkanki ich struktury i elastyczności jak również rozrzedzenia masy kostnej. Krańcowo niskie temperatury niszczą wolne rodniki nie tylko wpływają na poprawę stanu pacjenta w wyżej wymienionych przypadkach, ale również dzięki tej reakcji powodują spowolnienie procesu starzenia skóry, jej odmłodzenie oraz znaczną poprawę wyglądu. Bardzo istotne i interesujące zarazem jest to, że uzyskanie wszystkich wymienionych odczynów i efektów terapeutycznych w postaci działania

przeciwbólowego, przeciwobrzękowego, przekrwienego, a także zmniejszenia napięcia mięśni oraz poprawy ich siły, nie musi odnosić się tylko i wyłącznie do miejsc objętych krioterapią. Efekt systemowy obserwuje się również w miejscach oddalonych od pola zabiegowego. Ważne jest, że wszystkie reakcje organizmu występują głównie w czasie tak zwanego "reboundu" [5], czyli po zaprzestaniu działania zimna, a wszystkie łącznie stanowią o działaniu leczniczym tej formy terapii (5).

J. Kądziołka, Ł. Żuchowicz

GENERAL CRYOTHERAPY - THE THERAPEUTIC USE OF COLD AND ITS PHYSIOLOGICAL BASIS

S u m m a r y

The term cryotherapy comes from Greek (cryo meaning cold). This is a non-invasive use of extremely cold air or vapours of condensed gases, which locally or systemically cool the body coverings for a period not exceeding three minutes.

In physical therapy, the effect of the stimuli to which the response are systemic and organ-specific reactions enhancing the natural immunity of the body.

Two basic methods of treatment by cold are distinguished: cryosurgery and cryotherapy. Cryotherapy may be divided into local and general.

The following symptoms are clinically observed as a result of cryotherapy: complete relieve or reduction of pain, hyperemia of cooled sites, atonia of healthy muscles and increase in their strength. The result of the procedure is also an analgesic and anti-edematous effect, as well as stimulation of the immune system. Clinical symptoms are accompanied by an increase in the levels of important hormones and modulators in blood plasma.

И. Кондзёлка, Л. Жухович

ОБЩЕОРГАНИЧЕСКАЯ КРИОТЕРАПИЯ - ЛЕЧЕБНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДА И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ

А н н о т а ц и я

Термин - криотерапия происходит от греческого языка (cryos = холод). Это применение крайне низких температур охлаждённого воздуха, паровых капель газов, местно или обще охлаждающих покров тела в течении времени не превышающего трёх минут.

В терапевтических действиях самым главным является воздействие на организм импульсов, в ответ на которые реагируют системы и органы побуждающие натуральные защитные силы организма.

Выделяют два основных метода лечения холодом: криохирургию и криотерапию. Криотерапию мы можем разделить на местную и общую.

После криотерапевтической процедуры клинически подтверждено снижение болевых ощущений или их отсутствие, гиперемии охлажденных мест, расслабление здоровой мускулатуры и увеличение её сил. Эффектом процедуры является также обезболивающее, противоотечное, побуждающее действие иммунной системы. Клиническим симптомам лабораторно сопутствует увеличенные концентрации важных гормонов и модуляторов.

I. Кондзёлка, Л. Жуховіч

ЗАГАЛЬНООРГАНІЧНА КРІОТЕРАПІЯ - ЛІКУВАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДУ І ЙОГО ФІЗІОЛОГІЧНІ ПІДСТАВИ

А н о т а ц і я

Термін - криотерапія походить від грецької мови (cryos = холод). Це вживання у край низьких температур охолодженого повітря, парових крапель газів, місцево або загально, що охолоджують покрив тіла в перебігу часу того, що не перевищує трьох хвилин.

У терапевтичних діях найголовнішою є дія на організм імпульсів, у відповідь на які реагують системи і органи спонукаючи натуральні захисні сили організму.

Виділяють два основні методи лікування холодом: криохірургію і криотерапію. Криотерапію ми можемо розділити на місцеву і загальну.

Після криотерапевтичної процедури клінічно підтверджено зниження больових відчуттів або їх відсутність, гіперемію охолоджених місць, розслаблення здорової мускулатури і збільшення її сил. Ефектом процедури є також знеболююча, протинабрякла, спонукаюча дія імунної системи. Клінічним симптомам лабораторно супроводить збільшення концентрації важливих гормонів і модуляторів.

PIŚMIENNICTWO

1. Adamowicz B., Bohdziewicz J., Jezierski Cz., Strychalski G.: Zastosowanie serii aparatów typu Kriosan w leczeniu niskimi temperaturami, Fizjoterapia 1994, 2, (3), 33-34.

2. Bauer J., Skrzek A.: Fizjologiczne podstawy krioterapii, Medycyna Sportowa Wrocław 1999.

3. Fricke R.: Lokale Kaltlufttherapie – eine weitere Kryoterapeutische Behandlungsmethode, 1984, 13, 260-270.

4. Gieremek K.: Przegląd metod kriostymulacyjnych stosowanych w zwalczaniu spastyczności, Fizjoterapia t.2, 2, 1994.

5. Gomułka W.S., Rewerski W.: Terapia bólu, PZWL Warszawa 1989.

6. Jonderko G.: Fizjologiczne mechanizmy zabezpieczające ustrój człowieka przed utratą ciepła z uwzględnieniem implikacji krioterapeutycznych, I Konferencja Naukowo – Szkoleniowa Polskiego Stowarzyszenia Kriomedycznego – Goczałkowice Zdrój 1987.

7. Kasperczyk T., Bator A.: Trening zdrowotny z elementami fizjoterapii, AWF Kraków 2000.

8. Kaźmierowski M.: Kriochirurgia w chorobach skóry, Wydawnictwo Czelej Lublin 1997.

9. Kaźmierowski M.: Wyniki leczenia kriochirurgicznego ciekłym azotem i podtlenkiem azotu raków i stanów przedrakowych skóry, Postępy Dermatologii 2000.

10. Książkowska – Pietrzak K.: Miejsce krioterapii w leczeniu chorób narządu ruchu – mechanizm działania, wskazania, przeciwwskazania, Acta Bio – Optica et Informatica Medica, 2 (3-4), 157, 1996.

11. Löffler G., Petrides P.E., Weiss L., Harper H.A.: Physiologische Chemie 2, Spinger Berlin 1979.

12. Łukaszewicz P., Hübner – Woźniak E.: Zastosowanie masażu lodem w treningu zapasników, Medycyna Sportowa Wrocław 1999.

13. Magiera L., Walaszek R.: Masaż sportowy z elementami odnowy biologicznej, Wydawnictwo Biosport Kraków 2003.

14. Mika T.: Fizykoterapia, PZWL Warszawa 1993.

15. Schröder D., Anderson M.: Kryo und Thermotherapie. Grundlagen und praktische Anwendung, Gustaw Fischer Verlag Stuttgart 1995.

16. Sieroń A., Cieślak G.: Zastosowanie zimna w medycynie – kriochirurgia i krioterapia, Wydawnictwo &-medica press Bielsko – Biała 2003.

17. Straburzyński G., Straburzyńska – Lupa A.: *Medycyna Fizykalna*, PZWL Warszawa 2000.
18. Strzelczyk P.: Krioterapia w leczeniu i rehabilitacji urazów sportowych, *Sport Wyczynowy* 1996, 107-113, 383-384.
19. Tomaszewski W., Kurek J.: Krioterapia – skuteczna metoda w leczeniu i rehabilitacji urazów i schorzeń narządu ruchu, *Medycyna Sportowa* Wrocław 1997.
20. Zagrobelny Z.: Lecznicze zastosowanie zimna, *Acta Bio – Optima et Informatica Medica* vol.2 Wrocław 1996.

Data otrzymania: 21.09.2007.

Adres Autorów: 35-301 Rzeszów, ul. Morgowa 27.