



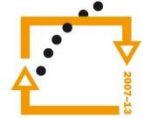
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Biofyzikální ústav Lékařské fakulty MU v Brně

CHLAD, KTERÝ LÉČÍ KRYOTERAPIE

biofyzikální principy a základní klinické aplikace

Příručka ke stáži v rámci projektu OP VaK:
„Prohloubení odborné spolupráce a propojení ústavů lékařské biofyziky na
lékařských fakultách v České republice“

MUDr. Lenka Forýtková, CSc.
Prof. MUDr. Ivo Hrazdira, DrSc.

Brno 2012

Úvod

Léčebné využívání chladu bylo známé již ve starověku. Starověcí Egypťané již přibližně 2500 let před Kristem využívali chladu ke stavění krvácení a ke zmenšování otoků. Hippokrates popisoval výrazný protibolestivý účinek při zchlazení postiženého místa. Ve válkách v 18. a 19. století byly končetiny zraněných vojáků amputovány s minimální bolestivostí a krvácením, pokud byly předtím obloženy sněhem a ledem. Stejně byla popisována tzv. narkóza chladem - hypotermie. Od minulého století jsou známy lokálně protibolestivé vlastnosti ethylchloridu, které se využívají hlavně v kožním lékařství a ve sportovní medicíně při pohmožděninách. Odpařováním ethylchloridu v místě jeho použití se snižuje teplota v rozmezí od -5 do -20 ° C. O moderní léčbě chladem lze však mluvit až od doby, kdy byl zkapalněn kyslík, oxid uhličitý, dusík, vzduch a vodík a byla tak umožněna i průmyslová produkce těchto chladicích kapalin.

V 60. a 70. letech 20. století se používalo řízené hypotermie, která vede ke zpomalení metabolismu. Používalo se jí při operacích srdce a mozku. Dosud se této metody v indikovaných případech používá na odděleních anestézie a resuscitace (ARO).

Koncepce kryoterapie se začala uplatňovat ve zdravotnictví v druhé polovině minulého století. Pod tímto pojmem je třeba chápat stimulující povrchové používání kryogenní teploty -100 °C, působící velmi krátce po dobu 2 až 3 minut. Cílem tohoto postupu bylo vyvolání a fyziologické využití reakcí organismu na chlad, s cílem podpory základního léčení a usnadnění léčení pohybem. Kryogenní - tedy nízké teploty - mohou být uplatněny místně na chorobné změny na kůži, kloubech nebo celkově na celý organismus v kryokomorách při mnoha onemocněních. Kolébkou kryoterapie je Japonsko. V Evropě se začala léčba chladem využívat nejdříve v Německu a v Polsku. V posledních 10 letech je celotělová kryoterapie zaváděna i v České republice, zatím bez přispění zdravotních pojišťoven,

Samostatným oddílem kryoterapie je využití hlubokého zmrazení při chirurgických výkonech - tzv. kryochirurgie.

1. Fyzikální principy sdílení tepla

Teplo je fyzikální veličina, která popisuje změnu stavu termodynamického systému. Představuje tu část vnitřní energie, kterou systém vymění (přijme nebo odevzdá) při styku s jiným systémem, aniž by došlo ke konání práce. Není tedy druhem energie, jak se někdy nesprávně uvádí, nýbrž spíše mírou jejího přenosu, jak vyplývá z I. zákona termodynamiky. Je-li daný termodynamický systém v přímém kontaktu s jinou makroskopickou soustavou, je přijetí nebo odevzdání tepla důsledkem vzájemného působení částic obou těchto soustav. Dojde-li v důsledku přenosu tepla ke konání práce, lze změnu vnitřní energie matematicky vyjádřit jako součin dobře měřitelných veličin (např. tlaku a změny objemu).

Teplota je stavová veličina, charakterizující rovnovážný termodynamický stav jakékoliv makroskopické soustavy. Velmi zjednodušeně lze teplotu považovat za míru tepelného stavu uvažovaného systému, přesněji řečeno, jde o míru translačního pohybu částic tvořících systém. V současné době se teplota vyjadřuje pomocí mezinárodní teplotní stupnice z r. 1990. Veličiny odpovídající termodynamické (Kelvinově) teplotě T a Celsiově teplotě t se označují T_{90} a t_{90} , kde $t_{90} = T_{90} - 273,15$ K. Kelvin (K), jednotka termodynamické teploty, je jednou ze základních jednotek SI soustavy.

Sdílení (přenos) tepla je samovolný nevratný proces šíření tepla v prostoru s nehomogenním teplotním polem. Uskutečňuje se třemi základními mechanismy: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) a sáláním (radiací).

Rychlost průchodu tepla danou plochou vyjadřuje **tepelný tok** Φ . Celkový tepelný tok procházející plochou o obsahu S je dán vztahem

$$\Phi = \int_S \vec{q} \cdot \vec{e}_n dS,$$

kde vektor \vec{q} představuje hustotu tepelného toku a $\vec{e}_n dS$ vektorový element této plochy, přičemž \vec{e}_n je jednotkový vektor mající směr normály k ploše dS .

Sdílení tepla vedením (kondukcí)

Teplu přechází z teplejších míst pevného tělesa nebo klidné tekutiny k chladnějším místům předáváním energie z molekuly na molekulu, aniž pozorujeme proudění nebo jiný makroskopický pohyb. Pro sdílení tepla vedením platí v homogenním prostředí Fourierův zákon. Podle něho je hustota tepelného toku \vec{q} úměrná teplotnímu gradientu

$$\vec{q} = -\lambda \text{grad}T$$

Konstanta úměrnosti λ je součinitel tepelné vodivosti a záporné znaménko vyjadřuje, že tepelný tok má opačný směr než teplotní gradient.

Sdílení tepla prouděním (konvekci).

Přenos tepla tekutinou při jejím proudění. Toto proudění vzniká buď jen rozdílem hustoty tekutiny při jejím zahřívání (přirozené proudění) nebo působením vnějších vlivů nezávislých na vlastním sdílení tepla, např. čerpadlem nebo ventilátorem (nucené proudění). Tohoto druhého způsobu se využívá k rychlejšímu vyrovnání termodynamických teplot.

Sdílení tepla zářením (radiací).

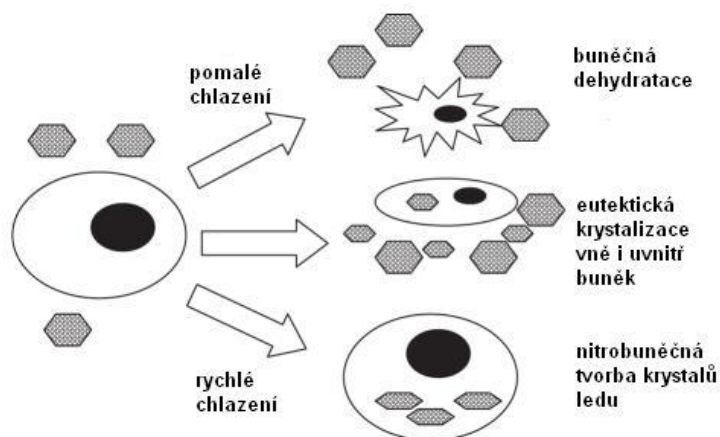
Tento způsob sdílení tepla je uskutečňován elektromagnetickým zářením v oblasti infračerveného spektra (tepelné záření). Na rozdíl od obou předchozích způsobů nepotřebuje tento způsob sdílení tepla hmotné prostředí a může probíhat i ve vakuu (viz Planckův a Stefanův-Boltzmannův zákon vyzařování). Každá pevná látka emituje elektromagnetické záření, jehož charakter závisí na její teplotě. Při konstantní teplotě T tělesa je těleso v tepelné rovnováze s okolím (musí absorbovat stejné množství energie, jako emituje).

Sdílení tepla rozhraním dvou látek různého skupenství, např. pevné látky a kapaliny, plynu a kapalin apod. označujeme jako **přestup tepla**. O jeho velikosti rozhoduje **součinitel přestupu tepla** α . Je roven podílu hustoty tepelného toku q procházejícího rozhraním a rozdílu termodynamických teplot ΔT (nebo Celsiových teplot Δt) obou látek. **Tepelná difuze** (termodifuze) je druhem difuze, která nastává v homogenní směsi dvou tekutin, není-li termodynamická teplota ve všech místech stejná. V důsledku teplotního gradientu molekuly lehčí složky difundují ve směru gradientu, molekuly těžší složky proti směru gradientu. Difuze trvá až do dosažení určitého rovnovážného stavu.

2. Biologické účinky nízkých teplot

Oblast biologie, která se zabývá účinky nízkých teplot na živé systémy, označujeme jako **kryobiologii**. Účinky nízkých teplot můžeme sledovat na různých úrovních biologické organizovanosti: na izolovaných buňkách, tkáňových a orgánových strukturách a na celém organismu.

V účinku nízkých teplot na izolované buňky se uplatňují 2 hlavní mechanismy: intracelulární tvorba krystalů ledu a buněčná dehydratace. Tvorba krystalů ledu vede k mechanickému poškození buněčných struktur a následné smrti buňky.



Mechanismus poškození buňky chlazením

Z celé kryobiologie mají pro medicínu největší význam tyto oblasti:

- **Kryoprezervace** (uchovávání v chladu) buněk a tkání, především zárodečných buněk a embryí. Jedná se o dlouhodobé uchovávání v chladu při teplotách -80 až -196°C , přičemž velký význam má rychlost zmrazení. Pro červené krvinky je optimální rychlost zmrazení vysoká ($\sim 100^{\circ}\text{C/s}$), naproti tomu kmenové buňky jsou zmrazovány velmi pomalu ($\sim 1^{\circ}\text{C/s}$). Aby se předešlo poškození buněk v procesu mražení, přidávají se kryoprotektivní látky (dimethylsulfoxid, glycerol). Buňky by měly být ochlazeny optimální rychlostí na teplotu -30 až -40°C , dříve než budou umístěny do tekutého dusíku.
- **Hypotermie** – dočasné uchovávání orgánů pro transplantaci v podmínkách snížené teploty. Snížení teploty o 10°C je spojeno se snížením spotřeby kyslíku na polovinu. K prevenci poškození orgánů uchovávaných za hypotermických podmínek se používají speciální ochranné roztoky, které minimalizují poškození volnými radikály, zabraňují otokům a kompenzují ztrátu ATP.

- **Lyofilizace** (freeze drying, mrazová sublimace) je metoda dehydratace biologického materiálu podléhajícího zkáze s cílem zachovat jeho biologické vlastnosti. Proces lyofilizace zahrnuje 4 fáze. Prvá fáze – předzpracování – zahrnuje procesy přípravy lyofilizované látky k vlastnímu chlazení. Druhá fáze – chlazení - představuje zchlazení materiálu pod jeho trojný bod, tj. na nejnižší teplotu, při níž materiál existuje v pevné i tekuté fázi. To sublimaci usnadňuje. Vlastní ochlazení na teplotu -50 až -80 °C musí probíhat rychle, aby se vyloučila tvorba krystalků ledu. Třetí a čtvrtou fází představuje primární a sekundární sušení v částečném vakuu, čímž se obsah vody ve finálním produktu sníží na 1 – 4%. Je-li lyofilizovaná substance chráněna před reabsorpcí vlhkosti, může být uskladněna při pokojové teplotě po dlouhou dobu.

Teplota ovlivňuje všechny fyzikální a chemické procesy, které probíhají v živém organismu. Ovlivňuje metabolické procesy, transport látek, hodnoty bioelektrických potenciálů a rychlost chemických reakcí apod. Lidské tělo, podobně jako jiné vysoce organizované biologické systémy, patří do skupiny homoiotermních organismů, tj. organismů s konstantní vnitřní teplotou. Udržování konstantní teploty je zajišťováno složitým termoregulačním systémem, tvořeným termoregulačním centrem v hypotalamu, termoreceptory a termoefektory, přičemž významnou roli v procesu termoregulace hraje centrální i periferní nervový systém a hormonální regulace.

Bývá zvykem zjednodušeně dělit termoregulační mechanismy na fyzikální a chemické. Hlavním efektem fyzikální termoregulace je cirkulační systém a potní žlázy, hlavním efektem chemické termoregulace pak činnost kosterních svalů a některých vnitřních orgánů (např. jater, ledvin). Adaptace organismu na změny vnější teploty vede ke změnám funkčního stavu termoregulačních efektorů, jejichž důsledkem je vzrůst nebo snížení tepelných ztrát organismu a zvýšení nebo snížení metabolické tvorby tepla.

Adaptační mechanismy na stresový účinek chladu jsou komplexnější než na účinek zvýšené teploty. Udržení homeostázy v podmínkách nízké teploty vyžaduje účinnější synchronizaci všech termoregulačních efektorů.

3. Základní lékařské aplikace nízkých teplot

3.1 Kryochirurgie

Destrukce buněk tkání jejich **prudkým zmrazením** na teplotu $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ je jednou z metod používaných v moderní chirurgii. K destrukci tkání dochází vytvořením krystalků ledu uvnitř buněk i v mezibuněčných prostorech. Po jejich roztavení nastává lýza buněk.

Výhodou kryochirurgických výkonů je omezení oblasti destrukce tkáně na nejbližší okolí mrazícího nástavce, čímž se šetří okolní zdravá tkáň. Zmrazení působí zároveň **anesteticky**, takže kryochirurgické výkony jsou málo bolestivé a rány prakticky nekrvácejí. Zmrazená tkáň ulpívá na nástroji, čehož lze někdy využít k její extrakci (kryoextrakce oční čočky při operaci katarakty). Kryochirurgické výkony slouží k odstraňování menších a povrchově uložených ložisek. Nacházejí uplatnění v očním lékařství, urologii, onkologii, gynekologii a plastické chirurgii.

Kryochirurgické přístroje používají k dosažení nízké teploty tekutého dusíku (-196°C) i jiných plynů, včetně CO_2 . Vlastní kryochirurgický nástroj (kryokauter) má na distálním konci vlastní zmrazovací část, kterou se odebírá teplo z okolí (obr. 8-3). Koncová část kryokauteru je měnitelná a má různý tvar podle prováděného kryochirurgického zákroku. Elektronickým zařízením je regulován přívod dusíku, a tím nejen zmrazovací teplota, ale též velikost zmrazené oblasti. Přístroj je vybaven digitálním teploměrem udávajícím dosaženou teplotu.

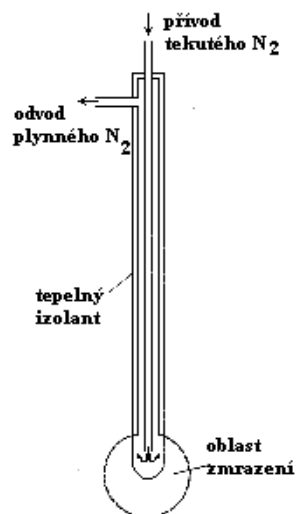


Schéma kryochirurgického nástroje

Jednou z častých kryochirurgických procedur je **kryoablace** – odstranění tkáně v důsledku hlubokého zmrazení. V procesu kryoablace se uplatňují 3 základní mechanismy:

1. Tvorba krystalků ledu v buňkách, čímž dochází k porušení vnitřní struktury buňky, buněčných membrán a k přerušení buněčného metabolismu.
2. Koagulace krve – dochází k přerušení toku krve a ke smrti buněk v důsledku ischemie.
3. Indukce apoptózy – programované smrti buněk.

V klinické praxi se kryoablace využívá především k odstraňování drobnějších solidních nádorů (v plicích, v játrech, v prsu, ledvinách, v prostatě).

3.2 Lokální kryoterapie

Lokální kryoterapie je účinná léčebná (rehabilitační) metoda např. při svalových a kloubních potížích, která spočívá v okrskovém chlazení kůže. Používá se především k tlumení bolesti.

Historie

Chladová terapie byla používána jako léčebná metoda již odedávna v nejrůznějších formách: Od přitlačení chladného nože na ječné zrnko, přes studené zábaly při horečce, až ke klasickému sáčku s ledem přiloženému na zraněné místo. Není přesně známo, od kdy byla terapie ledem používána, první zprávy o ní pocházejí již ze starého Egypta a i římsí vojáci si své rány na válečných taženích chladili ledem. Zároveň byla tato terapie používána i k místní léčbě zánětů a byla neodmyslitelnou součástí lidové medicíny, stejně jako léčba teplem u stavů degenerativních.

Na začátku 60. let minulého století, kdy byl ještě nedostatek literárních prací zabývajících se problematikou lokální kryoterapie, nasazovali němečtí revmatologové více než 25 let úspěšně do terapie zánětlivých revmatických chorob ledové obklady

V současné době se používá následujících modifikací lokální kryoterapie:

- Plastový „pytlík s tajícím ledem“ o teplotě 0 – 2 °C , který představuje klasickou variantu s dobou aplikace kolem 30 min., nebo ve variantě s kryo-mediem, dnes nejčastěji glycerol. Teplota pytlíku po vyjmutí z mrazicího boxu je -12 až -14 °C, doba přiložení na klouby ruky nebo prstů je 5 až 10 min., na lokty, ramena nebo kolena dle stavu a velikosti oblasti, obvykle po dobu 5–20 min.
- Studené vířivé koupele nebo chůze v ledové lázni (dle Priessnitze)
- Ledový plyn nebo ledový vzduch byl do lokální kryoterapie zaveden na konci 70. let minulého století, kdy se začal používat proud ledového **plynného dusíku** o teplotě až -180°C, který se aplikuje po dobu půl až jednu minutu na postižené místo, přičemž jak s aplikátorem, tak i s klouby je nutno pohybovat.
- Přístroje na bázi **oxidu uhličitého** o teplotě kolem -75 °C.
- Přístroje s **proudícím ledovým vzduchem** o teplotě asi - 30°C, aplikovaného po dobu 3 min na postižená místa.

Obecně platí, že čím je teplota níže pod bodem mrazu, tím je doba aplikace kratší, rozhodující je vždy subjektivní vnímání chladu pacientem.

Terapeutický efekt lokální kryoterapie.

Ochlazení postiženého místa a jeho bezprostředního okolí vede k blokádě kožních nociceptorů, které mají spojení s pojivovou tkání v okolí postižených kloubů. Ve zdravé tkáni dochází přitom k přechodné vazokonstrikci, následované vazodilatací. Naproti tomu u kloubů postižených revmatickým zánětem (polyartritida, revmatoidní artritida) zůstává prokrvení pod ledovým zábalem 15 až 20 min. neovlivněno. Za tento efekt odpovídá reaktivní vaskulitida a novotvorba cév v granulační tkáni.

Chladová blokáda kožních nociceptorů vede ke sníženému vnímání bolesti v postiženém místě, tento efekt se používá například při úrazech ve sportu, kdy se chladí ledem nebo ledovým sprejem. Omezená funkce postižených kloubů se při aplikaci lokálního chladu zlepšuje, edémy nejen zánětlivého, ale i traumatického původu se díky zlepšenému transportu lymfatickými cévami zmenšují, snížená tkáňová teplota vede však i přímo k potlačení zánětlivého procesu, snížením počtu leukocytů a aktivity kolagenázy v místě zánětu. Při kratší aplikaci ledového zábalu je počáteční vazokonstrikce provázena rovněž zvýšeným svalovým tonem, kdežto při delší aplikaci pozorujeme následnou vazodilataci a dlouhodobější relaxaci muskulatury.

Nejčastější indikace lokální kryoterapie.

V akutní fázi chorobného stavu nebo traumatu je vhodnější lokální aplikace ledových zábalů nebo obkladů, ve fázích pozdějších nebo chronických se doporučují spíše aplikace studeného vzduchu nebo studeného plynu.

Vhodná je kombinace s následnou léčebnou gymnastikou.

Výhody lokální kryoterapie.

- ◆ Chlazení provádíme přímo na postiženou tkáň.
- ◆ Chlazení lze dávkovat přesně podle diagnózy.
- ◆ Chlazení je možné provádět i u klaustrofobních pacientů.
- ◆ Chlazení je možné aplikovat až 3krát denně s odstupy minimálně tří hodin.

Nejvýznamnější účinky lokální kryoterapie.

- Snížení aktivity zánětlivých procesů,
- Zmenšení otoků,

- Zlepšení klinického a funkčního stavu pacienta díky zvýšené pohyblivosti ochlazených kloubů a zvýšení svalové energie,
- Urychlení hojení poraněných oblastí
- Pooperační rehabilitace
- Úleva od bolesti
- Zlepšení klinického a funkčního stavu pacienta díky zvýšené pohyblivosti ochlazených kloubů a zvýšení svalové energie,
- Popáleniny - zmírnění teplotního šoku
- Neinvazivní léčba žilních cest (pavoučí angiom).
- Léčba revmatických a degenerativních kloubních onemocnění,
- Odstraňování svalových křečí,
- Léčba onemocnění svalů, šlach, podvrtnutí, mezižeberních nervů, sedacích nervů, bolesti v kříži a parézy,
- Kosmetické terapie - odstranění celulitidy

Kontraindikací pro lokální kryoterapii jsou kryoglobulinemie, chladová aglutinace nebo hemolýza, chladová urtika, chladová alergie, nedostatečná trofika tkání, poruchy mikrocirkulace, Raynaudova choroba, polyneuropatie a omrzliny.

Přístroje pro lokální kryoterapii



3.3 Celotělová kryoterapie

Historie

- asi 2500 před naším letopočtem - nejstarší zmínka o využití chladu k léčení je obsažena na egyptském papyru
- 1978 - postavena první kryokomora – Prof. Toshiro Yamauchi (Japonsko)
- 1981 - uvedení celotělové kryoterapie do praxe Prof. Toshiro Yamauchi
- 1983 – první kryokomora v Evropě (Německo)

Prof.R. Fricke, přednosta revmatologické kliniky v Senenhorstu

(Německo) a

jeho spolupracovníci započali spolupráci s japonskou klinikou a poznatky z tohoto oboru ve všech aplikacích přenesli do Evropy a postavili první kryokomoru v Evropě a druhou na světě

- 1989 - první kryokomora zprovozněna v Polsku (druhá v Evropě a třetí na světě)
- 2002 – zprovozněna první kryokomora s akumulací chladu (Polsko)
- 2004 – zprovozněna první kryokomora v České republice
- 2006 – zprovozněna první kryokomora s akumulací chladu v České republice

„Konsensus“ – definování celotělové kryoterapie:

Bad Voslau, Dolní Rakousko, únor 2006

V době konání II. Rakouského sympozia k celotělové chladové terapii 17. a 18. 2. 2006 v léčebném centru Bad Voslau byl přijat „Konsensus“ – definování celotělové chladové terapie.

Jednání se zúčastnil i MUDr. L. Šmuk z České republiky.

Na závěr konference přijali účastníci společné usnesení pro užití celotělové kryoterapie. Byla přijata pravidla, která jsou určující pro využití této terapeutické metody a vyslovena nutnost dalšího výzkumu účinků kryoterapie a jejího indikačního spektra.

Definice celotělové chladové terapie:

Celotělová chladová terapie (CChT) je pasivní fyzikální krátkodobá terapie se systémovým účinkem, při které se zpravidla používá účinná teplota v rozmezí od

-100°C do -150°C. Léčebná metoda je založená na stimulačním efektu teplot nižších než -100 °C na lidský organismus.

Princip tohoto stimulačního efektu lze pojmut do schématu: „Podnět → reakce → adaptace“.

CChT se používá jak k terapeutickým účelům, tak k účelům zvyšujícím a optimalizujícím výkonnost sportovců, v rehabilitaci a jako součást lázeňských procedur.

Aplikace CChT probíhá pod lékařským dohledem v kryokomoře a trvá po dobu 1-3 minut.

V současné době celotělová kryoterapie (whole-body cryotherapy, WBC, WHBC, CChT) je metodou, používanou ve stále větším měřítku, především v rehabilitačních centrech, v lázeňství, ve sportovní medicíně, ale i přímo při různých medicínských diagnózách jako léčebná metoda, slouží pro ochlazování celého těla, tedy včetně hlavy.

Výchozím bodem terapeutického/výkon stimulujícího účinku je krátkodobé extrémní chladové dráždění nechráněného tělního povrchu. S ohledem na intra- a interindividuální výkyvy klesá povrchová tělesná teplota o 5°C, v průběhu expozice chladu dochází k vasokonstrikci a zároveň k velkému výdeji tepla – **konvekcí** (chladný okolní vzduch) a **infračerveným zářením**. Z toho vychází, na rozdíl od lokální chladové terapie, systémová, nervově – reflexní reakce, která je vysvětlitelná na základě znalostí z oblastí neurologie, termoregulace, fyziologie atd.

Termické dráždění tedy vede k excitaci v periferním a centrálním nervovém systému.

Produkce tepla a jeho rozvádění v lidském organismu je velmi závislé na okolní teplotě.

Ve velmi teplém prostředí může povrchová tělesná teplota vystoupat až na teplotu tělesného jádra.

Ve velmi chladném prostředí tělesná teplota značně klesá, a proto rozdíl mezi tělesnou teplotou a teplotou tělesného jádra (kterou okolní teplota neovlivňuje) je velký.

Při vysoké okolní teplotě se zabraňuje přehřátí těla jeho transportem na periferii.

Při velmi nízké okolní teplotě je transport tepla z tělního jádra omezen v zájmu udržení životně důležité stability teploty tělního jádra.

Potvrzeno experimentálně: **Při celotělové chladové terapii se teplota tělesného jádra nemění!**

Intrakorporálně se změnil transport tepla z centra k tělesnému povrchu.

Normální transport probíhá dvěma způsoby:

- ◆ Teplotní kondukce: předání tepla z vnitřku ven cestou vzájemně se dotýkajících tkáňových struktur, popř. orgánů.
- ◆ Teplotní konvekce: transport tepla ze vnitřního prostředí ven – prostředníkem je krev.

U CChT je významnější transport tepla zevnitř na periferii kondukcí!!!

Extrémním chladovým drážděním dochází k silné vasokonstrikci (velké kapilární řečiště leží bezprostředně pod epidermis), která velmi redukuje průtok krve kůží a tím i transport tepla.

Extrakorporální transport tepla probíhá především prostřednictvím IR záření a záleží na rozdílu teploty mezi tělem a stěnami komory. Protože tento rozdíl je velký, výdej IR záření z těla je také velký. Ve srovnání s normální pokojovou teplotou jde o velmi vysoký výdej tepla. Rychlost proudu stále přiváděného chladného vzduchu a intenzita pohybů pacienta v kryokomoře je určující pro to, kolik tepla ubývá za časovou jednotku na tělesném povrchu (rychlý pohyb → rychlejší ochlazení, pomalejší pobyt → pomalejší ochlazení).

Šokové extrémní dráždění chladem a silný pokles kožní teploty ve velmi krátkém čase je příčina chladem indukovaných vlivů na funkci nervových struktur, popřípadě vyvolání nervově reflexních jevů, které zasahují do různých regulačních procesů.

V lidské kůži jsou termoreceptory reagující na teplo a chlad ve formě volných nervových zakončení. Chladové receptory leží blíže povrchu. Při konstantní kožní teplotě jsou chladové receptory elektricky stabilní – generují nízkou frekvenci akčních potenciálů. Při prudkém a silném účinku chladu stoupá značně elektrická aktivita těchto senzorů (z normálních 10 -20 impulsů /sek. na 120 -140 impulsů/sek). Vlastností chladových receptorů je to, že bezprostředně po skončení působení extrémního chladu reagují na oteplení ještě větší elektrickou aktivitou. Teprve potom se nastaví na hodnotu normální kožní teploty. Nervová zakončení jsou A-delta nervová vlákna periferního nervového systému, která vedou do míchy (CNS). Signály zachycené v míše jdou do různých funkčních okruhů (motorický, vegetativní, propioceptivní,...), čímž vysvětlujeme vliv CChT na: bolestivé stavy, zánětlivé procesy, svalové napětí, krevní zásobení ve svalech, funkce pohybového aparátu, oběhové funkce i centrální efekt - vliv na duševní aktivitu.

Indikace celotělové kryoterapie

1. Chronická zánětlivá revmatická onemocnění s hlavní manifestací na kloubech (revmatoidní artritida, Bechtěrevova nemoc).
2. Artrózy velkých a malých kloubů, polyartrózy.
3. Rehabilitace po operacích velkých kloubů a páteře, postoperativní otoky.
4. Vertebrogenní syndrom (diskopatie, lumbago, ischiadický syndrom, stavy před a po operaci).
5. Tendopatie (tenisový loket, zánět Achillovy šlachy, bolesti paty).
6. Chronické bolestivé stavy, primární bolesti hlavy.
7. Fibromyalgie.
8. Porucha regulace svalového tonu – spasticita, dětská mozková obrna, svalové přepětí, ztuhnutí.
9. Tupé trauma kloubů a svalů.
10. Roztroušená skleróza.
11. Lupenka s nebo bez kloubních projevů.
12. Atopická dermatitida, neurodermatitida.
13. Astma bronchiale, spastická bronchitida, alergická rhinitida.
14. Svalový únavový syndrom.
15. Poruchy rovnováhy, svalové koordinace.
16. Poruchy centrální aktivity (centrální únavový syndrom, tzv. syndrom vyhoření, depresivní a úzkostné stavy, bolestivě podmíněné chronické poruchy spánku).
17. Všeobecně psychofyzické stavy snížené výkonnosti
18. Poruchy imunity vyvolané extrémními svalovými nároky, popř. stresově podmíněné funkční poruchy imunitního systému.
19. Primární hypotonické poruchy oběhového systému.
20. Celulitida.

CChT je zpravidla ordinována jako celkový terapeutický koncept. Při výše uvedených indikacích spojujeme CChT s pohybovou terapií.

Kontraindikace

Absolutní kontraindikace

1. Nestabilní hypertenze (TK dlouhodobě nad 160/110 mmHg).
2. Srdeční infarkt, vstup do komory nejdříve po půl roce od prodělání infarktu.
3. Dekompenzované onemocnění srdečního a oběhového systému.
4. Nestabilní angina pectoris.
5. Kardiostimulátor.
6. Periferní poruchy prokrvení (stadium II až IV).
7. Stav po venosní trombóze, tromboflebitida hlubokého žilního systému.
8. Akutní onemocnění dýchacího systému.
9. Akutní onemocnění močového systému a ledvin.
10. Těžká anemie.
11. Alergie na chlad.
12. Onkologická onemocnění.
13. Záchvatovitá onemocnění.
14. Bakteriální a virová infekce kůže.

Relativní kontraindikace

1. Poruchy srdečního rytmu.
2. Chlopenní vady.
3. Stavy po srdečních operacích.
4. Ischemická choroba srdeční.
5. Raynaudův syndrom.
6. Polyneuropatie.
7. Těhotenství (od 4 měsíce).
8. Vaskulitidy.
9. Klaustrofobie.

Věkové

ohraničení

CChT je možné aplikovat u dětí od 4 do 6 let, při teplotě -100°C , je nutné přizpůsobit frekvenci expozičních cyklů a délku pobytu (max. 2 minuty). Ohraničení u pacientů vyššího věku

se odvíjí od jejich celkového stavu. V některých centrech pokládají za relativní kontraindikaci věk nad 75 let.

Vedlejší

účinky

CChT je velmi dobře snášena, při správném dodržení indikací, kontraindikací a pravidel chování v kryokomoře jsou vedlejší účinky minimální. Mohou se vyskytnout:

- Lokální omrzliny (nejčastěji v podpaždí – rychlejší výdej tepla).
- Bolesti hlavy.
- Lehký vzestup arteriálního tlaku.
- Pohybová dysbalance (při předávkování terapie - u spastické svaloviny může dojít k jejímu velkému uvolnění a zároveň k silnější aktivizaci antagonistických svalů).
- Dušnost, pocit závratě.
- Alergie na chlad (svědění, otoky).

Průběh terapie

Určení indikace vstupu do kryokomory a vyloučení kontraindikací stanoví lékař. Aktuální TK před terapií nesmí překročit 160/100 mm Hg. CChT je prováděna v malých skupinkách (2 - 5 osob), v závislosti na velikosti komory. Pacient by měl být poučen o bezpečnostních zajištěních komory a pokud chce, měl by mít možnost podívat se na průběh terapie jiných pacientů. Pacienti mají na sobě plavky (bez kovových součástí), ochranu úst – roušku, uší – čelenku, ponožky a nejlépe pevné boty. Kůže a vlasy musí být suché. Nesmí být použity žádné krémy ani masti. Dále do komory se nesmí nosit kontaktní čočky, brýle, sluchadla a šperky. V kryokomoře se doporučuje pomalý pohyb v kruhu, nedoporučují se rychlé pohyby, zvláště ne rukou, protože může dojít k většímu výdeji tepla a na těchto místech pak k potenciálnímu ohrožení omrzlinami. V kryokomoře nesmí být žádné předměty, které by mohly přijít do styku s nechráněnou kůží. Během pobytu v kryokomoře jsou pacienti s terapeuty v neustálém vizuálním i hlasovém kontaktu. V případě pacientů s klaustrofobií není třeba tuto terapii vylučovat, ve většině případů stačí poskytnout několikrát pacientovi odborný doprovod do komory. Pacienti s omezenou pohyblivostí, psychiatrickí pacienti a děti potřebují též doprovod. Délka expozice je zpravidla 2 - 3 minuty, k optimalizaci výkonu u sportovců umožňujeme až 4 minuty. Počet expozičních onemocnění stanovujeme podle

druhu, závažnosti a stadia onemocnění. V jednom ošetřovacím cyklu by počet expozič neměl být nižší než 10. U sportovců určujeme počet expozič individuálně.

Kryokomora



Kryokabina



Literatura

- Bakhach, J.: The cryopreservation of composite tissues. *Organogenesis* 2009, 5 (3), s. 119-126.
- Baust, J. G., Gao, D., Baust, J. M.: Cryopreservation. An emerging paradigm change. *Organogenesis* 2009, 5 (3), s. 90-96.
- Hrazdira, I., Mornstein, V.: Lékařská biofyzika a přístrojová technika. Neptun Brno, 2004. ISBN 80-902896-1-4.
- Isachenko V, Lapidus I, Isachenko E, et al.: Human ovarian tissue vitrification versus conventional freezing: morphological, endocrinological, and molecular biological evaluation.. *Reproduction* 2009, 138 (2): s. 319–327.
- Mechlová, E., Košťál, K. – editoři: Výkladový slovník fyziky, Prométheus Praha, 2001. ISBN 90-7196-151-5.
- Sieroń, A., Ciešlar, G., Stanek, A. Editors: Cryotherapy. Alfa – Medical Press. Bielsko-Biala, 2010. ISBN 978-83--7522-054-4.
- Strnad, P., Forýtková, L., Brojek, W.: The Liquid Air Cryochambers for Whole-Body Cryotherapy. In *Proceedings 10th Cryogenics 2008 International Conference*. Praha: Icaris, 2008. s. 253-257,. ISBN 978-2-913149-62-5.
- Šmuk, L., Forýtková, L., Strnad, P.: Zkušenosti prvních 10 000 pacientů léčených procedúrou aplikace hlubokého chladu na celé tělo. In *Sborník abstrakt XV. Sjezdu Společnosti rehabilit ační a fyzikální medicíny*. 1. vyd. Praha: Společnost rehabilitační a fyzikální medicíny ČLS JEP, 2008. s. 72-73,. ISBN 978-80-254-1238-1.
- Šmuk, L., Forýtková, L., Strnad, P.: Vliv celotělové terapie chladem (-120 °C) na léčbu bolestivých syndromů. *Bolest (časopis společnosti pro studium a léčbu bolesti)*. 2009, vol. 12, no. 1. ISSN 1212-0634.
- Wai-ki, Y., Basko, M. T., Aruny, J. E., Cheng, S. WK., Sumpio, B. E.: Cryosurgery: A review. *Int. J. Angiol*, 2007, 16:1, s. 1-6.