

## TERMOREGULACE a její vztah k tělesné zátěži

J.Radvanský

### TEPELNÝ STRESS

**v zátěži může tvorba tepla proti klidu stoupnout až asi 30x**

**Pak je tepelná rovnováha závislá na tvorbě + třech parametrech výdeje tepla**

R ...radiaci, vyzařování tepla z povrchu těla do okolí

C ...kondukcí, rychlosti odvodu tepla do okolí

E ...evaporací, intenzitě vypařování potu do okolí.

**Výsledná tepelná balance je závislá na:**

**+**

teplo vznikající závisí na

\* momentální tvorbě tepelné energie která je vždy vedlejším produktem energetického metabolismu (aerobně hrazená část energetického výdeje je vyjádřitelná spotřebou kyslíku)

\* dle energetické účinnosti pohybu se část vydávané energie mění na kinetickou a potenciální energii, zbytek je teplo

\* teplo vzniklé v těle se může v některých situacích sčítat s pohlceným tepelným zářením okolí, to je závislé na řadě zevních parametrů např. včetně barvy a odrazivosti oděvu

**-**

Výdej tepla

- nejúčinnější je evaporace, vypařování potu, který kůži odebírá skupenské teplo výparné (kapka potu na zem spadlá ochladí po vypaření podlahu, použijete - pi antiperspiranty budete možná méně páchnout potem, ale budete se při sportu přehřívat)
- konvekce, sálání z překrvené pokožky, nefunguje v místech s vysokou úrovní odráženého infračerveného záření. Ubírá navíc krev svalům a jiným orgánům
- kondukce - vedení- je vysoce účinné ve vodě. Suchý vzduch naproti tomu má schopnost odvádět teplo velmi nízkou.

Teplota venku pro účely termoregulace se jmenuje katatermometrická, také WBGT teplota. Stanovuje jako index, kde 70 procent je teplota změřená navlhčeným teploměrem, 20 procent začerněným a 10 procent obyčejným teploměrem. Největší ovlivnění výkonu počasím naleznete ve vzduchu nadměrně vlhkém, menším problémem bývá vzduch suchý nadměrně horký. Zhruba se dá říci, že pro

neadaptované a oběhově limitované jedince je maximální WBGT někde okolo 23 stupňů C. V teplotě 25 stupňů WBGT je pro neaklimatizovaného rizikem běžet již i 20 až 30 minut.

Oproti tomu jsou dosti jiné požadavky pro relaxační cvičení s **minimálním výdejem tepla**:

Ideální stav pro termoregulaci během lehké svalové práce ( pro svlečeného) je 28 stupňů C, pod 60 procent relativní vlhkosti, mírný vánek, s teplotou kůže okolo 33 stupňů C

#### **PRODUKCE TEPLA STOUPÁ KDYŽ :**

\*Stoupá intenzita svalové práce ať už pohybem nebo třesavkou

(sportovec umí udržet výdej energie ekvivalentní 15 METs i přes hodinu; po tu dobu zvyšuje produkci tepla patnáctkrát. Sportovec hmotnosti 80 kg, který má spotřebu kyslíku 50 ml/kg/min vyrábí tepla zhruba 800 J/s (800 W) tedy asi 3.84 MJ/hodinu.

\*Vznikne podráždění osy vstupy... podkorová centra termogeneze (např. pozátěžová termogeneze)

\* Je nastaven hormonálně vyšší bazální metabolismus osou TRH -TSH

\* Postprandiální termogenezi ... tvorba tepla po jídle

\* Během ovulace se nastaví vyšší bazální metabolismus ženskými pohl. hormony

\* Stoupne melatonin stimuluje hormon (biorytmy)

\* Kdykoliv je vyšší sympatický tonus v játrech (neurálně i humorálně mediovaný) .. stres, zátěž,

\* HORMONY SYMPATIKU

#### **SCHOPNOST ZBAVIT SE TEPLA KLESÁ KDYŽ...**

##### 1) ZE VNÍMI PODMÍNKAMI SE ZMENŠÍ PŘENOS TEPLA DO OKOLÍ

###### **a) Pokles konvekce**

Nevysíláte teplo tam, kde infračervené paprsky sálají teplo na vás

albedo - odraz slunečních paprsků z vodní či sněhové plochy

sálá-li na vás teplo spíše přijímáte než vydáváte

na slunci jižní Evropy stoupne nutnost energet. výdeje z klidových 200 kJ na čtvereční metr těla a hodinu téměř třikrát

černá barva více pohlcuje i sálá než bílá či zrcadlo

(záleží na gradientu tělo - okolí)

**b) Pokles kondukce** : v teplém vzduchu, v suchém vzduchu (ale tam je zase vyšší evaporace, což je výhodnější)

(jediná suchá vrstva šatů v horku; pot se pak z povrchu nevypařuje a teplo je zadržováno na kůži)

c) **Pokles evaporace:** ve vlhkém horku, při nedostatku tekutin, při špatném proudění okolo vlného povrchu; špatná nasákavost povrchové tkániny.

## 2) ZHORŠENOU REGULAČNÍ SCHOPNOSTÍ KLESÁ TRANSPORT TEPLA Z MÍSTA VZNIKU NA POVRCH

Např.:

- Pokles arteriálního TK s vlnutím krve v žilním systému
- Hyperviskozita z dehydratace
- Vážné vazodilatace nestabilitou vazomotorického centra v počínajícím šoku z přehřátí
- Kombinace sníženého srdečního výdeje (např. selhávající srdce) a vyšších nároků na termoregulaci
- Schopnost zbavit se přebytku tepla je podstatně snížena betablokátory sympatiku

### TEPELNÝ STRES

I	II	III	IV
Zvýšené ztráty tepla nebo získávání pomocí R a C odjinud	vyšší teplota jádra i kůže	přehřátá kůže i jádro	vyčerpání z. vedra
vyšší transport tepla na perif.	Vazodilatace cév pokožky s ještě větš pocením	Nestabilita vazomotor. centra přesun krve do žil	kolaps z přehř.
ztráty tepla		pokles TK	křeče
vypař. potu		ztráty vody, ztráty solí	hyperpyrexie

### FYZIOLOGICKÉ POZNÁMKY

1) Efektivnost regulace tělesné teploty je dosti vysoká, člověk je schopen se pohybovat krátkodobě v teplotách od - 50 do + 100 stupňů (u suchého mrazu bez proudění i v teplotách nižších), udržuje přitom konstantní teplotu jádra v rozmezí plus minus 4 st.

2) Efektivnost vzdorovat chladu je nižší než teplu, člověk je v tomto směru blízko tropickým zvířatům.

3) Základem obrany člověka proti chladu je

a) ovlivnění chování prostřednictvím negativních emocí v zimě, je-li možné, přiblíkneme se či jdeme jinam

b) zvýšený pocit hladu.

c) zátěžová produkce tepla

d) omezení sálání omezením průtoku krve periferií

4) Naproti tomu základem obrany před přehřátím jsou

a) kardiovaskulární systém - transport tepla zevnitř na povrch + sálání

b) potní systém pro evaporaci

Tepelná rovnováha je tedy záležitostí rapidně ovlivňující nároky na čerpací práci srdce, zadržování tekutin, acidobazickou rovnováhu uvnitř buněk, iontové složení a viskozitu krve..

5) Teplem končí naprostá většina našeho energetického výdeje. Mechanická účinnost práce je dle typu asi 10-25 procent, zbytek je teplo.

6) Významnou krátkodobou zásobárnou nadbytečného tepla je naše schopnost zvýšit tělesnou teplotu: i teplota jádra může stoupnout nad okolo 39 C. Tolerance vyšší rektální teploty je jedním z hlavních adaptačních principů u vrcholových atletů s krátkou a středně dlouhou dobou max. výkonů.

7) Každý litr potu odebere na vypaření 2.43 MJ. Nicméně i ve velice suchém vzduchu s padesáti procenty relat. vlhkosti více než polovina vypoceného objemu upadne na zem či se vsákne do oděvu aniž se vypařila na kůži (pot na zemi po vypaření ochladí podlahu, rovněž ochlazení z oděvu se nepřenáší dokonale na kůži)

8) V tepelném stresu má ztratit sportovec během dlouhého vícehodinového závodu méně než 1.5 procenta hmotnosti, optimálně vůbec nic, jelikož mu ztráty kompenzujeme Produkce potu:

Sportovec (potí se víc než netrénovaný) -první hodinu závodu ve vedru POT asi 2 litry za 1. hodinu

a asi 1 litr za další hodinu.

! nelze spoléhat na pocit žízně, najmě ne při vyšších výkonech a delší zátěži

Pot je hypotonický, nutno doplňovat obdobně.

Váš cíl pro delší zátěž pacienta (např dvouhodinové cvičení):

v tepelném stresu má pacient ztratit méně než 1.5 procenta hmotnosti, optimálně téměř vůbec nic (pouze zmetabolizovaný tuk), jelikož mu ztráty kompenzujeme

9) Termoregulační schopnost je funkcí dědičnosti, aklimatizace a adaptace (adaptace na tělesnou zátěž je obdobou aklimatizace na horké prostředí)

\*\*\*\*\*

## **CHLADOVÝ STRES**

a) lehký: vzestup periferní rezistence, centralizace krevního oběhu s chladnými akry a značnou vazodilatací arterií splachniku. Nejvyšší citlivost na chlad trojúhelník s bazí pod dolním rtem a vrcholem na kořeni nosu. Hyperreaktoři reagují nadměrně, vzestupem diastolického tlaku. Je-li událost spojená s negativní emocí, stoupá prudce nárok na koronární rezervu.

Při delším pobytu v chladu je podrážděn hypothalamus s pocitem hladu, často s preferencí sladkého jídla (na doplnění glykogenu pro svalový hypertonus)

b) intenzivnější stres: začíná sympatikotonickou reakcí s vyšším srdečním výdejem, s rychlým vzestupem hormonální reakce: ACTH, STH, adrenalin, kortizol. Zároveň roste svalový tonus, začíná svalový třes. Klidový metabolismus stoupá asi 2 až 4 x. Pohyb na úrovni čtyřnásobku klidu (= 4x METtabolic equivalentS = 4 METS) je snadno dosažitelný i málo výkonným nemocným, lze si tak účinně pomoci při krátkodobém chladovém stresu při čelnějším zapojení svalové pumpy. Třes nezapojuje příliš účinně cirkulaci pracujícími svaly, pohyb ano. Pohyb vede pomaleji ke svalové únavě, při stejném nebo několikanásobně vyšším účinku na tvorbu tepla a tedy na odstranění krátkodobě působícího chladového stresu.

### CHLADOVÝ STRES

I	II	III
snížené vydávání tepla aker	snížené vydávání tepla z jádra	snížení teploty jádra
snížená obratnost jemné motor. třes	vyšší produkce tepla svaly i játry akt. pohyb	snížená svalová drážd
vzestup per. rezistence pokožky	přesun krve do žil, omrzliny	zvýšená chladová neuro-hypoxie
ochladnutí periferie	podvėd. zvýš vazodilatac. periferií	smrt z podchlazení

#### Na čem závisí odolnost vzdorovat chladu:

a) zevní, nepadno ovlivnitelné podmínky:

1) vlhký vzduch zlepšuje kondukcii, proto je hůř tolerován nejen při tepelném stresu, kde snižuje evaporaci, ale i v chladu, kde naopak zvyšuje nežádoucí odvod tepla do chladného okolí.

2) proudění vzduchu a jeho teplota

b) snáze ovlivnitelné podmínky

1) vlhkost kůže a zevního oděvu: je-li, začíná intenzivně fungovat evaporace s dalším podchlazováním. Je-li promoklý oděv (užívá-li se jediná silná vrstva namísto více tenkých) stoupá prudce i vedení tepla. Častou situací v chladném prostředí bývá neadekvátní výdej energie při příliš teplém oblečení. Po nástupu únavy pak vznikne omrzlina, nebo (a to i při teplotách vysoko nad nulou) vznikne z evaporace lokální hloubkové podchlazení, které snižuje nespecifickou imunitu.

Oděvy z látky typu GORE-TEX: propustí vodní páru ven, nepropustí vodu dovnitř, probíhá do jisté míry zpomalovaná evaporace.

Extrémně studené prostředí: stačí elektrický příkon asi 5 W na jednu rukavici , nebo speciální tepelná ochrana končetin.

Chladový stres a alkohol: nikdy, dokud postižený (á) není v teple !

\*\*\*\*\*

Adaptace na chlad:

v těchto kapitolách se často objevuje terminologický shift:

místo adaptace se používá aklimatizace

ADAPTACE je v tomto smyslu používána pro dlouhodobý selekční genetický tlak vedoucí k odolnosti na chlad u celých severských národů.