

Termoregulace - chlad

Doc. MUDr. Jiřina Máčková, CSc.
Subkatedra tělovýchovného lékařství IPVZ
Klinika T1 FN Motol
E-mail: jirina.mackova@lfmotol.cuni.cz

Cvičení v chladu

- stoupá popularita nejen zimních sportů
běhání, cyklistika
triathlon, potápění, dálkové plavání
- některá povolání
- náhlé zhoršení počasí – vítr, vlhký oděv
- riziko hypotermie i v relativně mírné teplotě
prolongované cvičení nižší intenzitou
dehydratace
relativně málo jídla a následná hypoglykemie

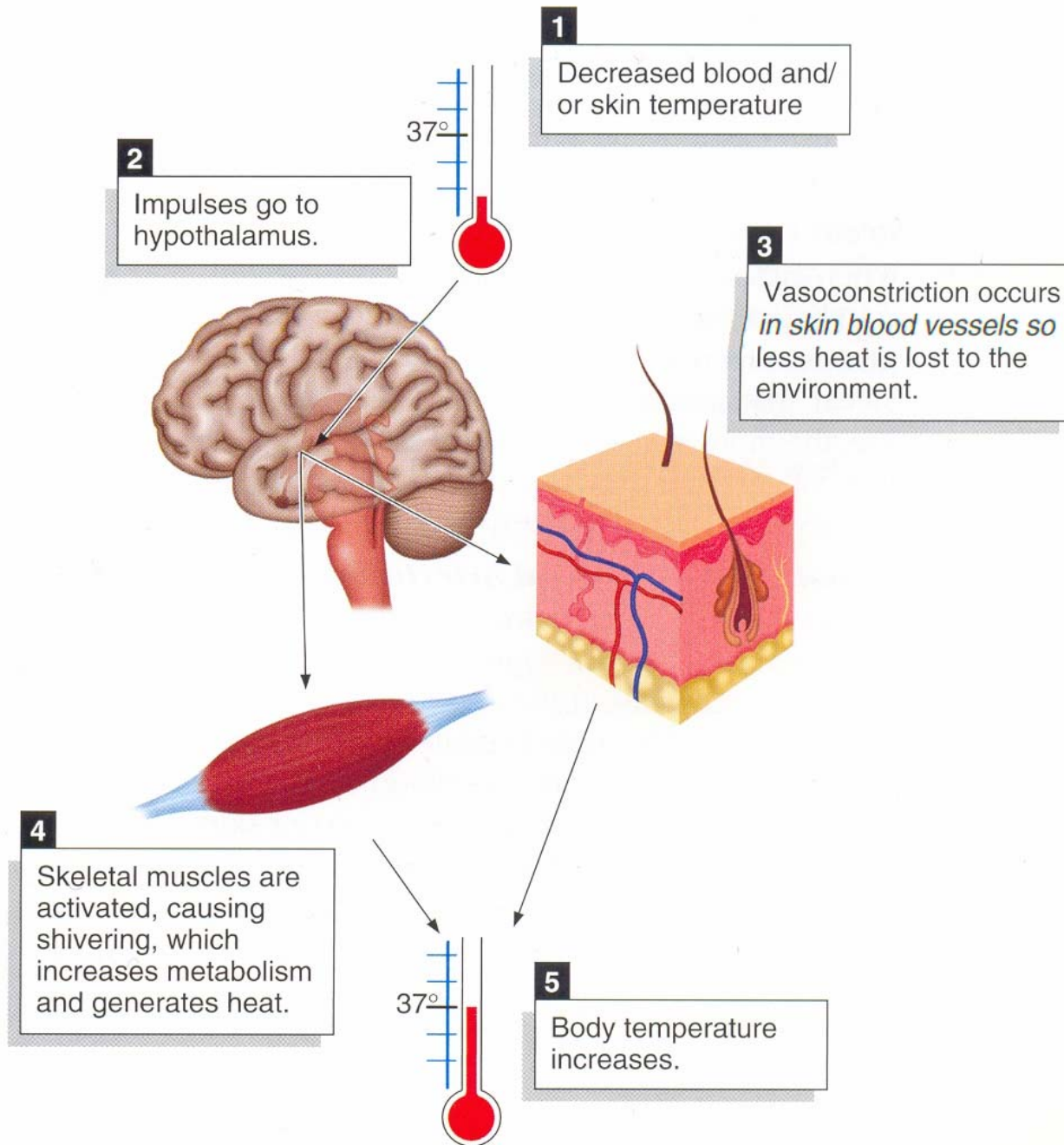
Stres chladu - jakýkoliv vliv prostředí, který vede ke ztrátě tělesného tepla a tím k porušení homeostázy

Hlavní stresory - vzduch a voda

Reakce člověka na stres chladu

- třes
- netřesová termoregulace
- periferní vasokonstrikce
- hemokoncentrace a zvýšená diuréza
- svalová práce

Hypothermia



Faktory ovlivňující ztráty tělesného tepla

- oděv
- velikost a složení těla
- proudění vzduchu (wind chill)
- vodní prostředí
- věk
- alkohol, léky

Fyziologická reakce na cvičení v chladu

Přímý efekt chladu na sval snížení teploty svalu $<28\text{ }^{\circ}\text{C}$

snížení svalové síly

dřívější nástup únavy a vyčerpání

delší trvání výkonu

neschopnost dokončit výkon

- neschopnost uvolnit energii blokádou enzymatických funkcí
- vasokonstrikce v podkožní tukové tkáni neumožní vyplavení a využití VMK i když se katecholaminy vyplaví
- nižší vzrušivost nervů a sval
snížená vodivost vzruchu nervem

Air temperature

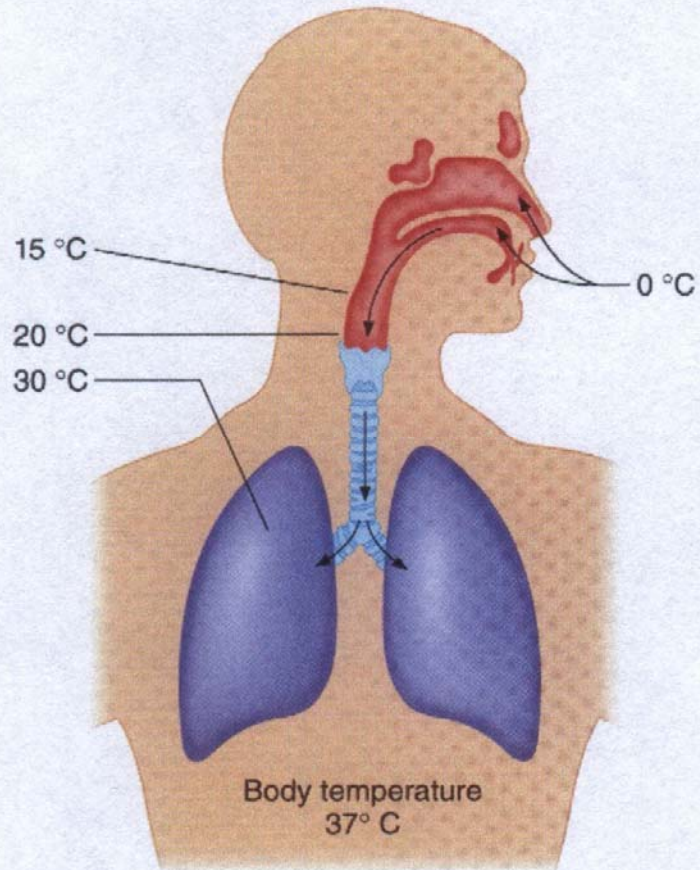


Figure 10.12 The warming of inspired air as it moves through the respiratory tract.

Akutní vystavení chladu + vliv cvičení

1. přímý vliv na sval

teplota svalu je nižší než je optimum pro

- aktivitu oxidativních enzymů

- vzrušivost nervů s svalů i vedení vzruchu nervem

$T_m < 27\text{ °C}$ snížení svalové síly (Davies)

$T_m < 28,4\text{ °C}$ nižší výkon na ergometru o 32%

nazí cvičili při 0 °C vyčerpání po 1 hod

stejnou intenzitou v teple – cvičili 4 hod

lyžařský maraton 128 km při -28 °C

mnohem déle než při -7 až -12 °C

Akutní vystavení chladu + vliv cvičení

2. vliv na spotřebu kyslíku (Patton)

výkon v teple a v $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, intenzita 77-79 % VO_2max

HR ani spotřeba kyslíku se nelišily

snížen čas do exhausce o 38%

3. vliv na PV (Young)

- 90 min při $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30% RH v klidu

snížení PV o 11%

- 90 min ve vodě $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pohybující se

snížení PV o 16%, větší diuresa i ztráty elektrolytů,

rychlejší ochlazení těla než na vzduchu

4. vliv aklimatisace

5 x týdně, 5 týdnů ve vodě $18\text{ }^{\circ}\text{C}$

nebyly rozdíly proti změnám před aklimatisací

Adaptace na chlad

1. genetická
2. aklimatizace – získané modifikace na komplex zevních faktorů (sezónní a klimatické vlivy)
3. aklimace – získané modifikace na jediný faktor
4. habituace (přivyknutí) – změny reakcí nebo citlivosti zejména sensorických orgánů

málo studií, znalosti limitovány

Adaptace na chlad - příklady

Eskymáci a Laponci

- oděv (skoro tropické mikroklima)
- teplota v ygloo 21°C

AMA – tolerují denně několik hodin teplotu vody 10°C

- psychické schopnosti
- zvýšení klidového metabolismu až o 25%

výraznější třesová reakce

dřívější nebo citlivější začátek této reakce

- tolerance mírné povrchové hypotermie

podkožní tuk není vyšší

adaptace cirkulace sníží přenos tepla z jádra do kůže

Adaptace na chlad- mechanismy, možnosti

Pravidelný a dlouhodobý pobyt na chladném vzduchu

- ztráty tepla nejsou kompenzovány zvýšenou produkcí tepla
- jedinec je schopen „regulace“ při nižší rektální teplotě

Periferní adaptace na lokální expozici

- Ruce nebo nohy – zvýšený průtok krve (rybáři)
zvýší se ztráty tepla, ale je to obrana proti lokálnímu poškození (omrzlinám)

Neexistuje taková specifická forma aklimatisace na chlad jako na teplo, tj. zvýšená zdatnost vyjádřená vyšší aerobní schopností.

Aklimatizace na chlad na rozdíl od efektu teplo + cvičení vyvíjí se lépe při vystavení pouze chladu než při kombinaci chladu a cvičení

- redukce periferního průtoku
- pokles teploty končetin
- uchování tepla v jádru
- to vyžaduje méně třesu
- menší využívání glykogenových zásob
- má příznivý vliv na vytrvalostní výkonnost
- zlepšený metabolismus v periferních svalech
- vyšší teplota kůže
- zlepšená manuální zručnost

Aklimatizace na chlad – vliv tréninku

- menší aktivace sympatiku
- menší zvýšení TK na chladový podnět u zdravých i nemocných

Přizpůsobení člověka chladu

schopen měnit své okolí – oděv, oheň, příbytek
metabolická odpověď – pomalá, nepravidelně (BM 2-5x)

Projevy přizpůsobení

- malé zvýšení BM
- snížení celkového třesu
- pokles „thermal comfort zone“
- habituace: specifická, celková
- ohřívání distálních periferních zón zvýšeno
- vnímání bolestivého chladového podnětu snižené

Spíše tolerance mírné povrchové hypotermie

Reakce na chladový podnět

- zvýšení TK a cévní resistance
- vasokonstrikce koronárních arterií – AP
- snížení svalové síly
- zkrácení doby po kterou lze pracovat
- VO_2 max není ovlivněn

Vliv aklimatizace na reakci na *lokální* chlad

- snížená reakce vazodilatace a/nebo ischemie jedině při vystavení chladu (podobně jako u AMA)
v pokojové teplotě rozdíly nejsou
- pro vyvolání třesu je nutný větší pokles teploty vody

Zdravotní komplikace z chladu

- celkové – **hypotermie**
- místní *omrzliny* – akutní expozice, kůže bílá a necitlivá, postižený to nevnímá, postupný vznik bodavé bolesti
- *oznobeniny* – dlouhodobě chlad+vlhko
- noha záchranného člunu, protináletového krytu, zákopová
- akra, hlava, genitál
- bronchospasmus
- respirační infekce
- pacienti s ICHS (chladný vzduch na tváře a dýchací cesty)
- plicní edém, hypertenze, poruchy rytmu
- kardiální smrt v zimě častěji

Hypotermie

při poklesu tělesné teploty pod 34,5 °C

hypotalamus ztrácí schopnost regulovat tělesnou teplotu

- snížení metabolismus a další pokles teploty
- primární ovlivnění SA nodu – pokles fH, snížení minutového objemu

Přímý vliv na dýchání

- snížení frekvence dýchání i dechového objemu při cvičení
- vznik bronchospasmu

Přímý vliv na sval

- snížení aktivity oxidativních enzymů
- snížení vzrušivosti nervů a vedení vzruchu nervem
- snížení svalové síly i výkonnosti

Hypotermie

Vliv na kůži – omrzliny

snaha zadržet teplo

vasokonstrikce v kůži, snížený průtok, rychlé ochlazení

kombinace s nedostatkem kyslíku a výživy

kožní tkáň odumírá

Hypotermie - léčení

Mírný stupeň hypotermie

- postiženého převedeme do tepla
- převlékneme do suchého, teplého oděvu
- dáme pít teplé napoje

Středně těžká a těžká hypotermie

- pomalé zahřívání (risiko vzniku srdeční arytmie)
- osoby s těžkým stupněm hypotermie vyžadují hospitalisaci a lékařskou péči

Lokální poškození chladem - omrzliny

k poškození nekryté kůže může dojít

- jestliže její teplota klesne pod 0°C
- což je při poklesu okolní teploty kolem -29°C
- periferní vasokonstrikce chrání taková exponovaná místa nos, uši, konečky prstů

Trvá-li však vasokonstrikce déle (snaha zadržet teplo)

- snížený průtok a rychlé ochlazení
- kombinace s poruchou zásobení kyslíkem a výživou
což přispěje k odumření kůže

Vliv okolní teploty je potencován

- pohybem (wind chill)
- vyšší vlhkostí vzduchu

K omrznutí může dojít i při relativně menším poklesu okolní teploty!

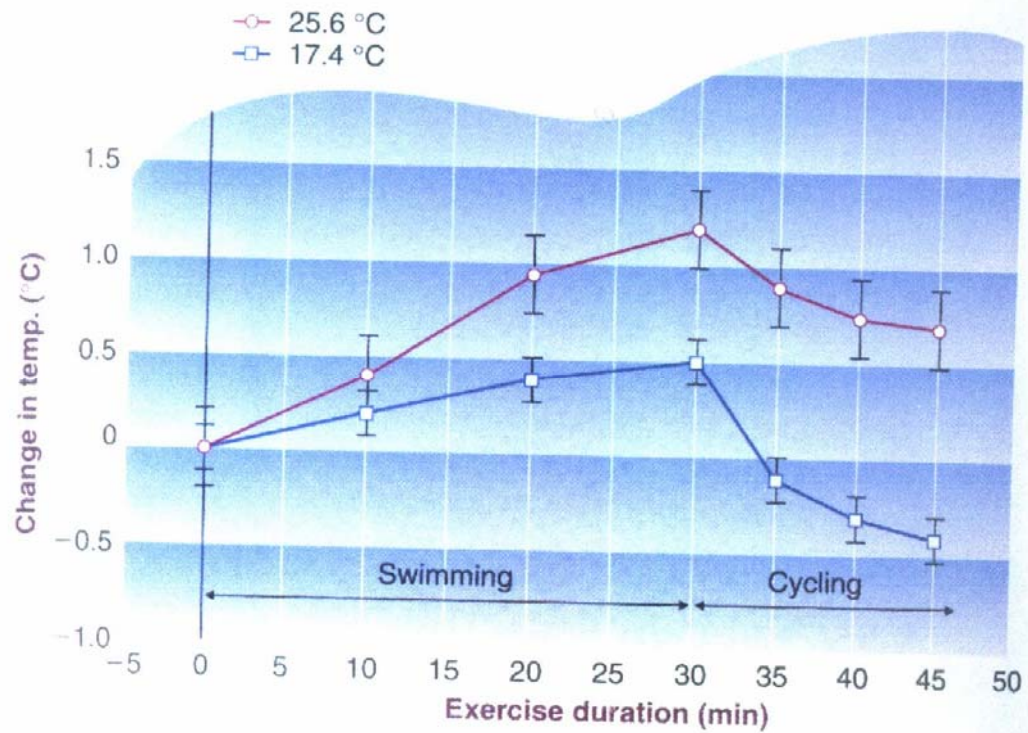
Wind chill efekt

		teplota na teploměru [oC]											
		10	4,5	-1,1	-6,7	-12,2	-17,8	-23,4	-28,9	-34,5	-40	-45,6	-51,6
		eektivní teplota [oC]											
rychlost proudění [km/hod] *	0	10,0	4,5	-1,1	-6,7	-12,2	-17,8	-23,4	-28,9	-34,5	-40,0	-45,6	-51,6
	8	8,9	2,8	-2,8	-8,9	-14,5	-20,6	-26,1	-32,2	-37,8	-43,9	-49,5	-55,6
	16,1	4,4	-2,2	-8,9	-15,6	-22,8	-31,1	-36,1	-43,4	-50,0	-56,7	-63,9	-70,6
	24,1	2,2	-5,6	-12,8	-20,6	-27,8	-35,6	-42,8	-50,0	-57,8	-65,1	-72,8	-80,1
	32,2	0,0	-7,8	-15,6	-23,4	-31,7	-39,5	-47,3	-55,0	-63,4	-71,2	-79,0	-86,7
	40,2	-1,1	-8,9	-19,9	-26,1	-33,9	-42,3	-50,6	-58,9	-66,7	-75,6	-83,4	-91,7
	48,3	-2,2	-10,6	-18,9	-27,8	-36,1	-44,5	-52,8	-61,7	-70,1	-78,4	-87,3	-95,6
	56,3	-2,8	-11,7	-20,0	-28,9	-37,3	-46,1	-55,0	-63,4	-72,3	-80,6	-89,5	-98,4
	64,4	-3,3	-12,2	-21,1	-29,5	-38,4	-47,3	-56,2	-65,1	-73,4	-82,3	-91,2	-100,0
		zelená				žlutá				červená			
		Malé nebezpečí při vhodném oblečení				Zvýšené nebezpečí				Velké nebezpečí			
		Minimální nebezpečí z podcenění rizika				Riziko omrzlin exponovaných částí těla							

* rychlost proudění větší než 64 km/hod má již malý efekt

Vodní prostředí

- 26x vyšší vodivost než vzduch
- kondukce a konvekce
- 2-4x rychlejší ztráty tepla při stejné teplotě
- třes
- plavání ve vodě 18 °C $VO_2 >$ o 500 ml než ve vodě 26 °C stejnou rychlostí
- teplota vody 17 °C – ani zvýšená produkce tepla plaváním neudrží teplotu jádra – riziko podchlazení
- teplota vody 15 °C – ponoření vede k poklesu T_{re} o 2,1 °C během hodiny
- fetální poloha, při pohybu ztráty ještě větší
- Pro závody a plavecký trénink teplota vody 24 – 27,8 °C



Hypotermie

Pacient v hypotermii není „mrtvý“ dokud není zahřát a mrtev!

- $T_{re} < 35\text{ °C}$ třes a volní termoregulace
vědomí není zhoršeno
zhoršení úsudku, síly a motorických funkcí
- $T_{re} < 32,2\text{ °C}$ snížení tkáňového metabolismu
progreduje zamlžování vědomí
ztráta koordinace, stupor, zvýšená mortalita
- $T_{re} < 30,2\text{ °C}$ zakalené vědomí, neklid, bledost, cyanosa
studené tělo (inquiny, axily), chybí třes
- $T_{re} < 24\text{ °C}$ obvykle smrt z komorové fibrilace

Progrese metabolických a hemodynamických změn při hypotermii

Prognosa a počet úmrtí přímo závislé na

- jejich velikosti
- schopnosti je korigovat
- deficitu tekutin – hypovolemie - tekutina šiftuje z periferie do jádra, z intravaskulárního prostoru do interstitia
150 ml/hod zajistí dostatečnou sekreci moče a dobrý stav hydratace
- acidosa s poklesem pO_2 (výsledek poklesu perfuse tkání)
- pokles krevní glukosy
- SGOT a CPK zvýšeny při omrzlinách
- EKG arytmie (tachy- i bradykardie)
- RTG plic (přítomnost aspirace)
- monitorovat K^+ při zahřívání

Hypotermie u starších osob

- mají nižší tělesnou teplotu
- vyšší kompliance k chladu
- snížená kontraktilita periferních cév
- snížená ostražitost s klesáním tělesné teploty
- nemusí rozpoznat symptomy
- léky (barbituráty, psychotropní) interferují s termoregulačními mechanismy, akcelerují ztráty tepla, nemusí rozpoznat symptomy

Hypotermie může maskovat preexistující choroby!

Alkohol a chlad

- pokusy s ponořením do vody nejsou rozdíly ve ztrátě tepla
- riziko hypoglykemie při dlouhodobém výkonu alkohol může tlumit glukoneogenesisu v játrech
- prospěch:
snižuje diskomfort a strach

Léčení hypotermie – pacient je při vědomí

- suchý a teplý oděv přímo na tělo
- pohybovat se, cvičit
- teplé, sladké nápoje
 - horký nápoj – dilatace krevního řečiště v kůži, ztráta tepla, snížení teploty jádra, poruchy rytmu
- co nejdříve dostat pacienta dovnitř
- zahříváme pomalu při pokojové teplotě
- co nejdříve dopravit do nemocnice

Léčení hypotermie – pacient v bezvědomí

- za žádných okolností nedáváme pít
- odstraníme mokrý oděv
- zahříváme pomalu při pokojové teplotě
hlava níž než nohy
- sledovat puls a dýchání
- co nejdříve dopravit do nemocnice

Prevence a léčení podchlazení

- postižený se schová v závětrí
- použije vlastní tělesné teplo (teplá ruka na tvář, nos, podchlazenou ruku do podpaždí, na břicho, nohu na břicho kamarádovi)
- nikdy tření omrzlé kůže sněhem
- nezahřívat nad otevřeným ohněm
- vedoucí: opatřit suché a teplé oblečení, nápoj
podněcovat postiženého k pohybu
zajistit transport postiženého
- u lokálních omrzlin možná horká koupel (40 °C)

Prevence a léčení podchlazení

Komplikace

- puchýře (do hodin nebo dnů)
- dlouhodobý efekt – extrémní citlivost na chlad
- amputace po 60-90 dnech

Prevence

- zhodnocení podmínek prostředí
- žádný alkohol a léky před aktivitami
- vhodný oděv a obuv
- Cave! Pokrývka hlavy

Sluneční a sněžná teplota- prudká reakce spojivky a rohovky oka

UV záření i když je mlha nebo pod mrakem

Prevence: trvale tmavé brýle s bočními štítky při pobytu na sněhu nebo plachtění na vodě

Symptomy: řezání, edém a bolest očí na večer
zarudlé bělmo, světloplachost
postižený si stále tře oči, slzení
v těžkém případě musí být veden
řezání, edém a bolest očí na večer
zarudlé bělmo, světloplachost
postižený si stále tře oči, slzení
v těžkém případě musí být veden

Léčení: chránit před světlem
na tmavé brýle lepenka s kruhovým průzorem
trvá 2-4 dny, nezanechá následky

Děkuji za pozornost

