

Politechnika Wroclawska  
Instytut Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów  
Zakład Kriogeniki i Technologii Gazowych

## **LABORATORIUM Z PODSTAW KRIOGENIKI**

### **KRIOMEDYCyna**

Dr hab. inż. Maciej Chorowski, prof. PWr  
Mgr inż. Agnieszka Piotrowska

## **Cel ćwiczenia**

Wyznaczenie efektywności zabiegu kriochirurgicznego. Zabieg wykonany jest metodą natryskową i kontaktową. Urządzenie zasilane ciekłym azotem.

## **Wprowadzenie**

Leczenie zimnem jest najstarszą formą leczenia. Już 2500 lat p.n.e. Egipcjanie stwierdzili, że zimno działa uśmierzająco na miejsca urazu i ma działanie przeciwzapalne. Współczesne technologie pozwalają na uzyskiwanie dużo niższych temperatur niż ta, jaką zapewniał okład ze śniegu lub lodu.

Każdy z nas z własnego doświadczenia wie, że „zimno” łagodzi ból, zmniejsza obrzęk oraz krwawienie. Dodatkową zaletą jest fakt, że działanie to nie wywołuje skutków ubocznych oraz nie obciąża układu krążenia. Niska temperatura w postaci lodu, kompresów lub sprayów stosowana jest z powodzeniem zarówno w leczeniu doraźnym jak i w leczeniu ambulatoryjnym.

Ze względu na niską temperaturę wrzenia kriociecze znalazły zastosowanie przede wszystkim w leczeniu operacyjnym (kriochirurgia), rehabilitacji (krioterapia) a także w diagnostyce (rezonans magnetyczny – chłodzenie magnezu nadprzewodzącego ciekłym helem). Długotrwałe przechowywanie preparatów biologicznych nie byłoby możliwe bez użycia ciekłego azotu. N<sub>2</sub>, który zapewnia bardzo niską temperaturę a przy tym jest czynnikiem neutralnym oraz chemicznie obojętnym. Stosunkowo niska temperatura wrzenia oraz bakteriostatyczność dwutlenku węgla umożliwiła transport materiałów biologicznych (krew, organy) przyczyniając się do rozwoju transplantologii.

## **KRIOTERAPIA**

Dostępność czynników kriogenicznych spowodowała rozwój jednej z metod rehabilitacji – krioterapii. Termin „krioterapia” odnosi się do działań leczniczych mających na celu obniżenie temperatury powierzchni ciała. Działanie zimna nie powoduje destrukcji tkanek. Celem zabiegu krioterapeutycznego jest stymulacja mechanizmów fizjologicznych organizmu pod wpływem silnego bodźca, którym jest zimno dla uzyskania określonego efektu klinicznego. W celu pobudzenia układu obronnego cały organizm lub jego fragment poddaje się działaniu bardzo niskiej temperatury. Krioterapię dzieli się ze względu na rozległość oddziaływania niskiej temperatury:

1. Zabieg miejscowy – obejmuje niewielką powierzchnię ciała, np. staw.
2. Zabieg ogólnoustrojowy – obejmuje całe ciało.

Zabieg miejscowy można wykonać różnymi metodami. Zalicza się do nich:

1. Okłady woreczkami z lodem, zamrożonym żelem silikonowym bądź roztworem soli.
2. Częściowa kąpiel w wodzie z lodem.
3. Masaż lodem.
4. Zraszanie sprayami oziębiającymi.
5. Ochładzanie metodą kontaktową – urządzenie termoelektryczne.
6. Nadmuchiwanie parami azotu (temperatura gazu u wylotu z dyszy może wynosić od - 160°C do - 196°C).



A



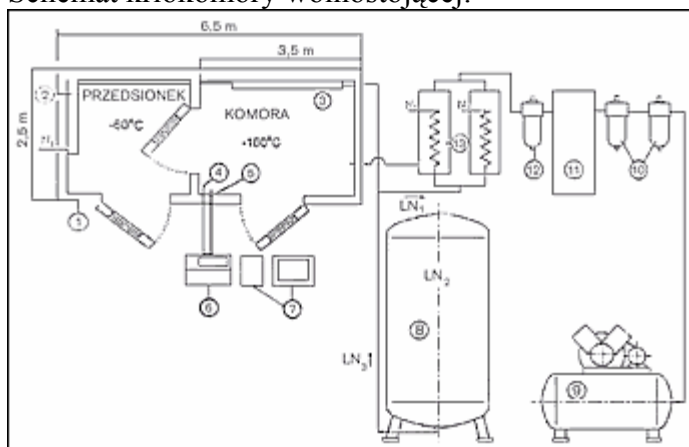
B

Miejscowy zabieg krioterapeutyczny (A: wykonywany w Creator, Wrocław).

7. Nadmuchi mieszanią par azotu i schłodzonego powietrza atmosferycznego (temperatura mieszanki gazów u wylotu z dyszy może wynosić od  $-100^{\circ}\text{C}$  do  $-178^{\circ}\text{C}$ ).
8. Nadmuchi zimnym powietrzem (temperatura gazu u wylotu z dyszy może wynosić od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $-34^{\circ}\text{C}$ ).

Zabieg krioterapeutyczny obejmujący całe ciało nazywamy krioterapią ogólnoustrojową lub krócej ogólną. Wykonuje się go w kriokomorze. Zabieg początkowo trwa pół minuty. Każdy kolejny jest stopniowo wydłużany. Maksymalny czas przebywania człowieka w kriokomorze wynosi 3 minuty. W ostatnich latach gwałtownie wzrosło zainteresowanie leczeniem zimnem. Przyczyniło się to do powstania różnych rozwiązań technicznych kriokomór. W dniu dzisiejszym ze względu na różnice w budowie możemy wyróżnić kriosaunę, kriokomorę wolnostojącą oraz kriokomorę wejściowo – zejściową (z zaleganiem chłodu).

Schemat kriokomory wolnostojącej:



1. Komora
2. Wymiennik przedsionka
3. Wymiennik komory
4. Czujnik temperatury
5. Czujnik koncentracji tlenu
6. Sterownik
7. Komputer
8. Zbiornik LN<sub>2</sub> 5000 L
9. Kompresor
10. Filtry wstępne
11. Osuszacz absorpcyjny
12. Filtr końcowy
13. Kriooczyszczalniki

Kriokomora wolnostojąca składa się z dwóch części: przedsionka o temperaturze  $-60^{\circ}\text{C}$  oraz części właściwej, gdzie panuje temperatura od  $-120$  do  $-160^{\circ}\text{C}$ . Może z niej korzystać równocześnie 5 - 6 osób. W 1978 r. w Japonii powstała pierwsza w świecie komora niskotemperaturowa, którą zastosowano do leczenia chorych z reumatoidalnym zapaleniem stawów. Koncepcja krioterapii ogólnoustrojowej przewędrowała następnie do Niemiec. Pierwszy polski prototyp komory kriogennej powstał w roku 1989 w Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Była ona drugą w Europie i trzecią w świecie.



Kriokomora, zbiornik z ciekłym azotem, Creator Wrocław

## KRIOCHIRURGIA

Czynniki kriogeniczne charakteryzują się dużą wartością ciepła parowania. Oznacza to, że podczas przemiany fazowej ciekły krioczynnik pobiera z otoczenia stosunkowo dużą ilość energii. Własność ta została wykorzystana w celu niszczenia tkanek objętych zmianami chorobowymi. Metoda leczenia polegająca na miejscowym, kontrolowanym niszczeniu zainfekowanych komórek poprzez działanie na nie niskimi temperaturami określana jest kriochirurgią.

Zabieg kriochirurgiczny może być wykonywany jedną z trzech metod:

### 1. Metoda wykorzystująca bezpośrednio odparowanie czynnika.

Zabieg wykonuje się za pomocą wacików nawiniętych na drewniane pałeczki i zanurzonych w cieczy kriogenicznej. Wacik staje się „zbiorniczkiem” czynnika. Zetknięcie go ze skórą spowoduje gwałtowne odparowanie ciekłego czynnika pod wpływem ciepła odbieranego od tkanki. Jest to najprostsza metoda zabiegu. Ze względu na ograniczoną, przez „pojemność” wacika objętość odparowującej cieczy metodę tę stosuje się w przypadku zmian łagodnych i płytkich. Natomiast dostępność oraz cena azotu zdecydowała o zastosowaniu tego czynnika.

### 2. Metoda natryskowa.

Zabieg metodą natryskową polega na aplikowaniu ciekłego czynnika bezpośrednio na powierzchnię tkanki. Rozpylona ciecz kriogeniczna odparowuje, obniżając temperaturę powierzchni skóry. Do jej zastosowania niezbędne jest wytworzenie ciśnienia w urządzeniu terapeutycznym. Czynnikiemami roboczymi urządzeń kriochirurgicznych są azot, podtlenek azotu oraz dwutlenek węgla. Metoda ta jest najczęściej wykorzystywana ze względu na pozytywny efekt zabiegowy.

### 3. Metoda kontaktowa.

Zabieg metodą kontaktową wymaga zastosowania zamkniętego aplikatora. W jego przestrzeni przepływa ciekły krioczynnik, który odbierając ciepło odparowuje. Do tkanki przylega powierzchnia mrożąca przekazująca ciepło od tkanki do ciekłego czynnika. Metoda ta, nie powoduje bezpośredniego kontaktu kriocieczy z powierzchnią skóry. Wykorzystuje się ją do leczenia zmian o powierzchniach od wymiarów punktowych, aż do średnicy kilku centymetrów. Ze względu na jednakowy sposób wykonania zabiegu urządzenia kriochirurgiczne są wyposażone zarówno w aplikatory natryskowe jak i kontaktowe.

## Ćwiczenie

Ćwiczenie polega na przeprowadzeniu symulacji zabiegu kriochirurgicznego metodą natryskową i kontaktową. Modelem tkanki będzie wodny roztwór żelatyny spożywczej.

Należy:

- zmierzyć wymiary oraz zważyć model tkanki
- określić masę zużytego azotu (pomiar masy urządzenia przed i po zabiegu)
- zmierzyć temperatury w określonych punktach pomiarowych z częstotliwością co 5 s
- określić wymiary powstałego odmrożenia

## Zadania do wykonania

### 1. Porównanie temperatur.

Na podstawie danych uzyskanych podczas doświadczenia narysować wykres spadku temperatury (w funkcji czasu) modelu w określonych punktach pomiarowych. Wykonać dla metody natryskowej i kontaktowej. Porównać. Wnioski.

### 2. Określenie efektywności zabiegu.

Jako efektywność zabiegu ( $\Psi$ ) określimy stosunek strumienia ciepła odebranego od modelu tkanki do strumienia ciepła (zimna) doprowadzonego do modelu (ciekły azot). Oznacza to, że:

$$\Psi = \frac{\dot{Q}_z}{\dot{Q}_{LN2}},$$

gdzie:  $\dot{Q}_z$  - strumień ciepła odebrany od modelu tkanki (żelatyny)

$\dot{Q}_{LN2}$  - strumień ciepła doprowadzony z ciekłym azotem.

Na podstawie parametrów określonych podczas doświadczenia obliczyć efektywność zabiegu kriochirurgicznego metodą natryskową i kontaktową.

W obliczeniach przyjąć:

Ciepło parowania azotu:  $r = 199 \text{ kJ/kg}$

Ciepło właściwe żelatyny:

$T > 273.15 \text{ K}$   $c_{pż} = 3800 \text{ J/kg}$

$T < 273.15 \text{ K}$   $c_{pż} = 1850 \text{ J/kg}$

Ciepło zamarzania żelatyny:  $3360 \text{ J/kg}$