

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH

Ústav telesnej výchovy a športu



Rekreačné otužovanie studenou vodou

Odborná monografia

MGR. DÁVID KAŠKO, PhD.

Košice 2021

Rekreačné otužovanie studenou vodou

Odborná monografia

Autor:

Mgr. Dávid Kaško, PhD.

Ústav telesnej výchovy a športu, UPJŠ v Košiciach

Vedecký redaktor:

doc. PaedDR. Ivan Uher, PhD.

Ústav telesnej výchovy a športu, UPJŠ v Košiciach

Recenzenti:

MUDr. Marek Varga, PhD.

Klinika pracovného lekárstva a klinickej toxikológie, Lekárska fakulta UPJŠ a univerzitnej nemocnice L. Pasteura Košice

MUDr. Lukáš Evin, PhD.

Kardiovaskulárni oddělní FNO, Lekárska fakulta, Ostravské univerzity

Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 - CC BY NC ND („Uvedte pôvod – Nepoužívajte komerčne - Nespracováajte“)



Za odbornú a jazykovú stránku tejto vedeckej monografie zodpovedá autor. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

Dostupné od: 10.12.2021

DOI: <https://doi.org/10.33542/OSV2021-0069-1>

ISBN 978-80-574-0069-1 (e-publikácia)

OBSAH

ÚVOD	9
PREDSLOV	10
OTUŽOVANIE	11
MANAŽMENT ORGANIZMU S TEPELNOU ENERGIUO	12
Tolerancia teplôt	12
Tvorba tepla v ľudskom organizme	13
Receptory vnímania teploty	17
Transport tepla v organizme	21
Koža	23
Dýchací systém	24
Tukové tkanivo	24
Biele tukové tkanivo	26
Hnedé tukové tkanivo	27
Béžové tukové tkanivo	29
BIORYTMUS	30
Zmeny telesnej teploty	31
POHLAVNÉ ROZDIELY	32
ROZDELENIE TEPLÔT VODY A DĹŽKA POBYTU V RÔZNE STUDENEJ VODE	33
Meranie tepelného stresu	36
ÚČINKY CHLADU NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS	37
Fyziologické reakcie tela na ponorenie do vody a ponorenie do chladnej vody	37
Prvotné reakcie tela na chlad	38
Adaptácia na chlad	42
Zvýšená tvorba tepla - termogenéza	45

Adaptácia na chlad vo vyššom veku	46
Tehotenstvo a otužovanie	47
Kedy nastávajú účinky otužovania	47
Dávkovanie otužovania (rekreačné otužovanie)	49
Otužovanie a choroby	51
AKO ZAČAŤ S OTUŽOVANÍM VODOU	52
Športové otužovanie	55
Možné kontraindikácie otužovania	55
Alkohol a otužovanie	56
CHLADOVÁ EXPOZÍCIA A ŠPORT	58
CWI a jeho spôsoby aplikácie	62
Ochladzovanie ihneď po tréningu	63
Analýzy a metaanalýzy článkov s CWI	65
Štúdie o nižšom počte probandov s použitím CWI ako regeneračnej metódy	67
Pozitívne účinky pri aplikácii CWI	69
Prerušované CWI	71
Oneskorené CWI	74
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV	76

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1	- Najdôležitejšie miesta tvorby tepla
Tabuľka 2	- Tepelné vnímanie a reakcie tela
Tabuľka 3	- Odporúčania dĺžky pobytu vo vode
Tabuľka 4	- Odporúčania dĺžky pobytu vo vode pre začiatočníkov
Tabuľka 5	- Výdaj tepelnej energie počas plávania vo vode
Tabuľka 6	- Tri stupne reakcií po ponorení do ľadovej vody

ZOZNAM SKRATIEK

18FDG-PET	- vyšetrenie v onkologickej diagnostike
ATP	- adenosíntrifosfát
BAT	- brown adipose tissue - hnedé tukové tkanivo
CNS	- centrálna nervová sústava
CWI	- cold water immersion
CWT	- contrast water therapy
DOMS	- oneskorená svalová bolesť
MET	- metabolické teplo
mmHg	- Torr, jednotka tlaku
PET	- pozitronová emisná tomografia
WBGT	- Wet bulb Globe
TBD	- suchý teplomer
TRPV1	- iónový kanál aktivovaný zvýšenými teplotami
TRPM8	- iónový kanál aktivovaný zníženými teplotami
TWB	- vlhký teplomer
TG	- teplomer čierna guľa

CUDZIE SLOVÁ

anafylaxia	- prudká celková reakcia na stretnutie s antigénom
analgetický	- liek na utíšenie bolesti
anémia	- úbytok červených krviniek, chudokrvnosť
biopsia	- odobratie tkaniva zo živého organizmu a jeho mikroskopické vyšetrenie
bradykardia	- spomalenie srdcovej činnosti
bronchokonstrikcia	- stiahnutie dýchacej trubice
cirkadiánny	- týkajúci sa zmien fyziologických funkcií organizmu s približne dennou periódou
cold water immersion	- ponorenie do studenej vody
contrast water therapy	- kontrastná vodná metóda
edém	- vodnatý opuch tkaniva
ektopický	- abnormálne uložený
erythropoetín	- hormón podporujúci tvorbu krvných elementov
estrogén	- hlavný ženský pohlavný hormón
examinátor	- osoba ktorá skúša
extracelulárny priestor	- mimo bunkový
faciálna časť	- oblasť hlavy tvárová časť
habituácia	- navykanie, prispôsobenie sa organizmov
heat index	- teplotný index
hemoglobín	- červené krvné farbivo
homoiotermia	- konštantná telesná teplota
Homoiotermia	- schopnosť udržať stálu telesnú teplotu
hypercholesterolémia	- zvýšená koncentrácia cholesterolu v krvi
hypertrofia	- zväčšenie
hypotalamus	- spodná časť, mozgu

hypotenzia	- zníženie krvného tlaku
chladová paroxyzmálna hemoglobínúria	- prechodná prítomnosť krvi v moči spôsobená chladom
inhibícia	- spomalenie
inspírrium, expírrium	- nádych, výdych
intervencia	- zakročenie, zásah
ischemizácia	- nedostatočné prekrvenie
lipidy	- tuky
nociceptor	- receptor vnímania bolesti
paracervikalny	- paralelne s krkom, blízko pri krku
poikilotermia	- závislosť látkovej výmeny živočíchov od teploty prostredia (chladnokrvné živočíchy)
postprandiálny	- objavujúci sa po jedle
progesterón	- steroidný ženský hormón
rektum	- konečník
sinus caroticus	- mechanoreceptor umiestnený v karotickej tepne reagujúci na rýchle zmeny arteriálneho tlaku
subepiteliálny	- nachádzajúci sa pod epitelom
subkutánný	- podkožný
supraclavikulárny	- oblasť nad kľúčnou kosťou
synkopa	- náhle krátkotrvajúce bezvedomie
tachykardia	- zrýchlená činnosť srdca
vazodilatácia	- rozšírenie ciev
vazokonstrikcia	- zúženie ciev
viscerálny	- útrobný
YOYO intermittent recovery test	- test zahrňujúci beh v stále zvyšujúcej sa rýchlosti až do vyčerpania

ÚVOD

Ľudské telo ako organizmus reaguje na podmienky, v ktorých sa nachádza. V určitých podmienkach sa telo na opakujúci podnet prispôsobuje. Jedným z pravidelne opakujúcich podnetov, na ktorý sa telo dokáže adaptovať, sú nízke teploty. S nízkymi teplotami telo prichádza do styku prostredníctvom kože, v ktorej sa nachádzajú termoreceptory. Tie sprostredkujú mozgu informácie o teplote okolia. Termoreceptory disponujú určitým rozsahom senzitivity. Za rozsahom senzitivity sa chladový podnet už vyhodnocuje prostredníctvom nociceptorov ako bolesť. Človek k správnej funkcii procesov v tele potrebuje stabilnú telesnú teplotu, ktorú si vytvára a stabilizuje prostredníctvom termoregulácie. Na pravidelné chladové podnety prostredníctvom otužovania studenou vodou (cold water immersion, CWI) telo reaguje adaptáciou.

Poznáme tri spôsoby adaptácie: metabolická, izolačná, hypotermická. V športe sa CWI začalo používať aj ako prostriedok na zvyšovanie športovej výkonnosti s hypotézou, že CWI zlepšuje regeneráciu.



PREDSLOV

Cieľom publikácie bolo ponúknuť širokej verejnosti prístup k informáciám o otužovaní s fokusom na problematiku otužovania prostredníctvom studenej vody. Vyhľadávanie štúdií v tejto publikácii nesledovalo princípy nástroja PICO. Hlavným kľúčovým slovom, ktoré sme zadávali do rôznych vyhľadávačov štúdií, bolo “Cold water immersion” - otužovanie studenou vodou. Následne z týchto prác boli extrahované relevantné informácie pre túto problematiku.

V oblasti účinkov otužovania na ľudský organizmus naďalej prebieha množstvo výskumov. V budúcnosti online publikáciu budeme rozširovať o ďalšie poznatky. Na účinky otužovania vplýva nespočetne mnoho faktorov, a preto je komplikované vyvodzovať jednoznačné závery.

U laickej verejnosti v súčasnej dobe získava otužovanie popularitu. V minulosti sa na otužilcov pozeralo ako na “bláznov doby”. Dnes je to symbol ochoty jedinca vystúpiť z “komfortnej zóny”. Pocity, ktoré človek zažíva pred, počas a hlavne po otužovaní, pravdepodobne dodávajú tejto činnosti až priam mystický charakter. Preto aj v oblasti otužovania sa aktuálne spomínajú len samé benefity a priaznivé účinky v oblasti regenerácie. Avšak výsledky štúdií v tejto oblasti sú kontroverzné. Dôvodom je, že na otužovanie a jeho účinky pôsobí nespočetné množstvo faktorov. Nám známe determinanty, ktoré pravdepodobne majú vplyv na účinky CWI sú nasledovné: teplota vody ako dominantný faktor, spôsob ponorenia (celotelové, lokálne), dĺžka pobytu vo vodnom prostredí, aktivita alebo inaktivita vo vodnom prostredí, súvislý alebo prerušovaný pobyt vo vodnom prostredí o konštantnej teplote vody a rozdielnosť dĺžky cyklov ponorení, prerušované ponorenie do vôd s rozdielnymi teplotami a rozdielnosť dĺžky cyklov ponorení, stav únavy organizmu, dĺžka spánku a jeho kvalita, hladina glukózy v krvi, teplota prostredia (je rozdiel, ak je vonku +12°C, zamračené a veterno alebo +5°C slnečno a bezvetrie), veľkosť tela (objem), zloženie tela, hrúbka podkožného tuku, stojatá alebo tečúca voda, aktuálny stav adaptácie jedinca na CWI, aktuálne mentálne nastavenie, úroveň aktivity hnedého tuku, druh zaťaženia ktoré bolo realizované pred CWI (fyzická aktivita), kondícia jedinca, denná doba, pocit sýtosti, biorytmus, genetické faktory, poloha tela pri CWI, pohlavie a vek.

Práve pre uvedené množstvo vplyvajúcich faktorov je veľmi zložité naprogramovať vhodný druh experimentu a ešte zložitejšie vyvodiť jednoznačné závery. Jedno však možno konštatovať s istotou. Ak veríme v účinnosť nami zvolenej metódy, postupu, protokolu, amuletu či iného prostriedku pomoci, je dosť pravdepodobné, že vplyv psychiky nám pomôže pocítiť benefit z danej činnosti.

OTUŽOVANIE

Zeman (2006) definuje otužovanie ako cieľavedomú činnosť, ktorej cieľom je zlepšiť schopnosť organizmu pohotovo reagovať na klimatické výkyvy vonkajšieho prostredia.

Makai (2012) považuje otužovanie za metódu posilnenia imunitného systému, zlepšenia telesnej zdatnosti, upevňovania zdravia a pevnej vôle.

Otužovanie je proces vedúci k schopnosti organizmu lepšie vnímať teplotné klimatické výkyvy vonkajšieho prostredia. Táto činnosť by mala pomôcť nášmu organizmu pohotovejšie reagovať na teplotné zmeny okolia (Švábová, 2013).

Novák a Zeman (1979) uvádzajú, že otužovanie je cieleňá činnosť, ktorou sa zvyšuje otužilosť organizmu, čo je schopnosť organizmu odolávať klimatickým výkyvom vonkajšieho prostredia. Čiže ide o vypracovanie a udržiavanie podmienených reflexov vedúcich k dostatočne rýchlej a účinnej adaptácii na tieto výkyvy.

Medzi ďalšie najbežnejšie formy otužovania patria: otužovanie vodou, otužovanie slnkom, otužovanie vzduchom, otužovanie saunovaním (Novotný a Zeman 1979).

Vzhľadom na fokusáciu tejto publikácie sa v nej budeme zaoberať len otužovaním vodou.

Ak sa otužovanie periodicky opakuje, stáva sa životným štýlom jedinca. Švedová a kol.(2018) píše, že zdravý životný štýl má pozitívnu pro zdravotnú dimenziu a je predpokladom akejkolvek miery kvality života.

Zotavenie (regenerácia) prostredníctvom otužovania cold water immersion (ďalej len CWI) - otužovanie studenou vodou, bolo prenesené do športu pravdepodobne z medicínskeho prostredia, kde sa využíva chlad hlavne pre jeho analgetický účinok (Barnett, 2006).

Súhrn

Cieľom otužovania je zlepšiť schopnosť organizmu pohotovo reagovať na klimatické výkyvy vonkajšieho prostredia. Otužovať možno vodou, slnkom, vzduchom a saunovaním.

MANAŽMENT ORGANIZMU S TEPELNOU ENERGIU

Tolerancia teplôt

Tolerancia tepla je taká teplota, pri ktorej nedochádza k poškodeniu živých tkanív človeka (Jandova, 2009):

- vzduch: 100 °C
- voda: celkový kúpeľ +42°C, čiastočný +46°C
- celotelová chladová termoterapia (kryokomory): -180°C maximálne do 3 minút a pri nepretržitom pohybe človeka chôdzou, poklusom
- ľad: -6°C do jednej minúty pri celkovom pôsobení
- piesok: +55°C
- para: +50°C až +55°C.

Poruchou termoregulácie alebo vystavením organizmu extrémnym teplotným podmienkam môže nastať hypotermia alebo hypertermia organizmu. Pri hypotermii môže klesnúť teplota jadra organizmu až na 26°C. Zvýšením teploty tepelného jadra nad 42°C dochádza k hypertermii. Pri týchto teplotách hrozí nebezpečenstvo smrti vplyvom zlyhávania metabolizmu (Jandova, 2009).

Zdravý človek je schopný určitý čas zniesť zmeny vonkajšej teploty okolia v rozmedzí od -50°C do +100°C. **Vo svojom vnútri toleruje teplotný rozdiel len 4°C.** Živá bunka toleruje zmeny od -1°C do +45°C (kedy sa už začínajú zrážať bielkoviny). Teplota telesného jadra môže byť aj o 20°C vyššia ako teplota kože (Šteiner, 2010).

Dospelý človek si udržiava stálu telesnú teplotu svojimi regulačnými schopnosťami vo fyziologickom rozpätí pri teplotách okolia od 12°C do 55°C (ak je suchý vzduch, bez prúdenia), aj pri rozličnej telesnej námahe (Fyziológia, 2021).

Seliger (1983) uvádza, že pri ťažkej svalovej práci môže telesná teplota stúpnuť o 1-2°C, pri veľkom podchladení trochu klesá. Najvyššie a najnižšie zdokumentovanie telesnej teploty, z ktorých sa človek pri prehriatí alebo podchladení zotavil sú 43 °C a 20 °C.

Odchýlky od bežnej telesnej teploty 36,7°C znáša organizmus smerom k horúčke len o niečo viac ako 5°C. Avšak v oblasti podchladenia je toto spektrum až 16°C. Pri ochladení o niekoľko stupňov dochádza po návrate do normálneho prostredia k spontánnemu zvýšeniu teploty a organizmus spravidla nie je poškodený. Ak klesne teplota jadra pod 28°C, je spontánný návrat nemožný, pri zahriatí však dochádza k návratu do normálu. Človek znesie bez následkov pokles teploty až na 21°C, čo sa využíva v chirurgii (Ganogng, 2005).

Tepelná vodivosť vody je 25-krát vyššia ako na vzduchu. Tepelné straty organizmu sa vo vode zvyšujú až 250-krát. Napriek tejto enormne zvýšenej vodivosti predstavujú straty tepla z organizmu vo vode len asi **2 až 3-násobok strát na vzduchu. Pri rýchlo prúdiacich tokoch studených horských riek sa táto strata zvyšuje na 4 až 5-násobok** (Novotný, 2019). Inú

hodnotu tepelnej vodivosti vody uvádza Radvanský (2011), a to hodnotu 26 krát vyššiu ako vzduch. Tipton a kol. (2017) uvádza tepelnú vodivosť vody oproti vzduchu ako 24 krát vyššiu a Buchancová a kol. (2003) uvádza tepelnú vodivosť vody pre odovzdávanie tepla 20 krát väčšiu ako pri rovnako chladnom vzduchu.

Je všeobecná zhoda v tom, že voda s teplotou 18°C predstavuje u väčšiny dospelých osôb hranicu, pod ktorou klesá telesná teplota rýchlejšie pri plávaní ako v pokoji. Zmeny tejto hranice sú závislé predovšetkým na vrstve podkožného tuku (Zeman, 2006).

Už dlho je známe, že významný podiel na stratách telesného tepla v chladnej vode má samotné plávanie. Telesná teplota pri ňom klesá viac ako v pokoji. Termoregulačné pochody organizmu, spojené s periférnou vazokonstrikciou (zúženie ciev) a odsunom krvi z kože a podkožia (centralizácia obehu), sú obzvlášť zapojené pri pobyte v pokoji v studenej vode. **Pri plávaní sú rušené vazodilatáciou (roztiahnutie ciev) vo svalstve, čo vysvetľuje vyšší tepelný výdaj. Na tom sa podieľa aj fyzikálny vplyv cirkulácie chladnej vody okolo tela plavcov.** Termoregulačné pochody, vazokonstrikcia a centralizácia obehu krvi majú za následok klesanie telesnej teploty aj po opustení ľadovej vody. **Po rozcvičení dochádza k prekrveniu periférie a cirkulujúca krv odovzdá ďalšie teplo z telesného obalu. Výsledkom je ďalší pokles teploty** (Kučera & Dylevský, 1999).

Súhrn

Zdravý človek je schopný určitý čas zniesť zmeny vonkajšej teploty v rozmedzí od -180°C do +100°C, no vo svojom vnútri toleruje len rozdiel 4°C. Voda s teplotou 18°C je hranicou, pod ktorou klesá telesná teplota rýchlejšie pri plávaní ako v pokoji.

Tvorba tepla v ľudskom organizme

Pre existenciu človeka je základnou podmienkou dokázať udržať konštantnú telesnú teplotu. Od teploty závisia procesy fyziologické, biochemické, psychické a fyzická aktivita. Všetky funkcie nášho organizmu vyžadujú stálosť teploty vnútorného prostredia. Schopnosť udržiavať konštantnú telesnú teplotu v určitom rozmedzí sa nazýva termoregulácia. Tá je podmienená presnou reguláciou rovnováhy medzi výdajom a tvorbou tepla v organizme (Fyziológia, 2021).

Chladnokrvné živočíchy (poikilotermné) nemajú stálu teplotu tela. Teplota ich tela závisí od okolia a fyzikálnych zákonov. Teplokrvné živočíchy, medzi ktoré patrí aj človek, si udržiujú stálu teplotu tela regulačnými mechanizmami pri látkovej premene. Tieto mechanizmy riadia tvorbu tepla a výdaj tepla z organizmu pri výkyvoch vonkajšej teploty. Nazývame ich termoreguláciou. Nie všetky procesy termoregulácie sú vedecky objasnené (Makai, 2012).

Termoregulácia je proces, ktorý udržiava stálu telesnú teplotu organizmu. Organizmus človeka svojou činnosťou produkuje teplo, prostredníctvom kože a kožných štruktúr prijíma teplo z okolia, odovzdáva teplo do okolia a určitým spôsobom reguluje všetky tieto procesy (Zvonár, 2005).

Človek toleruje iba niekoľko stupňové výkyvy telesnej teploty. Ľudia udržiavajú svoju vnútornú telesnú teplotu pri 37°C. Autori uvádzajú, že teplota telesného jadra je udržiavaná v rozmedzi 36-38°C. Výnimkou je teplota testes (semeníky) o 1-2°C nižšia ako je teplota tela (nižšia teplota v semenníkoch je potrebná pre tvorbu spermií) (Fyziológia, 2021).

Termoregulácia je schopnosť organizmu udržiavať stálu optimálnu telesnú teplotu. Regulačným centrom je hypotalamus, kde sú vyhodnocované signály z termoreceptorov. Na teplote tela závisia všetky biochemické pochody v organizme. Metabolické procesy sa zrýchľujú alebo spomaľujú podľa toho, či sa teplota zvyšuje alebo znižuje (Rokyta, 2008).

Pri udržiavaní stálej telesnej teploty musia byť v dynamickej rovnováhe dva procesy – tvorba tepla a výdaj tepla. Hlavným zdrojom tepla sú biochemické reakcie biologických oxidácií, ktoré neustále prebiehajú v tkanivách. Väčšina tepla sa tvorí vo vnútorných orgánoch – v pečeni, mozgu, srdci a pri fyzickej aktivite v kostrových svaloch. Vytvorené teplo sa rozvádza krvným obehom do celého organizmu (Fyziológia, 2021).

Ľudský organizmus si udržiava stálu teplotu vlastnou tvorbou a odovzdaním tepla. Fyziologické hranice tela 36,6-37°C sú stále. Dôležité riadiace centrum sa nachádza v hypotalame (časť mozgu) (Makai, 2012).

Termoregulácia je riadená z hypotalamu – termoregulačného centra

1. nervovo - prostredníctvom vegetatívnych nervov ovplyvňujúcich vazodilatáciu a vazokonstrikciu. Vazodilatáciou sa zvyšuje prísun krvi k povrchu tela, zvyšuje sa výdaj tepla a naopak, vazokonstrikciou pri pôsobení chladu sa strata tepla znižuje.
2. hormonálne - vyplavovaním hormónov štítnej žľazy a drene nadobličiek (Ďurianová, Hupka a Kolesár, 1975).

Teplota nad 38°C je hypertermia, zatiaľ čo teploty pod 35 °C sú hypotermické. Ľudia môžu získať alebo stratiť teplo fyzikálnymi procesmi konvekcie, vedením a žiarením. Fyziologický proces potenie ochladí telo, zatiaľ čo fyzická aktivita zvyšuje rýchlosť metabolizmu, ktorá telo zahreje. Pri všetkých chemických procesoch, ktoré prebiehajú v ľudskom organizme sa časť energie uvoľňuje ako tepelná energia. Rovnováha medzi teplom vyrobeným telom a teplom, ktoré organizmus stráca, je vyjadrená telesnou teplotou. Rozoznávame dva druhy telesnej teploty organizmu. Vnútorná teplota tkanív uložených hlboko v tele (hrudníku, brušnej dutine, panve). Tá je relatívne konštantná - 37°C. A povrchová telesná teplota (teplota kože, podkožného väziva, tuku), ktorá klesá a stúpa v závislosti od vonkajšieho prostredia (Hupka., Kolesár a Žaloudek., 1993).

Ľudské telo sa z hľadiska termogenézy a termoregulácie skladá z homoiotermného jadra a poikilotermného povrchu tela. Homoiotermný znamená schopnosť udržať stálu telesnú teplotu. Homoiotermné jadro je tvorené vnútornými orgánmi: mozog, pľúca, srdce pečeň, gastrointestinálny trakt, ktoré produkujú teplo. Poikilotermný znamená minimálna termoregulačná schopnosť. Poikilotermný je povrch tela, tzv. šupka, rozličnej šírky a teploty na rôznych častiach tela tvoreného kožou, podkožím a svalstvom. Homoiotermné jadro tvorí cca 65% celkového objemu tela, cca 8% hmotnosti a v kľude vie vyprodukovať nad 70% tepla tela. Poikilotermný obal tvorí cca 35% celkového objemu tela, tvorí ho koža, podkožie, cievy, kosti, svaly, kĺby a váži cca 52% telesnej hmotnosti. V kľude vytvorí cca 18% tepla, pri činnosti svalov dodá telu až 70% tepelnej energie (Jandova, 2009).

Ľudské telo pozostáva z jadra, ktoré produkuje teplo a z obalu, ktorý odovzdáva resp. prijíma teplo. Orgány s intenzívnym metabolizmom sú v lebke, v trupe, v bruchu a predstavujú „jadro“. Orgány jadra (mozog, pľúca, srdce, pečeň, zažívacie trakt, obličky) predstavujú asi 3% hmotnosti tela, ale v podmienkach pokoja spotrebujú až 70% tepla. Obal tela, svalstvo a pokožka, spotrebujú asi iba 18% tepla (Makai, 2012). Vo Fyziológia (2021) sa ako hlavný zdroj tepla uvádzajú biochemické reakcie biologických oxidácií, ktoré neustále prebiehajú v tkanivách. Väčšina tepla sa tvorí vo vnútorných orgánoch: v pečeni, mozgu, srdci a pri fyzickej aktivite v kostrových svaloch.

Rokyta (2008) uvádza, že tvorba tepla prebieha v telesnom jadre v pečeni. Tá si udržuje konštantnú teplotu 39-40°C nezávisle na okolitej teplote, pretože má veľmi aktívny metabolizmus. Väčšinou sa teplo tvorí ako vedľajší produkt pri metabolických dejoch. Môže sa však tvoriť aj cielene, a to svalovou činnosťou alebo zvýšeným účinkom metabolických hormónov.

Pri telesnej práci prudko stúpa produkcia tepla v organizme, môže byť až niekoľkonásobná. Pritom sa takmer úplne menia tepelné pomery v organizme. Pri telesnej práci sa tvorí 75% tepla v obale a zostatok v jadre (Tabuľka 1.). Benefitom tohto procesu je to, že teplo vytvorené v obale sa môže rýchlo odstrániť. Pri svalovej práci prebieha odstraňovanie tepla v smere obal-okolie. V stave pokoja je to v smere jadro-obal-okolie. Inak povedané, v pokoji sú podmienky, ktoré zaručujú, že teplo vytvorené v jadre ostáva v jadre, čím sú priaznivo ovplyvnené metabolické procesy vnútri tela. Odvod tepla prebieha prostredníctvom tkanív, ktoré obklopujú jadro. Z nich prechádza do vonkajšieho prostredia. Odvod tepla výrazne zaťažuje organizmus. Pri telesnej práci je transport v smere jadro-obal výrazne obmedzený, lebo teplo tvoriace sa v obale sa odovzdáva bezprostredne do okolia. To znamená, že organizmus hospodári s teplom pri telesnej práci ekonomicky (Makai, 2012).

Tabuľka 1. Najdôležitejšie miesta tvorby tepla (upravené podľa Makai, 2012)

NAJDÔLEŽITEJŠIE MIESTA TVORBY TEPLA		
ČASŤ TELA	V POKOJI	PRI FYZICKEJ AKTIVITE
MOZOG	16%	3%
TRUP	56%	22%
KOŽA A SVALSTVO	18%	73%
OSTATNÉ (KOSTI, ATĎ.)	10%	2%

Teplu sa tvorí ako vedľajší, ale mimoriadne dôležitý produkt metabolizmu v aktívnych štruktúrach tela (pečeň, svaly), príjmom potravy (špecificko-dynamický efekt živín) a svalovou prácou (Fyziológia, 2021).

Tvorba tepla sa zvyšuje (Fyziológia, 2021):

1. účinkom niektorých hormónov, ktoré ovplyvňujú metabolizmus:
 - hormóny štítnej žľazy
 - drene nadobličky – katecholamíny
2. autonómnym nervovým systémom (sympatikus)
3. svalovou aktivitou.

Podľa Zvonára (2005) medzi hlavné činitele ovplyvňujúce telesnú teplotu patria:

1. vek
 - u detí do puberty je telesná teplota labilnejšia, u starších ľudí (nad 75 rokov) je riziko hypotermie pre zníženú kontrolu termoregulácie
2. biorytmus
 - najnižšia telesná teplota je o 2-6 hodine ráno, najvyššia o 17-18 hodine večer
3. telesná aktivita
 - fyzická práca a telesné cvičenie zvyšujú telesnú teplotu
4. hormóny
 - u žien sa počas ovulácie zvyšuje telesná teplota o 0,36°C nad bazálnu teplotu
 - stres a stimulácia sympatika, môžu spôsobiť zvýšenie produkcie adrenalínu, čo sa prejaví zvýšenou metabolickou aktivitou a produkciou tepla
5. prostredie
 - extrémna vonkajšia teplota

Medzi ďalšie mechanizmy tvorby tepla patria (Rokyta a kol., 2008):

1. vazokonstrikcia ciev
 - dôjde k zúženiu ciev a zmenšeniu prietoku krvi povrchovou kapilárnou sieťou
2. piloerекcia („husia koža“ alebo „zimomriavky“)
 - nastáva pri potrebe udržať telesnú teplotu za pomoci izolovanej vrstvičky vzduchu medzi chlpmi.

Zeman (2006) uvádza, že aj pomer povrchu tela k telesnej hmotnosti má tiež význam v termoregulácii. Človek s dobre vyvinutým svalstvom má menší povrch tela vzhľadom na svoju hmotnosť a je teda menej disponovaný k prechladnutiu. Opačná situácia je u malých detí, ktoré majú relatívne veľký povrch tela a vykazujú veľké straty tepla. Tieto straty sú ešte umocnené spravidla ich malou vrstvou podkožného tuku.

Súhrn

Pre našu existenciu musíme udržiavať konštantnú telesnú teplotu, a to cca 36-37°C. Teplota nad 38°C je hypertermia a teplota pod 35°C je hypotermia. Regulačným centrom telesnej teploty je hypotalamus. Na udržiavaní telesnej teploty sa dynamicky podieľajú dva procesy, a to tvorba a výdaj tepla. Hlavným zdrojom tepla v klude sú biochemické reakcie. Ľudské telo pozostáva z jadra, ktoré produkuje teplo a z obalu, ktorý teplo udržiava alebo odovzdáva. Pri telesnej práci sa tvorí 75% tepla v obale a zostatok v jadre. Medzi hlavné činitele ovplyvňujúce telesnú teplotu patria: vek, biorytmus, telesná aktivita, hormóny, prostredie.

Receptory vnímania teploty

Čihák (1997) rozdeľuje podnety na mechanické (tlak, dotyk), tepelné, elektromagnetické (svetlo) a chemické (chuť, vôňa, obsah O₂ a CO₂ v krvi). Podnety charakterizuje ako rôzne formy energie z vonkajšieho a vnútorného prostredia, ktoré sú buď fyzikálne alebo chemické.

Teplota je vnímaná dvoma typmi zmyslových orgánov: jedny reagujú na teploty o niečo málo vyššie ako je telesná teplota, druhé na teploty o niečo nižšie ako je telesná teplota. Prvé z nich sú čidla pre teplo a druhé sú čidla pre chlad. Avšak adekvátnymi stimulmi sú len dva rôzne stupne tepla, pretože chlad nepredstavuje žiadnu formu energie (Ganong, 2005). Chlad ako taký je fyziologický pojem a nedá sa vymedziť ako fyzikálna veličina. Vplyv chladu hodnotíme, buď na základe subjektívneho vnímania alebo podľa druhu odpovede zo strany nášho organizmu (Komačeková, 2003).

S vnímaním tepla je to zložitejšie a špeciálne s vnímaním chladu. Ako môže vyvolať stimul niečo čo má menšiu tepelnú energiu „je chladnejšie“ než bunky v našom tele? Jedna fyzikálna poučka tvrdí, že teplo ide z teplejšieho prostredia do chladnejšieho. Ako môže chlad vyvolať signál v tele, keď má energia prúdiť opačným smerom? Donedávna neexistovala úplne uspokojivá odpoveď a aj dnes ide o aktívnu oblasť výskumu. Kľúčovú úlohu v procese zohrávajú proteíny. Proteíny sú dlhé molekuly, ktoré sa usporiadajú do 3D tvaru a práve tento

tvár definuje ich funkciu. Bežne sú citlivé na teplotu, pri jej zvýšení sa rozpletajú, teda denaturujú. To je jedným z kľúčových aspektov tepelnej prípravy jedál. Proteíny spĺňajú v tele najrôznejšie funkcie. Jednou z nich je tvorenie iónových kanálov. Ióny sú nabité častice, ktorých hromadenie v bunke môže vyvolať vznik nervového signálu. Na pohyb iónov, a teda vznik nervového signálu majú kľúčový vplyv práve proteíny, ktorých priepustnosť sa mení v závislosti od prostredia, napríklad aj od teploty. Špeciálnu úlohu zohrávajú dva iónové kanály TRPV1 a TRPM8. Prvý z nich je aktivovaný zvýšenými teplotami, ten druhý zníženými. Fyzikálny vplyv teploty sa teda prejaví na správaní proteínov, ktoré zmenia priepustnosť iónov do bunky, a tie následne vyvolajú nervový signál, ktorý mozog interpretuje ako teplo či chlad. Teplota však nie je jediná vec, ktorá dokáže tieto kanály aktivovať. Ten prvý z nich, TRPV1, je citlivý napríklad aj na kapsaicín, látku, ktorá sa nachádza v čili papričkách. Ten druhý, TRPM8 je zas citlivý na mentol. Preto vedľa niektoré potraviny vyvolať dojem tepla či chladu (Kováčik, 2021).

Mapovacie pokusy ukázali, že na koži existujú oddelené miesta citlivé na chlad a na teplo. Pritom je 4 až 10 krát viac miest citlivých na chlad než na teplo (Ganong, 2005). Človek má približne 250 000 receptorov pre chlad a pre teplo len 30 000 (Hupka, Kolesár, a Žaloudek, 1993). **Hustota rozmiestnenia termoreceptorov a nociceptorov nie je všade rovnaká.** Na tele sú miesta rôzne citlivé na zmenu teploty. Receptory vnímajúce teplo sú hlbšie než tie, ktoré vnímajú chlad. Chladových receptorov máme výrazne viac. Najviac termoreceptorov na ľudskej koži sa nachádza okolo očí, pier a uší (asi 20/cm²). Naopak na trupe ich je pomerne málo (Králová, 2021).

Tepelný zmyslový orgán tvoria voľné nervové zakončenia, ktoré reagujú na absolútnu teplotu a nie na teplotný gradient kože. **Chladové receptory reagujú v rozmedzí teploty medzi 10-38°C a tepelné receptory v rozmedzí 30-45°C (Ganonong, 2005).**

Zmyslové orgány sú uložené subepiteliálne (nachádzajúci sa pod epitelom), a preto ich reakciu určuje teplota podkožných tkanív. Pri dotyku vnímame kovové objekty subjektívne chladnejšie než drevené objekty, hoc absolútna teplota oboch je rovnaká. Je to preto, že kov odvádza teplo z kože rýchlejšie, a tým zároveň viac ochladzuje podkožné tkanivo. **Pri teplote kože nižšej ako 20°C a vyššej ako 40°C nie je žiadna adaptácia. Ale v rozsahu medzi 20-40°C kožnej teploty je prítomná adaptácia. Číže pocity vyvolané teplotou stupňovite zoslabujú až k tepelnej neutralite.** Nad 45°C začína poškodzovanie tkanív a tepelné pocity sa stávajú bolestivými. Kapsaicinové receptory (receptory štipľavosti) môžu sprostredkovať odpoveď na teplo v rozsahu 43-50°C (Ganong, 2005).

Pre ľudské termoreceptory platí, že chladovými termoreceptormi vnímame teplotu v rozmedzí od 10°C do 30°C a tepelnými vnímame teplotu medzi 25°C až 40°C. Nociceptormi vnímame teploty v oblastiach pod 10°C a nad 45°C ako bolesť (Králová, 2021). **Rozsah senzitivity jednotlivých termoreceptorov nie je medzi autormi úplne jednotný.** Darby & Fryszak (2014) udávajú rozsahy teplôt chladových termoreceptorov od 5°C do 40°C pri bežnej teplote pokožky 34°C. Tepelné termoreceptory sú stimulované v teplotnom rozmedzí 29°C až 45°C. Jänig (2018) zase uvádza hranicu senzitivity chladových termoreceptorov od cca 10°C po

42°C a teplých termoreceptorov od 38°C až po 48°C. Selinger (1983) píše že, receptory pre chlad začínajú reagovať pri teplote nad 10°C. Ich reakcie dosahujú maximum pri 25°C a zanikajú nad 30°C. Receptory pre teplo začínajú reagovať pri teplote 30-40°C a zanikajú pri teplote 45°C. Taktiež uvádza, že veľmi nízke a veľmi vysoké teploty dráždia receptory bolesti - nociceptory.

Low a Reed (1994) uvádzajú, že pocit bolesti z chladu začína už pri 15°C. Sellwood a kol. (2007) uvádza, že teploty pod 15°C sú spojené s ďalším vnímaním bolesti a tiež vnímaním chladu. **Vrcholný pocit bolesti nastáva pri teplote približne 3°C po dobu najmenej 10 sekúnd** (Tabuľka 2).

Pri vnímaní intenzity bolesti je potrebné zohľadniť interindividuálny aj intraindividuálny prah vnímania bolesti človeka.

Tabuľka 2. Tepelné vnímanie a reakcie tela (upravené podľa: <https://lnk.sk/rab5>)

Teplota pokožky	< 15°C (neprijemná zima)		15-30°C (akceptovateľne studená)		30-43°C (akceptovateľne teplá)		>43°C (Neprijemne teplá)	
Vnemy pokožky	Bolestivá zima	Pálivá zima	studená	Chladná	Teplá	Horúca	Pálivé teplo	Bolestivé teplo
	Zóna tepelnej pohody							
Motorické reakcie	Ochranné reakcie tela		Termoregulácia				Ochranné reakcie tela	
Aferetné neuróny	<u>Receptory bolesti</u> reagujúce na chladový podnet		Neuróny reagujúce na chlad		Neuróny reagujúce na teplo		<u>Receptory bolesti</u> reagujúce na horúci podnet	

Informácie o teplote tela sú sprostredkované termoreceptormi, ktorých úlohou je informovať riadiace centrum o výraznejších teplotných výkyvoch. **V koži a slizniciach** sa nachádzajú receptory citlivé na chlad – Krauseho telieska. Tepelné receptory sú uložené v hypotalamovom jadre - Ruffiniho telieskach. **Hlboké tepelné receptory sa nachádzajú v oblasti miechy a v brušnej dutine a detegujú predovšetkým chlad.** Pre chlad je prahom vnímania zmena teploty minimálne o 0,004°C. Pri pôsobení chladu nastáva sumácia chladových podnetov z veľkých kožných plôch v zadnom centre hypotalamu, následkom čoho dochádza k vyvolaniu vazokonstrikcie a k zastaveniu funkcie potných žliaz, poprípade k vzniku triašky. Prostredníctvom triašky dochádza podobne ako pri svalovej činnosti k uvoľňovaniu veľkého množstva tepla na základe štiepenia adenozintrifosfátu (ATP). Pri rozklade väzby ATP sa teda uvoľní pomerne veľké množstvo energie o hodnote asi 30kJ/mol. Pri zvýšenom napätí svalu, kedy nedochádza k samotnej svalovej práci, je z chemických reakcií prebiehajúcich v svaľe

uvoľnených len 25% energie, zvyšok sa premení na teplo. Bunkový metabolizmus zvyšujú aj hormóny adrenalín a noradrenalín, ktoré zvyšujú bunkový metabolizmus bezprostredne, kým účinok takého tyroxínu (hormón štítnej žľazy, má vplyv na látkovú premenu a rast organizmu) je charakteristický pomalým nástupom a dlhodobým účinkom. Tyroxín môže zvýšiť metabolizmus aj dvojnásobne (taktiež ho môže znížiť aj o polovicu), kým adrenalín a noradrenalín môžu tvorbu tepla zvýšiť o 25% až 50% (Capko, 1998).

Termoreceptory zaberajú oblasti s priemerom približne 1 mm (Darby & Fryszak, 2014). Nachádzajú sa v pokožke - epidermis (vrchná vrstva kože) a vo vrchných vrstvách zamše - dermis (stredná vrstva kože). Intenzita vnemov tepla alebo chladu závisí na frekvencii impulzov vysielaných do mozgu prostredníctvom termoreceptorov (Králová, 2021).

U človeka je maximálny počet impulzov za sekundu pomerne malý (rádovo desiatky impulzov). Niektoré živočíchy majú výrazne vyšší kmitočet impulzov. Príkladom zo živočíšnej ríše je raja (lat. Batoidea), ktorá má pri konštantnej teplote kože frekvenciu impulzov 50 Hz. Pri rýchlom ochladzovaní tento kmitočet stúpa až na 200 Hz. To je dôvodom, prečo dokážu niektoré živočíchy vnímať zmeny teploty výrazne citlivejšie, až v stotinách stupňov Celzia (Králová, 2021).

Adaptácia receptorov

Pokiaľ je na receptor aplikovaný podnet o konštantnej intenzite, frekvencie akčných potenciálov v senzorickom nerve klesajú v priebehu času. Tento fenomén sa nazýva adaptácia alebo desenzitivizácia. Stupeň adaptácie sa líši v rôznych typoch zmyslových orgánov. Dotyk sa adaptuje rýchle, jeho receptory sú fázické receptory. Naopak sinus caroticus (mechanoreceptor reagujúci na rýchle zmeny arteriálneho tlaku), svalové vretienka (mechanoreceptor snímajúci natiiahnutie a skrátenie svalu), orgány registrujúce chlad a bolesť a inflácia pľúc sa adaptujú veľmi pomaly a neúplne. Ich receptory sa označujú ako tonické receptory (Ganong, 2005).

Súhrn

Informácie o teplote tela sú sprostredkované termoreceptormi, ktorých úlohou je informovať termoregulačné centrum centrálného nervového systému o výraznejších teplotných výkyvoch. Teplota je vnímaná dvoma typmi zmyslových orgánov: jedny reagujú na teploty vyššie, než je telesná teplota, druhé na teploty nižšie, ako je telesná teplota. Na vnímanie chladu má ľudské telo 4 až 10 krát viac receptorov ako na teplo. Najviac termoreceptorov na ľudskej koži sa nachádza okolo očí, uší a pier. Pre termoreceptory platí, že termoreceptormi senzitívnymi na teplo vnímame teplotu medzi 25°C až 40°C. Termoreceptormi senzitívnymi na chlad vnímame teplotu v rozmedzí od 10°C do 30°C. Spodná hranica vnímania termoreceptorov senzitívnych na chlad je autormi uvádzaná odlišne (pod 15°C, 10°C, 5°C). Teplotu pod senzitivitou receptorov senzitívnych na chlad vnímame nociceptormi - receptormi bolesti. Preto nám "ľadová voda akoby láme kosti". Väčší chlad je silnejší stimul pre nociceptory, a tým pádom vysielajú vyššiu intenzitu signálu bolesti do mozgu. Chladové termoreceptory pod svojou spodnou hranicou

senzitivitiy naďalej snímajú chlad. Podnet, ktorý vysielajú do mozgu je spodná hranica senzitivity vnímania chladu. Ten sa naďalej interpretuje v mozgu ako spodná hranica ich vnímania chladu. Intenzitu chladu pod hranicou vnímania senzitivity chladových termoreceptorov umocňuje intenzita signálu bolesti z nociceptorov.

Transport tepla v organizme

Teplo sa v tele zvnútra „z jadra“ prenáša do obalu v podstatnej miere krvným obehom. Je to prenos prostredníctvom konvekcie. Pod konvekciou rozumieme prenos tepla prostredníctvom častí v pohybe. Malá časť tepla sa prenáša kondukciou, priamym šírením sa tepla z jedného tkaniva do druhého (Makai,2012).

Prostredníctvom krvného obehu má organizmus viacero možností regulácie tepla. Ak sa má pri prehriatí preniesť viac tepla z jadra do obalu, transport zabezpečujú také časti tela, ktoré pri relatívne malom priemere disponujú veľkým povrchom, a tým uľahčujú odovzdávanie tepla. Orgány s malým priemerom a veľkým povrchom sú končatiny. Predovšetkým ruky, nohy (hlavne prsty) a šľachy sa vyznačujú tým, že veľkosť ich prekrvenia je premenlivá. V krajných polohách **pri stiahnutí a roztiahnutí ciev sa môže do končatín privádzať rozdielne množstvo krvi. Týmto má organizmus možnosť prostredníctvom konvektívneho tepelného transportu krvou meniť transport podľa potreby. Pri podchladení stiahnutím ciev v končatinách obmedzí transport, a tým šetrí telu teplo. Pri hroziacom prehriatí v horúcom prostredí sa roztiahnutím ciev v končatinách zvyšuje ich prekrvenie a možnosť odovzdávať nadbytočné teplo z organizmu do okolia** (Makai,2012).

Termoregulačné vlastnosti končatín zvyrazňuje ich anatomická zvláštnosť. Tepny a žily v rukách a nohách prebiehajú paralelne, vedľa seba v dlhých úsekoch. Takto si môžu odovzdávať teplo. Vracajúca sa krv v žilách (odkysličená krv) z končatín je chladnejšia ako tepnová krv (okysličená krv) tečúca z jadra do končatín. **Takto vzniknutý tepelný rozdiel medzi tepnami a žilami a ich paralelný priebeh v dlhých úsekoch umožňuje lepšie odovzdávanie tepla medzi nimi.** Zložité regulačné mechanizmy a zmeny prúdenia krvi medzi žilami a tepnami spôsobujú, že prostredníctvom tejto protiprúdovej výmeny tepla dochádza, buď k zvýšenému odovzdávaniu tepla do okolia alebo k jeho úspore v tele (Makai, 2012).

Odovzdávanie tepla z tela do okolia prebieha jeho sálaním, vedením, odparením a konvekciou. Pri normálnych vonkajších podmienkach sú tepelné straty organizmu sálaním medzi pokožkou a okolím proporčne vyvážené. **Odparovanie vody z povrchu tela odoberá organizmu 580 kalórií tepla za minútu** (Makai, 2012). **Odparením 1 litra potu sa do okolia odovzdáva až 2400 kJ (573,6 kcal).** **Maximálna kapacita potenia u dospelého človeka je 3 litre za jednu hodinu. Čím sa môže v extrémnych podmienkach vydať potením až 7200 kJ (1720,8 kcal)** (Fyziológia, 2021).

Na odovzdávaní tepla vedením a konvekciou sa podieľa v podstatnej miere kožu obklopujúca vrstva vzduchu. Túto vrstvu vzduchu nazývame hraničnou. Pri hrubej hraničnej vrstve sa odovzdáva málo tepla, pri tenkej veľa. Na vonkajšej strane hraničnej vrstvy začína

konvektívne odovzdávanie tepla pohybom vzduchu medzi hraničnou vrstvou vzduchu a ostatným vzduchom (Makai, 2012).

Pri podmienkach priemerných teplôt prostredia, pri slabom pohybe vzduchu a pri 50% vlhkosti vzduchu sa rozdeľuje odovzdávanie tepla nasledovne (Makai, 2012):

- 45 % tepla sa odovzdáva - sálaním z kože a svalstva
- 20 % tepla sa odovzdáva - odparovaním cez kožu
- 25 % tepla sa odovzdáva - vedením cez kožu
- 10 % tepla sa odovzdáva - dýchacími cestami.

Tieto hodnoty sú premenlivé a závisia od teploty vonkajšieho prostredia. Pri teplotách nad 35°C sa odovzdáva najväčšia časť tepla sálaním, pri nižších teplotách sa zvyšuje podiel dýchacích ciest na viac ako 30%. Ústrednú úlohu pri chemickej termoregulácii organizmu zohrávajú pľúca. Podľa K. S. Trintschera sú pľúca najdôležitejším orgánom chemickej termoregulácie. P. A. Korchujev hovorí v týchto súvislostiach o multifunkcii pľúc. Krv privádzaná do pľúc z periférie, chudobná na kyslík, zintenzívňuje vnútropľúcne oxidačné procesy. Tým sa zvyšuje chemická produkcia tepla v pľúcach a uvoľňuje sa veľké množstvo energie (Makai, 2012).

Aktivita príslušnej osoby, ktorá je bežne označovaná ako metabolická produkcia tepla, je ovplyvnená pohlavím, vekom, mierou stresu, stravovacími návykmi, zdravotným stavom, dedičnými predpokladmi, no zo všetkého najviac intenzitou vykonanej činnosti. Na popis tejto intenzity sa používa jednotka MET (metabolické teplo). 1 MET sa rovná činnosti osoby, ktorá sedí v pokoji a produkuje tepelný tok 58,2 W/m² (Nahácky, 2018).

Buchancová a kol. (2003) píše, že produkcia tepla v organizme prebieha aj v pokojových bazálnych podmienkach a predstavuje asi 293kJ/h u "priemerného" muža, pri povrchu tela 1,9 m² je to 46.5 W.m⁻². Toto teplo sa nazýva bazálne metabolické teplo a jeho množstvo závisí od pohlavia, veku, výšky a telesnej hmotnosti. Pri svalovej práci pristupuje k tomuto teplu ešte mnohonásobne väčšie teplo z pracujúcich svalov, metabolické teplo netto. Sumáciou oboch tepelných produkcií vzniká produkcia brutto, ktorá sa pri prepočte na jednotku povrchu tepla nazýva metabolické teplo. Ak by sa pri nedostatočnej termoregulácii metabolické teplo v organizme kumulovalo, hrozilo by prehriatie organizmu - hypertermia. Pri chýbajúcej termoregulácii by základná látková výmena človeka s telesnou hmotnosťou 70 kg spôsobila zvýšenie telesnej teploty o 1,2°C/h. Svalová triaška zvyšuje tepelnú produkciu na 154 W . m⁻².

Súhrn

Prostredníctvom krvného obehu má organizmus viacero možností regulácie tepla. Teplo sa zvnútra tela (z jadra) prenáša do obalu dominantne krvným obehom - prenos konvekciou. Pod konvekciou rozumieme prenos tepla prostredníctvom častí v pohybe. Najlepšie odovzdávajú teplo časti tela s malým priemerom, ale veľkým povrchom (končatiny, hlavne prsty). Organizmus riadi prostredníctvom rozťahnutia alebo stiahnutia ciev množstvo krvi v danej

oblasti. Krv funguje ako transportér tepla. Telo si samo určuje či potrebuje teplo vydať - lebo sa prehrieva, alebo teplo udržať - výdaj tepla sa zastavuje, lebo hrozí jeho podchladenie.

Koža

Tepelná bilancia

Pre správnu činnosť všetkých orgánov je dôležité, aby si organizmus udržal konštantnú teplotu. Ľudské telo si udržuje homoiotermiu (konštantnú telesnú teplotu) produkciou a stratou tepla. **Na udržanie telesnej teploty je dôležitá koža a obsah vody v tele.** Koža, ktorá sa skladá z troch vrstiev 1. pokožky, 2. zamše a 3. podkožia, ktoré významne zasahuje do tepelnej bilancie. **Obsahuje termoreceptory** Krauseho telieska snímajúce chlad a Ruffiho telieska snímajúce teplo (Hupka, Kolesár a Žaloudek, 1993).

Rozhodujúci význam v termoregulácii tela má koža. Prostredníctvom špeciálnych neurovaskulárnych mechanizmov usmerňuje a reguluje výmenu tepla medzi organizmom a prostredím. **“Koža s vrstvou podkožného tuku je dôležitý tepelný izolátor a obmedzuje tok tepla prevažne na "kanály" cievneho systému, a tým umožňuje tepelnú reguláciu zmenami prievitu ciev”** (Trojan a kol., 2003).

Na výmene tepla medzi telom a okolím sa v prevratnej miere zúčastňuje práve koža, prostredníctvom ktorej sú zaznamenávané naše pocity tepla či chladu, pričom tieto pocity sú viac či menej subjektívne. Človek prichádzajúci z chladného prostredia pociťuje nižšiu teplotu okolia po určitý čas ako teplo, a naopak, človek prichádzajúci z vyhriateho prostredia pociťuje silné ochladenie ako veľmi príjemné. Pocit tepla a jeho intenzita závisia od veľkosti ohriateho telesného povrchu. Intenzita pocitu zase závisí od veľkosti tepelnej vodivosti prostredia, príkladom čoho môže byť, že 30°C teplý kúpeľ pociťujeme ako studený, kým 30°C teplý vzduch ako teplý (Hupka, 1980).

Cievny systém prenáša teplo veľmi dobre, a to z jadra na perifériu. Teplo z tela je vedené predovšetkým touto cestou. Reguláciou prietoku krvi podkožnými cievami je možné významne ovplyvniť straty tepla. Koža, podkožie a tuk sú izolátory. Majú tretinovú schopnosť viesť teplo a pred stratami organizmus chráni. Veľkým úbytkom tepla na periférii zabraňuje „protiprúdový mechanizmus“, kedy teplá arteriálna krv tečúca z jadra na periférii odovzdáva teplo chladnejšej krvi žilovej vracajúcej sa späť (Ganong, 2005).

Bežné oblečenie zníži straty tepla na polovicu, špeciálne až na jednu šestinú. Mokrú oblečenie naopak umožňuje až 20 krát vyššie straty tepla (Guyton a E Hall, 2006).

Máček a Radvanský (2011) uvádzajú, že ideálny rozdiel medzi teplotou jadra a kože v kľude je 4°C. Teplota kože je na rôznych miestach tela iná. Najnižšia je na prstoch rúk a nôh. Štandardne sa ako teplota jadra meria a udáva teplota rektálna (konečník) v hĺbke 5-8 cm. Pri intenzívnom cvičení mladého výkonného človeka produkujú pracujúce svaly 15 až 20 krát viac tepla, než bazálny metabolizmus. Ak by nefungovali termoregulačné mechanizmy, zvýšila by sa telesná teplota každých 5 minút o 1°C.

Súhrn

Na udržanie telesnej teploty je dôležitá koža a obsah vody v tele. Prostredníctvom kože sú zaznamenávané naše pocity tepla či chladu, pričom tieto pocity sú viac či menej subjektívne. Koža s vrstvou podkožného tuku je dôležitý tepelný izolátor a dokáže obmedziť tok tepla.

Dýchací systém

K intenzívnej telesnej záťaži často dochádza aj pri nižších teplotách, napríklad pri rôznych športových disciplínach. **Aj pri teplotách vzduchu okolo -25°C sa vzduch prechádzajúci naším nosom, ústami a priedušnicou zahrieva dostatočne rýchlo na teplotu blízku telesnej.** Je však potrebné vyvarovať sa hlbokému dýchaniu ústami, ktoré by mohlo byť príčinou poškodenia dýchacích ciest. **Výrazný chladný vzduch spôsobuje pokles dychovej frekvencie a znižuje dychový objem.** Teplota tracheálnej sliznice môže pri intenzívnom dýchaní chladného vzduchu klesnúť aj o 18°C, čo stimuluje receptory a reflexne tak dochádza k bronchokonstrikcii (stiahne sa dýchacia trubica). Na ochladenie reaguje sliznica prekrvením, čoho dôsledkom je ďalšie zúženie dýchacích ciest (Zeman, 2006).

Tukové tkanivo

Tukové tkanivo je jedným z typov väzivového tkaniva, v ktorom sú najviac zastúpené tukové bunky (adipocyty). Príjem lipidov a ich ukladanie vo forme triglyceridov umožňuje expanziu tukového tkaniva a je adaptívnou odpoveďou. Chráni tak iné tkanivá pred nadbytkom lipidov. Pri obezite dochádza k nadmernému ukladaniu tuku v bielom tukovom tkanive. Okrem úlohy pri hospodárení so živinami a v metabolizme, sú adipocyty vysoko aktívne sekrečné bunky produkujúce hormóny, adipokíny a chemokíny, ktoré hrajú úlohu v imunite, zápale, vaskulárnom raste a remodelácií matrix (Greenberg a Obin, 2006; Sun a kol., 2011).

Rozlišujeme **tri typy tukového tkaniva**, ktoré sa líšia svojou stavbou a funkciou: **biele tukové tkanivo**, ktoré ukladá prebytočnú energiu vo forme triglyceridov a je významným endokrinným orgánom, **hnedé tukové tkanivo**, ktoré je špecializované na premenu energie a jej uvoľnenie vo forme tepla a **béžové tukové tkanivo**, ktoré energiu neukladá, ale spaľuje (Ross a Pawlina, 2011; Sepa, Kishi a Ceddia, 2018).

Buchta (2015) uvádza len dva druhy tuku, a to biely a hnedý. Biely tuk je obyčajný viditeľný podkožný tuk. Hnedý tuk vidieť nie je, ale jeho význam spočíva v držaní a vytváraní telesného tepla. Pri rannej studenej sprche dochádza k jeho aktivácii a zvýši sa energetický výdaj. Tým dôjde aj k navýšeniu spálených kalórií. Aktiváciou hnedého tuku je telo schopné za rok doceliť straty okolo 4kg bieleho tuku.

Muži sú viac ohrození metabolickými komplikáciami obezity, pretože majú sklon k ukladaniu viscerálneho tuku, zatiaľ čo ženy, napriek ich vyššiemu percentu telesného tuku v porovnaní s mužmi, inklinujú k akumulácii podkožného tuku. So stúpajúcim vekom sa

distribúcia telesného tuku čiastočne presúva zo subkutánných (podkožných) do viscerálnych (útrobných) tukových oblastí (Demerath a kol., 2008; Blaak, 2001).

Tukové tkanivo malo podľa klasických učebníc tri funkcie (Svačina, 2013):

1. Energetická rezerva (pri hladovaní sú triglyceridy štiepené na mastné kyseliny a glycerol).
2. Termoregulačná úloha (tepelný izolátor).
3. Mechanická úloha (tlmenie nárazov, zníženie nebezpečia poškodenia kostí a orgánov).

Aktuálne bolo preukázaných niekoľko ďalších funkcií:

4. Patogénna a fyziologická úloha hormónov tukového tkaniva.
5. Ochrana pred ektopickým (ektopický – abnormálne uložený) ukladaním tuku.

Postprandiálne (postprandiálny – objavujúci sa po jedle) sú malé tukové bunky schopné absorbovať ďalší tuk. Naplnené veľké tukové bunky obéznych nie sú už schopné v sebe ukladať tuk, a ten je uložený do iných tkanív a orgánov, vzniká tzv. orgánová ektopická obezita. Tieto fenomény boli objavené u geneticky modifikovaných „bez tukových“ myší, u ktorých sa následne pod vplyvom ektopického tuku objaví cukrovka a metabolický syndróm, čiže choroby spojené s obezitou.

6. Imunologické funkcie tukového tkaniva.
7. Ochranné a patogénne vplyvy na tvorbu kosti (tuk kostnej drene a hormóny tukového tkaniva všeobecne).
8. Ukladanie toxických látok v tuku.
9. Neutralizačná úloha pre toxíny a zápalové faktory.
10. Endokrinné a parakrinne (autokrinne) pôsobenie tukového tkaniva.

Tukové tkanivo je vystavené iným potrebám ako tomu bolo do prvej polovice 20. storočia. To vysvetľuje teória tzv. šetrného génu (thrifty gene). Tento gén je len hypotetický. Platí ale, že ľudia a zvieratá majú mechanizmy, ktorými dokážu čeliť nedostatku živín. Ak by tieto mechanizmy neexistovali, nemohli by živočíchy prežiť vojny, hladomory a možno aj pády vesmírnych telies. Obdobia menšieho nedostatku existovali ďaleko častejšie, a preto sa vyvinuli adaptačné mechanizmy šetriace energiu. Podobne sa vyvinulo vo fylogénéze aj tukové tkanivo ako zásoba energie na obdobie nedostatku či na starobu. Preto je zrejme fyziologické a v miernej forme dokonca zdravé v priebehu života „stlustnúť“. Obdobie extrémneho nadbytku s možnosťou dlhodobého prejedania sa spojeného s absenciou pohybu, dané predovšetkým rozvojom techniky a dopravy, do 20. storočia neexistovalo. Mechanizmy šetriace energiu sa vyvíjali po desiatky miliónov rokov, mechanizmy nové, brániace nadbytku energie, sa málo úspešne vyvíjajú len 100 rokov (Svačina, 2013).

Zdravý štíhly jedinec má cca 20% tuku. To je zásoba asi 110 000 kcal na cca 70 dní. U človeka spôsobuje tukové tkanivo cca 5% energetického výdaja, čo je dané relatívne menším metabolizmom a prekrvením. Zvieratá majú predný a zadný tukový orgán a niekoľko

viscerálnych tukových orgánov. U zvierat je rozpoznateľný hnedý a biely tuk. U človeka je situácia zložitejšia (Svačina, 2013).

Biele tukové tkanivo

Biele tukové tkanivo je orgán dizajnovaný na čo najefektívnejšie uskladňovanie energetických zásob, ktorý súčasne umožňuje aj ich okamžitú mobilizáciu, a to v závislosti od aktuálnych energetických potrieb organizmu (Janáková a kol., 2017).

Biele tukové tkanivo je rozdelené do fyziologických úložísk, najmä ako subkutánne a viscerálne tukové tkanivo. Prípadne sa vyskytuje v lokalitách označovaných ako tuk ektopický. Podkožné tukové tkanivo tvorí najväčšiu časť telesného tuku. Celkovo je asi 4-5krát objemnejšie ako viscerálne tukové tkanivo. Uchováva približne 80-90% celkového telesného tuku. Hlavne oblasti: brucho (okolo pása), subskapulárne (oblasť na chrbte pod lopatkou), gluteálne (zadok) a femorálne (stehenná oblasť). Menšia časť telesného tuku (10-20% v závislosti od pohlavia a jednotlivcovi) sa nachádza dnu v brušnej dutine (Wajchenberg, 2000; Frühbeck, 2008).

Biele tukové tkanivo predstavuje približne 10 až 20% celkovej telesnej hmotnosti u štíhlych dospelých jedincov. U obéznych osôb môže dosiahnuť viac ako 50% alebo dokonca až 70% celkovej telesnej hmotnosti. Približne 75% hmotnosti tukového tkaniva pozostáva z lipidov (Baker, 1969).

Hustá kapilárna sieť v tukovom tkanive zaisťuje dostatočné zásobovanie živinami a kyslíkom, tiež predstavuje cestu pre distribúciu hormónov, cytokínov a ďalších biologicky aktívnych látok. Je inervované sympatikovými nervovými vláknami sprevádzajúcimi artérie a arterioly. Noradrenalín iniciuje rad metabolických krokov, ktoré vedú k aktivácii enzýmov lipáz, ktoré štiepia triacylglyceroly, ktoré tvoria viac ako 90% lipidov uložených v adipocytoch. Sympatikový nervový systém je v bielom tukovom tkanive tiež kľúčovým regulátorom produkcie leptínu a ďalších adipokínov. Pri obezite sa znižuje citlivosť tukového tkaniva na sympatikový systém, to môže byť základom dysregulácie produkcie leptínu a ďalších sekretorických funkcií tukového tkaniva (Wronski et Kmiec, 2012; Rayner, 2001).

Adipocyty bieleho tukového tkaniva obsahujú jednu veľkú tukovú vakuolu (univakuolárne). Tuková kvapôčka je uložená centrálna a zaberá väčšinu objemu bunky. Novo syntetizované lipidy tvoria spočiatku malé kvapôčky na periférii cytoplazmy, sú transportované po mikrotubuloch a nakoniec sa spoja v centrálnu tukovú kvapôčku (Verstraeten a kol., 2011).

Hlavnou funkciou tukového tkaniva, v závislosti na energetickom stave, je expanzia a uchovávanie nadbytočnej energie vo forme triglyceridov (lipogenéza) alebo v prípade potreby ich uvoľňovanie do obehu a ďalších tkanív ako voľné mastné kyseliny. 1000 g tuku obsahuje 800 g triglyceridov, čo je energia o hodnote cca 7000 kcal. Priemerná dĺžka života adipocytov

v subkutánnej vrstve bieleho tukového tkaniva je 9,5 roka, počas ktorých sú uložené lipidy nahradené v priemere šesťkrát (Spalding a kol., 2008).

Medzi mechanizmy chrániace telesnú teplotu patrí aj vrstva podkožného tuku človeka. Podkožný tuk je zlý vodič tepla, preto chráni pred prechladnutím (Mourek, 2012).

Hnedé tukové tkanivo

Hnedé tukové tkanivo (brown adipose tissue - BAT) je špecializované tkanivo, ktorého **funkciou je produkovať teplo**. Jeho termogénna kapacita umožňuje cicavcom žiť pod termoneutrálnymi podmienkami, pričom sa nemusia spoliehať na výrobu tepla triaškou (tras svalov). Výnimočný termogénny potenciál BAT je daný vysokou vaskularizáciou a vysokou početnosťou mitochondrií (Oelllet a kol., 2012).

Hnedé tukové tkanivo je rozdelené na lalôčky prostredníctvom riedkeho spojivového tkaniva. Má bohaté krvné zásobenie kapilármi, ktoré zvyšujú sfarbenie tkaniva. Medzi tukovými bunkami sú početné nemyelinizované nervové vlákna (Ross a Pawlina, 2011).

Yoneshiro a kol. (2013) uvádza štúdie, ktoré dokazujú, že aj **dospelí ľudia majú značné množstvo hnedého tuku**. Taktiež uvádza štúdie, ktoré našli **spojitosť medzi poklesom aktivity hnedého tukového tkaniva s vekom**. Vo svojom experimente zistili, že hnedé tukové tkanivo bolo možné aktivovať u 52% probandov prostredníctvom chladu.

Virtanem a kol. (2009) uvádzajú, že **hnedý tuk pomáha udržiavať normálnu telesnú teplotu novorodencov**. Vekom hnedý tuk strácame. Pomocou pozitronovej emisnej tomografie (PET) zistili, že absorbovanie glukózy vyvolané chladom bolo v paracervikálnom (paralelne s krkom, blízko pri krku) a supraclavikulárnom (oblasť nad kľúčnou kosťou) tukovom tkanive zvýšené. Prvú PET vykonali behom expozície chladu. Jedna noha probandov bola vo vode o teplote 5°C až 9°C, dĺžka expozície bola 5 minút, následne 5 minútová expozícia teplotou vzduchu 17°C až 19°C. Druhú PET vykonali druhý deň bez expozície chladom. Zároveň odoberali biopsiou tukové tkanivo. Konštatujú, že jednou z reakcií na chladovú expozíciu bola vyššia absorbcia glukózy v supraclavikulárnej oblasti ako v susednej oblasti s bielym tukom (výpočet uskutočnili pomocou grafickej analýzy). **V závere ich štúdie naznačujú, že „bežní“ dospelí ľudia majú hnedé tukové tkanivo**. Zaujímavou je ich domnienka, že hnedý tuk by dokázal v prípade jeho plnej aktivity v priebehu jedného roka spáliť množstvo energie obsahujúce 4,1kg tukového tkaniva (cca 17 220 kcal).

Metabolická aktivita hnedého tukového tkaniva je regulovaná noradrenalínom uvoľneným zo sympatikových nervových zakončení, ktorý stimuluje lipolýzu a hydrolýzu triglyceridov. Hnedé tukové tkanivo tak má kľúčovú úlohu pri netrasovej termogenéze. Vyskytuje sa hlavne u malých hibernujúcich cicavcov a ľudských novorodencov. Štúdie dokazujú prítomnosť hnedého tukového tkaniva aj u dospelých ľudí (Cannon et Nedergaard, 2004; Nedergaard a kol., 2007).

Pred niekoľkými rokmi sa pomocou 18FDG-PET (vyšetrenie v onkologickej diagnostike) zistilo, že aj dospelý človek má metabolicky aktívne hnedé tukové tkanivo, to najmä v supraklavikulárnej oblasti krku a paravertebrálne (Janáková a kol., 2017).

Hnedé tukové tkanivo spaľuje mastné kyseliny pre produkciu tepla a ochranu tela pred chladom. Periférne orgány ako sú svaly, tukové tkanivo, prijímajú mastné kyseliny a ostatné častice bohaté na cholesterol a sú odstraňované pečeňou. Jeho presná biologická úloha pri odstraňovaní lipoproteínov bohatých na triglyceridy zostáva nejasná (Bartelt, 2011). Zdá sa, že hnedé tukové tkanivo aj za termoneutrálnych podmienok prijíma prevažne mastné kyseliny odvodené z triaglycerolov (Blondin a kol., 2017).

Blodin a kol. (2017) uvádzajú, že v ich experimente, kde 4 týždne (o frekvencii 5 krát za týždeň) pôsobili chladovým podnetom na mužov (špeciálny chladiaci oblek skladajúci sa z hadíc, v ktorých cirkulovala kvapalina), ktorým ochladili teplotu pokožky na 28°C. Aklimatizácia na chlad zvyšuje oxidačný metabolizmus hnedého tukového tkaniva o 2,6 krát, avšak jeho aktivita spracovania mastných kyselín sa nezvýšila. **Tieto zistenia ukazujú, že hnedé tukové tkanivo stimulované chladom, môže prispieť k odstraňovaniu mastných kyselín z obehu. Ale jeho prínos nieje tak významný ako u srdca, svalov alebo bieleho tukového tkaniva.**

U ľudí, tak ako u myši je pôsobenie chladu jedným z najsilnejších fyziologických stimulov pre aktiváciu hnedého tukového tkaniva. **Pomocou špecifických protokolov bolo dokázané, že hnedé tukové tkanivo je možné aktivovať prostredníctvom akútneho vystavenia chladu. U 90-100% štíhlych mladých dospelých aktivita hnedého tuku súvisí s netrasovou termogenézou** (Hanssen a kol., 2016). Autori uvádzajú štúdie, ktoré preukazujú **nižšiu aktivitu hnedého tukového tkaniva v spojitosti s vyšším vekom a obezitou.**

Desať dňová aklimatizácia na chlad u pacientov s diabetom 2. typu viedla len k malému zvýšeniu metabolickej aktivity hnedého tuku (Hassen a kol., 2016).

Yoneshiro a kol. (2013) vo výskume demonštrovali ako možno **aktivovať hnedé tukové tkanivo, a to chronickou expozíciou chladu alebo použitím kapsaicínu**. Autori pozorovali, že aplikácia kapsaicínu (nachádzajúci sa v čili papričkách, spôsobuje pálivú chuť) viedla k aktivácii hnedého tukového tkaniva. V štúdií uvádzajú, že existujú jedinci, ktorí majú inaktívny alebo málo aktívny hnedý tuk. Výskumy s kapsaicínom realizovali práve na málo reagujúcich jedincoch prostredníctvom orálnej aplikácie tabliet. Taktiež sledovali adaptáciu hnedého tukového tkaniva na chladové podnety. Aplikácia podnetu trvala 6 týždňov, 5x v týždni o teplote 17°C a 19°C o dĺžke trvania 2 hodiny. Spôsob podania chladového podnetu - voda/vzduch/oblek - nie je v literatúre uvedený. Uvádzajú, že po 6 týždňovom pôsobení podnetu o teplote 17°C, probandi priemerne schudli z tukového tkaniva. K protichodným záverom dospeli Vibíral a kol (2000), Gololobová (2009). a Zeman (2006). Autori opisujú dlhodobú adaptáciu a nie len 6 týždňovú ako Yoneshiro a kol (2013). Zeman (2006) píše, že jeho probandi po roku aplikovania CWI priemerne pribrali cca 1 kg podkožného tuku za rok.

Bunkové a molekulárne procesy spojené s adaptačnou plasticitou tukového tkaniva v odpovedi na chlad však stále nie sú celkom objasnené, a to aj kvôli veľkej heterogenite rôznych populácií buniek v rámci hnedého tukového tkaniva. Z doterajších meraní aktivity hnedého tuku u ľudí jednoznačne vyplýva, že jeho schopnosť metabolicky aktivovať hnedé tukové bunky klesá s obezitou aj s vekom. Nie je celkom jasné, či je obezita príčinou alebo dôsledkom nedostatočnej aktivity hnedého tuku (Janáková a kol., 2017).

Hassen a kol. (2016) píše, že **dlhodobé účinky aklimatizácie na chlad a aktivitu hnedého tukového tkaniva je potrebné ešte objasniť.**

Biele adipocyty ukádajú a uvlňujú energiu vo forme mastných kyselín. Hnedé adipocyty spaľujú substráty, vrátane mastných kyselín a glukózy, za vzniku tepla. Tento proces je známy ako netrasová termogenéza (Wang a Seale, 2016).

Béžové tukové tkanivo

Veľké nadšenie panuje z dôkazov o možnej rediferenciacii bielych adipocytov na tzv. béžové adipocyty (z angl. beige/brite). Ide o multilokulárne tukové bunky, ktoré pravdepodobne vytvárajú akúsi sieťovú štruktúru, najmä vo vnútri bieleho tukového tkaniva uloženého v blízkosti veľkých ciev. Takýto histomorfologický obraz vidíme po adaptácii na chlad, ktorá indukuje remodeláciu/diferenciáciu a metabolickú aktiváciu béžových adipocytov takmer u každého z nás. Veľké rozdiely v bunkovom zložení a dynamike adaptačnej odpovede na chlad možno pozorovať v závislosti od konkrétnej anatomickej lokalizácie, teda od blízkosti veľkých ciev, či od hustoty a typu inervácie tkaniva. Schopnosť dynamicky reagovať na fyziologické a patofyziologické stimuly je daná obrovskou plasticitou tukového tkaniva. **Zatiaľ, čo v odpovedi na chlad tukové tkanivo hnedne, naopak, pri zvýšenej teplote a pozitívnej energetickej bilancii je schopné zmeniť svoj charakter späť na biely.** Primárnou úlohou hnedého či béžového tuku u tepelne izolovaného človeka v modernej spoločnosti už nemusí byť len tvorba tepla, ale uvažuje sa aj o jeho úlohe v regulácii bunkového oxidačného stresu (Janáková a kol., 2017).

Béžové tukové tkanivo možno definovať ako zhľuky adipocytov, ktoré sídlia mimo tradičné úložiská hnedého tuku. Rovnako ako hnedé adipocyty majú schopnosť premieňať energiu na teplo. Béžové adipocyty sa vyvíjajú v bielom tukovom tkanive ako reakcia na určité podnety – hlavne vystavenie chladu. U ľudí koreluje vysoká hladina aktivity hnedého a béžového tukového tkaniva so štíhlosťou. To naznačuje, že hnedý a béžový tuk môže mať dôležitú úlohu v metabolizme ľudí (Wang a Seale, 2016).

BIORYTMUS

Telesná teplota tiež vykazuje určité výkyvy v nadväznosti na denný rytmus bez ohľadu na zdravotný stav človeka. Hovoríme teda o kolísaní v rozpätí 2°C. Najnižšie hodnoty môžeme sledovať v skorých ranných a dopoludňajších hodinách, najvyššie potom v popoludňajších hodinách. Telesná teplota dosahuje maximum spravidla okolo 18. hodiny. Najnižšie hodnoty možno namerať medzi 3. a 4. hodinou rannou. Po väčšej fyzickej námahe, jedle či spánku teplota klesá. Pri fyzickej námahe môže teplota zdravého človeka vystúpiť až k hodnote 39,4°C (Dinka a kol., 2008; Mourek, 2005). Je dôležité uviesť, že u trénovaného maratónskeho bežca je možné namerať v rekte teplotu 40-41°C bez toho, aby u neho došlo k zlyhaniu termoregulácie (Kučera a Dylevský, 1999).

Telesná teplota je dôležitým diagnostickým prostriedkom charakterizujúcim nielen zdravotný stav športovca, ale aj jeho tepelnú pohodu, ktorá vyjadruje adekvátnosť oblečenia pri tréningu v určitých klimatických podmienkach. Teplota meraná na jednom mieste sa mení v priebehu 24 hodín, to súvisí so zmenami dennej aktivity. Okrem zmien telesnej teploty spôsobenej metabolizmom, svalovou aktivitou a zmenami prostredia, sa pozorovali aj vrodené rytmické zmeny telesnej teploty. Najnižšia telesná teplota je po polnoci a v raňajších hodinách (medzi 5. a 6. hodinou), v priebehu dňa narastá pozvoľna a najvyššie hodnoty dosahuje v popoludňajších hodinách od 16. do 18. hodiny. Variácie telesnej teploty boli zaznamenané aj medzi pohlaviami. U mužov je prvá maximálna teplota okolo 15. hodiny, druhá o 18.50 hodiny, u žien o 20.50 h. Rozdiel medzi mužmi a ženami je však zanedbateľný. Minimálna teplota u mužov je o 6.00 hodine, u žien o 4.50 h. Rozdiel medzi maximom a minimom je 1,5°C (Jančoková, 2000).

Prirodená telesná teplota u človeka je od 36°C do 37°C. U detí je telesná teplota o niečo vyššia, pretože ešte nemajú dostatočne vyvinutú termoreguláciu. U starších osôb sa telesná teplota z dôvodu celkovo nižšej úrovne metabolizmu môže znížiť (Seliger, 1983; Mourek, 2005).

Ľudia sa nemôžu prispôbiť uprednostňovaniu teplejšieho alebo studeného prostredia. Podmienky komfortu sa menia počas dňa, pretože vnútorná teplota tela je nastavená na denný rytmus s maximom neskoro večer a minimom skoro ráno (Ashare, 2001).

Výrazný vplyv na zmenu telesnej teploty má intenzita zaťaženia. Úmerne intenzite zaťaženia, nezávisle od teploty prostredia, môže nastať zvýšenie teploty jadra (hlava, hrudník, brušná dutina) až o 2°C, teplota kože reaguje opačne a oproti východiskovej hodnote klesá v dôsledku ochladzovania vyparovaním potu (Jančoková, 2000).

Teplota tela nie je rovnaká vo všetkých častiach tela. V hlbšie uložených orgánoch tvoriacich tepelné jadro (brušná, hrudníková a lebečná dutina) je teplota vyššia ako teplota okrajových častí tela (tepelnom obale tvorený svalstvom a kožou) (Fyziológia, 2021).

Maximálne **prekrvenie svalov** v pokoji a počas práce má výrazný 24 hodinový rytmus s maximom okolo 15. hodiny a s minimom okolo 3. hodiny. Prekrvenie svalov je u trénuvaných menšie ako u netrénuvaných, z toho vyplýva spojenie s novým úsporným mechanizmom (Jančoková, 2000).

Najreprezentatívnejšie miesto na meranie teploty jadra tela je krv v pľúcnej artérii. Rektálna teplota je najbližšie k teplote jadra, mení sa len veľmi málo. Orálnu teplotu môže významne ovplyvniť teplota predtým prijatej potravy alebo nápoja, fajčenie alebo dýchanie ústami (Fyziológia, 2021).

Väčšina literárnych prameňov sa zhoduje v tom, že kolísanie telesnej teploty je viazané na miestny čas, kde sa sledovaný športovec nachádza. Pribeh hodnôt telesnej teploty sa výrazne nemení. Produkcia tepla stúpa v období do 15. hodiny, potom opäť klesá. Do komplexu telesnej zdatnosti je možné zaradiť reakciu organizmu na chladový podnet. V priebehu biologického dopoludnia (od 3. do 15. hodiny) dochádza k výraznejšej a trvalejšej vazokonstrikcií kožných ciev na chladový podnet, zatiaľ čo v priebehu biologického popoludnia (od 15. hodiny do 3. hodiny) je táto reakcia menej výrazná. Teplotné podnety v priebehu biologického popoludnia vedú naopak k rýchlejšej a trvalejšej vazodilatácii ako v priebehu biologického dopoludnia. Reaktivita potných žliaz s následnou produkciou potu je výraznejšia v priebehu biologického dopoludnia. Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že **športovec reaguje** v priebehu biologickej **dopoludňajšej fázy lepšie na chladové podnety**, zatiaľ čo v priebehu **popoludňajšej fázy** je efektívnejšia reakcia **na tepelné podnety** (Jančoková, 2000).

Zmeny telesnej teploty

Telesná teplota podlieha cyklickým aj necyklickým zmenám (Fyziológia, 2021).

Cyklické zmeny:

- cirkadiánny rytmus (týkajúci sa zmien fyziologických funkcií organizmu s približne dennou periódou)
- bazálna telesná teplota – najnižšia teplota tela v pokoji, počas spánku, meria sa hneď ráno po prebudení bez žiadnej fyzickej námahy
- menštruačný cyklus - po ovulácii dochádza k poklesu koncentrácie estrogénov a zvýšeniu koncentrácie progesterónu, vedie k vzostupu metabolizmu a vzostupu bazálnej teploty, je možné využiť pri plánovaní rodičovstva.

Necyklické zmeny:

- príjem potravy
- fyzická aktivita – u dospelého intenzívnym cvičením
- psychický stres – zvýšenie telesnej teploty vedie ku vzostupu svalového tonusu.

Súhrn

Teplota meraná na jednom mieste ľudského tela sa mení v priebehu 24 hodín. To súvisí so zmenami dennej aktivity. Najnižšia telesná teplota je medzi 5.-6. hodinou ráno a najvyššia medzi 16.-18. hodinou poobede. Existujú aj pohlavné rozdiely v biorytme telesnej teploty, muži majú maximum telesnej teploty o 15:00 a 18:50. U žien je to o 20:50. Minimálna telesná teplota u mužov je o 6:00 ráno, u žien 4:50 ráno. Rozdiely v maximách a minimách sú 1,5°C- 2°C. Staršie osoby môžu mať nižšiu telesnú teplotu. Z hľadiska termoregulácie športovec reaguje v priebehu biologickej dopoludňajšej fázy lepšie na chladové podnety, zatiaľ čo v priebehu popoludňajšej fázy je efektívnejšia reakcia na tepelné podnety. Prekrvenie svalov je u trénovaných športovcov menšie ako u netrénovaných.

POHLAVNÉ ROZDIELY

Muži a ženy preferujú takmer rovnako teplé prostredie. **Teplota kože u žien je nižšia, a tým aj straty z odparovania sú mierne nižšie ako u mužov.** To je spôsobené o niečo pomalším metabolizmom u žien (Ashrae, 2001) .

Teplota u žien a mužov sa líši. **Vnútorňá telesná teplota žien je o 0,2°C vyššia ako telesná teplota u mužov, ale teplota ženských rúk je o 1,5°C nižšia.** Priemerná teplota mužských rúk je 32,2°C a priemerná teplota ženských rúk je 30,7°C. Rozdiel je pravdepodobne spôsobený rozdielnym hormonálnym zložením alebo rozdielnym množstvom svalovej hmoty (Králová, 2021).

Ženy majú v priemere viac telesného tuku ako muži, čo je výhodnejšie pri ochrane proti chladu. **Ak by sme ale porovnávali jedincov rovnakého typu, to znamená muž a žena o rovnakom veku, výške, hmotnosti a percente podkožného tuku, potom sú medzi pohlaviami minimálne rozdiely** (Zeman, 2006).

King a Duffield (2009) píše, že ženy majú na chlad inú fyziologickú odozvu ako muži. Rozdiely môžu byť spôsobené vyšším pomerom povrchu tela k telesnej hmotnosti, vyšším zastúpením tukového tkaniva, rozdielnou efektivitou potenia, rozdielnou hladinou hormónov pri menštruačnom cykle a rozdielnym nastavením CNS (centrálne nervová sústava).

Checinska-Maciejewska a kol. (2019) zistili, že otužovanie (studenou vodou) vyvoláva zvýšenie koncentrácie erytropoetínu u žien vo vyššej miere ako u mužov.

Štúdia Tikuisis a kol. (2000) vo svojom experimente (19 žien a 14 mužov) s 90 minútovým pobytom v 18°C vode porovnávali fyziologické reakcie na chlad medzi pohlaviami. Dospeli k záverom, že nie sú žiadne významné rozdiely medzi pohlaviami.

ROZDELENIE TEPLÔT VODY A DĹŽKA POBYTU V RÔZNE STUDENEJ VODE

Zaujímavá je komparácia senzitivity termoreceptorov a nociceptorov. Odborná literatúra popisuje hranicu senzitivity termoreceptorov od cca 12°C a menej. Všimnime si, že práve okolo tejto hranice (12°C) začínajú byť aktívne aj nociceptory. Autori sa na presnej spodnej hranici vnímania chladu termoreceptormi nezhodujú. Ako príklad uvádzame rôzne hranice vnímania chladu a bolesti u niektorých autorov: 5°C Darby & Frysztak (2014), 10°C Králová (2021) aj Jänig (2018) a 15°C Sellwood a kol. (2007) a Low a Ree (1994).

V pravidlách zimného plávania sa pri rozlišovaní teploty vody používajú pomenovania (Športové otužovanie, 2019):

- Ľadová voda: od 0°C do +4°C
- Studená voda: od +4,1°C do +8°C
- Chladná voda: od +8,1°C a viac

V Českej republike v dokumente „Pravidlá zimního plavání“ (2020/21) je totožné rozdelenie teplôt vody ako v našom Slovenskom dokumente „Športové otužovanie“ (2019).

Rozdiel v klasifikácii teplôt vody je napríklad u Medzinárodnej asociácie zimného plávania (IWSA), ktorá uvádza nasledovné (IWSA, 2021):

- Ice water (ľadová voda): od -2°C až +2°C
- Freezing water (mrazivá voda): od +2,1°C do +5°C
- Cold water (studená voda): od +5,1°C do +9°C.

Dinka a kol. (2008) rozdeľujú vodu na:

- Ľadovú: +4°C a menej
- Studenú: od +4°C do +8°C
- Chladnú: od +8°C do +12°C

Odporúčania dĺžky pobytu vo vode o rôznych teplotách pre pokročilých (Tabuľka 3.) a pre začiatočníkov (Tabuľka 4.) odporúča Dinka a kol. (2008).

Tabuľka 3. *Odporúčania dĺžky pobytu vo vode (upravené podľa: Dinka a kol., 2008).*

Odporúčania dĺžky pobytu vo vode	
Nad 18°C	Časovo neobmedzené
od 18 - 15°C	max 45 min
od 15 - 10°C	max 30 min
pod 10°C	max 22 min

Tabuľka 4. *Odporúčania dĺžky pobytu vo vode per začiatočníkov (upravené podľa: Dinka a kol., 2008).*

Odporúčania dĺžky pobytu vo vode pre začiatočníkov	
pod 15°C	max 20 min
pod 10°C	max 10 min
pod 4°C	max 5 min

Za únosnú časovú hranicu pobytu človeka v ľadovej vode (4°C až 0°C) sa považuje 22 minút. Je to pomerne dlhý čas aj pre skúsených zimných plavcov a vyžaduje značnú tréningovosť (Zeman, 2006).

Makai (2012) uvádza, že ak má voda **viac ako 20°C plávanie v nej je časovo neobmedzené** (pojednáva o otužilcoch). Začiatočníkom odporúča pri teplote vody 15-20°C plávať maximálne 40 minút, pri teplote vody 10-15°C 30 minút, pri teplote vody 5-10°C do 10 minút, pod 5°C do 5 minút. Vystríha pred preceňovaním sa. **Ak klesne teplota vody pod 12°C, stačí plávať 2-3krát týždenne, pretože telo potrebuje dostatok času na regeneráciu.** V jazerách je dobré plávať popri brehu, aby sme mohli kedykoľvek opustiť vodu. V riekach so silným prúdom by mali plávať len skúsení otužilí a dobrí plavci. Obtekaním studenej vody v riekach okolo tela je organizmus oveľa viac podchladzovaný.

Pri pobyte v studenej vode dochádza k veľkému tepelnému výdaju. To ukazujú aj dáta z druhej svetovej vojny. Doba prežitia vojakov vo vode, ktorá mala teplotu 15°C, bola približne 5 hodín a 30 minút. Doba, ktorú vojaci prežili vo vode s teplotou 5°C sa skrátila na 1 hodinu a 30 minút. V rozpore s týmito faktami je skúmanie diaľkových plavcov, ktorí pri teplote vody 15,5°C boli schopní plávať 12-20 hodín. Títo plavci boli veľmi dobre adaptovaní na chladné vodné prostredie a mali veľkú vrstvu podkožného tuku. Adaptácia spočíva aj v mnohých iných faktoroch (Kučera & Dylevský, 1999).

Ak vychádzame z princípu termoregulácie ľudského organizmu, tak Dinka a kol. (2008) píše, že dĺžka pobytu vo vode sa stanovuje množstvom výdaja tepelnej energie (Tabuľka 5.). Za prijateľný a zdraviu prospešný sa považuje úbytok energie 100kcal z 1m² povrchu ľudskej kože (priemerná veľkosť povrchu ľudského tela je 1,8 m²).

Tabuľka 5. Výdaj tepelnej energie počas plávania vo vode (upravené podľa: Dinka, 2008).

PLÁVANIE VO VODE A VÝDAJ TEPELNEJ ENERGIE	
Teplota vody	Výdaj tepelnej energie 100kcal z 1m ² povrchu ľudskej kože
0°C	5,35 min
1°C	6,30 min
2°C	7,20 min
3°C	8,05 min
4°C	8,55 min
5°C	9,40 min
6°C	11 min
7°C	12 min
8°C	13 min
9°C	14 min
10°C	15 min

Súhrn

V zadaní najvyššej hranice teploty vody pri otužovaní nepanuje súlad (8,1°C, 12°C, 9°C). Tieto teploty sú za hranicami vnímania termoreceptorov a sú už iritované aj nociceptory. Za únosnú hranicu pobytu človeka vo vode o teplote okolo 0°C sa považuje maximálne 22 minút, aj to u aklimatizovaných jedincov. Za prijateľný a zdraviu prospešný sa považuje úbytok 100 kcal z 1m² povrchu ľudského tela. Priemerná veľkosť povrchu ľudského tela je 1,8 m². Voda o teplote 35-36°C je pre človeka, ktorý sa nehýbe, termoneutrálna. Čím je voda chladnejšia, tým rýchlejšie sa znižuje teplota jadra tela (závisí od aklimatizácie daného jedinca). Aklimatizovaný jedinec môže vo vode okolo teploty 18-20°C plávať bez zmeny teploty jadra tela takmer „neobmedzene“ dlho.

Meranie tepelného stresu

Aby bolo možné vymedziť okrem povrchovej teploty tela aj faktory vonkajšieho prostredia majúce vplyv na straty tepla, bola definovaná teplota "Wet bulb Globe" teda WBGT. Pre jej presné vypočítanie je potrebné disponovať tromi teplomerami: suchý teplomer (TDB), vlhký teplomer (TWB) a teplomer čierna guľa (TG), ktorý absorbuje radiačné teplo (Zeman, 2006).

Pre výpočet platí vzorec:

$$WBGT = 0,1 TDB + 0,7 TWB + 0,2 TG$$

WBGT je meradlom tepelného stresu na priamom slnečnom svetle, ktoré berie do úvahy: teplotu, vlhkosť, rýchlosť vetra, uhol slnka a oblačnosť (slnečné žiarenie). To sa líši od tepelného indexu, ktorý berie do úvahy teplotu a vlhkosť a je vypočítaný pre oblasti v tieni. Ak pracujete alebo cvičíte na priamom slnku, je to ideálny hodnotiaci prvok. Vojenské agentúry a mnoho národov používajú WBGT ako pomôcku pre organizáciu pracovného zaťaženia na priamom slnku (National weather service, 2021).

WBGT je podobná tepelnému indexu v tom, že je indikátorom pôsobiaceho stresu z tepla na telo. Hoci to nie je tak známe ako Heat Index (teplotný index), nie je to nový termín. WBGT bol vyvinutý v päťdesiatych rokoch minulého storočia potom, čo choroby súvisiace s teplom zasiahli americké ozbrojené zložky počas štyridsiatych rokov minulého storočia. Po jeho implementácii došlo počas základného výcviku k zníženiu chorôb súvisiacich s teplom. Jedným zásadným rozdielom medzi Heat indexom a WBGT je, že sa počíta s teplotou meranou na slnku. Kým Heat Index zohľadňuje iba teplotu a relatívnu vlhkosť, WBGT berie do úvahy niekoľko premenných. Medzi tieto premenné patria: teplota, vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra, uhol dopadu slnečného žiarenia, oblačnosť a fyzická aktivita (Moran, 2017).

WBGT sa často používa v maratónoch. Pri jeho používaní možno uviesť nasledujúce zistenia (Moran, 2017):

- vyššia WBGT má väčší vplyv na výkon bežca
- WBGT má väčší vplyv na pomalšieho bežca.

Na základe výsledkov štúdie bol navrhnutý vzorec pre odhad účinku na výkon. Na základe tohto vzorca bolo urobených niekoľko záverov (Moran, 2017):

- pri každom zvýšení WBGT o 5°C sa výkon u prvých troch bežcov znížil o 0,9%
- bežci na 25. mieste zaznamenali pokles výkonu o 1,1% na každých 5°C
- bežci, ktorí skončili na 50., 100. a 300. mieste zaznamenali pokles výkonu o 1,5%, 1,8% a 3,2% za každý nárast WBGT o 5°C.

ÚČINKY CHLADU NA ĽUDSKÝ ORGANIZMUS

Chlad ako taký je fyziologický pojem a nedá sa vymedziť ako fyzikálna veličina. Vplyv chladu hodnotíme, buď na základe subjektívneho vnímania alebo podľa druhu odpovede zo strany nášho organizmu. Za indiferentnú (izotermickú) teplotu pokladáme takú teplotu, ktorú ľudský organizmus nevníma ani ako teplú ani ako studenú. Okrem samotnej teploty látky je dôležitá aj jej vodivosť. **Izotermická teplota vody je pre človeka 34–36°C, izotermická teplota vzduchu 24–29°C** (Komačekova a kol, 2003). Pre zaujímavosť uvádzame porovnanie, ktoré urobil Epstein (1992). V štúdiu uvádza, že termoneutrálna voda pre psy, ktoré sú pri vedomí, je 37°C a pre opice je to totožné ako u ľudí (34-35°C).

Pri tolerancii chladu, a taktiež pri vytrvalostnom výkone, má dôležitú úlohu hladina glukózy v krvi, pričom je známe, že pri hypoglykémii sa telesná teplota znižuje (Zeman, 2006).

Reakcie na chlad závisia od aktivity mozgovej kôry. V hlbokoj celkovej anestézii, v spánku, alebo v bezvedomí sú reakcie tela na chlad výrazne utlmené. Pri anestézii alebo v bezvedomí treba venovať veľkú pozornosť udržiavaniu telesnej teploty. Je potrebné dávať pozor na možné podchladenie (Fyziológia, 2021).

Termoregulačné mechanizmy sa zapájajú do činnosti pri narušení dynamickej rovnováhy medzi produkciou a výdajom tepla, prípadne pri telesnej teplote. Do výkonových funkcií je zapojený motorický, vegetatívny nervový a endokrinný systém (Fyziológia, 2021).

Výkonné funkcie termoregulácie sú (Fyziológia, 2021):

1. Somatomotorický nervový systém
 - zvýšená tvorba tepla = svalovou prácou a triaškovou termogenézou.
2. Autonómny nervový systém
 - pôsobí na hladké svalstvo ciev = ovplyvňuje prietok krvi kožou, upravuje minútový vývrhový objem srdca, reguluje potenie u novorodencov spúšťa netriaškovú termogenézu v hndom tukovom tkanive.
3. Endokrinný systém
 - hormóny štítnej žľazy a hormóny drene nadobličiek.

Fyziologické reakcie tela na ponorenie do vody a ponorenie do chladnej vody

Vaile a kol. (2009) vo svojom závere konštatujú, že hydrostatický tlak pri ponorení do vody spôsobuje presun telesných tekutín smerom dovnútra tela a hore. Epstein (1992) píše, že hydrostatický tlak je rozdielny v závislosti od polohy tela. Wilcock (2006) uvádza, že voda je 800 krát hustejšia ako vzduch, v dôsledku čoho voda v rovnakej hĺbke vytvorí väčší tlak než vzduch. Vďaka tejto hustote voda v hĺbke 10 metrov vyvíja tlak ako celá zemská atmosféra na úrovni mora. Na vzpriameného človeka vo vode pôsobí na nohy väčší tlak ako keď pláva (nohy sú vyššie). Vďaka hydrostatickému tlaku sa znižujú opuchy, zvyšuje sa prenos extracelulárnej (mimobunkovej) tekutiny do cievneho systému a zvyšuje sa srdcový výdaj. Vyšší srdcový výdaj

zvyšuje prietok krvi telom a ako reakcia na zvýšený arteriálny (cievny) tlak môže dôjsť následne k vazodilatácii. Zvýšený prietok krvi telom môže pomôcť k rýchlejšiemu spracovaniu odpadových látok, ktoré sa hromadia počas pohybovej aktivity. Zníženie edému (opuchu) v dôsledku posunov tekutín môže krátkodobo pomôcť pri udržiavaní svalových funkcií a pri regenerácii svalov. Beztiažový stav pri ponorení do vody znižuje vnímanie únavy, čo môže byť spôsobené zníženou veľkosťou nervosvalového signálu.

Šrámek a kol. (2000) porovnávali reakcie tela pri ponorení do vody o teplote 32°C, 20°C a 14°C s cieľom rozlíšenia poznatkov o účinkoch chladu a hydrostatického tlaku na ľudský organizmus. Uvádzajú, že ponorenie do vôd s rôznou teplotou nenavýšovalo koncentrácie kortizolu v krvi. Medzi zmenami rektálnej teploty a zmenami v produkcii hormónov nebola žiadna korelácia. Ich dáta podporili hypotézu, že fyziologické zmeny vyvolané ponorením do vody sú sprostredkované humorálnymi (súvisiaci so šťavami, tekutinami v organizme) kontrolnými mechanizmami, zatiaľ čo reakcie vyvolané chladom sú spôsobené predovšetkým zvýšenou aktivitou sympatikového nervového systému.

Prvotné reakcie tela na chlad

Predpokladá sa, že **CWI** pôsobí na telo prostredníctvom stimulácie chladových a tlakových receptorov, aktivuje sympatikový nervový systém, a taktiež endokrinné funkcie. Tieto reakcie môžu následne ovplyvniť rovnováhu vody v tele a kardiovaskulárne kontrolné funkcie (Epstein, 1992).

Jednou z prvých reakcií na chladové podnety je vazokonstrikcia ciev. Týka sa kože, podkožia, ale aj neaktívnych svalov. Zúžením ciev môže organizmus znížiť straty tepla až o 85%, čo je jeden z dôvodov, prečo človek v studenej vode stráca menej tepla v pokoji ako pri pohybe (Zeman, 2006). Vazokonstrikcia ciev zníži výdaj tepla z jadra do kože, tým sa zabráni stratám tepla prostredníctvom kože (Rokyta, 2008).

Vazokonstrikcia však býva v extrémnom chlade často vystriedaná vazodilatáciou (Zeman, 2006). U zdravých jedincov vazokonstrikciu ciev po určitej dobe vystrieda reflexná vazodilatácia s latenciou približne 5-7 minút (reverzibilná vazokonstrikcia ciev periférie) (Tuček; Cikrt a Pelclová, 2005). Je spôsobená ischemizáciou (nedostatočné prekrvenie) tkaniva. Tento proces popisujú Alba, Casellani a Charkoudian (2019). Chladom indukovaná vazokonstrikcia má výrazný vplyv na akrálne oblasti kože (prsty a chodidlá). To ich robí náchylnými k vzniku zranení. Tiež nastáva aj strata ich manuálnej zručnosti spôsobenej chladom. V týchto oblastiach dochádza ku "cold-induced vasodilatation" (ďalej len CIVD), čo možno preložiť ako chladom indukovanú (vyvolanú) vazodilatáciu. Ako prvý popísal tento jav Lewis (1930) a je známy pod pojmom "lovecký reflex". CIVD sa označuje ako zvýšenie prietoku krvi v koži, po prvotnom poklese prietoku krvi.

Inými slovami po styku kože s chladnou vodou nastane zúženie ciev, ktorého cieľom je zamedziť stratám tepla prostredníctvom kože. Po cca 5-7 minútach nastúpi opačný proces, a to rozšírenie ciev v koži. To je spôsobené tým, že tkanivo, kde nastalo zúženie ciev je časom nedostatočne prekrvené a "mohlo by dôjsť k jeho odumretiu". Preto telo reflexne rozťahne cievy, aby k tkanivám opäť prúdili živiny. Následkom tohto procesu je väčší výdaj tepla. Telo sa týmto procesom chráni voči "odumretiu" tkanív. Preto pokožka otužilca, ktorá bola v kontakte s chladnou vodou má po opustení vody výrazne červenú farbu (prekrvenie).

Periférna vazodilatácia dokonca nie je ani neobvyklým **prejavom aklimatizácie na chlad**. Bola pozorovaná u Eskimákov, nórskych rybárov a u kórejských potápačiek. Zvýšenie prekrvenia je síce z celkového hľadiska nepriaznivý jav, ale **má svoje lokálne výhody, ktoré spočívajú vo väčšej rezistencii proti omrzlinám a v zabezpečení dôležitej funkcie rúk v chlade** (Zeman, 2006).

Alba, Casellani a Charkoudian (2019) uvádzajú, že CIVD je ovplyvňovaná viacerými faktormi. Jedným z faktorov je aj opakovanie daného podnetu. Preto sa reakcie na CIVD môžu zlepšiť tréningom. Taktiež sa predpokladá, že vek je jedným z faktorov, ktorý tlmí reakcie na CIVD. Výskumy naznačujú, že vazodilatácia vyvolaná chladom je menej výrazná u Afroameričanov, čo by mohlo vysvetliť zvýšené riziko omrzlín tejto populácie.

Vazodilatáciou cievy zvýšia prestup tepla z jadra do kože, zvýši sa prietok povrchovej kapilárnej siete (Mourek, 2005). To vedie k zvýšenému prietoku krvi v koži a výsledkom je uľahčenie výdaja tepla (Trojan, 2003).

Ľudia reagujú na akútnu expozíciu chladom dvoma hlavnými fyziologickými reakciami, a to vazokonstrikciou a termogenézou. Tieto reakcie sú ovplyvnené pohlavím, vekom, podkožným tukom a trénovanosťou (Huttunen a kol., 2000). Ďalej uvádzajú štúdie, v ktorých opisujú ako plávanie v studenej vode zvyšovalo pokles rektálnej teploty u štíhlych jedincov a tučnejší si dokázali udržať rektálnu teplotu. Rektálna teplota po diaľkovom plávaní v studenej vode koreluje s hrúbkou podkožného tuku. V závere konštatujú, že existujú veľké individuálne variácie v udržiavaní teploty jadra tela pri dlhodobom ponorení. Percento podkožného tuku je jedným zo základných atribútov, avšak nie jediným.

Mantoni a kol. (2007) vykonali štúdiu na 13 jedincoch, ktorých na **30 sekúnd** ponorili **do ľadovej vody o teplote 0°C**. Skúmali reakcie organizmu na náhle ponorenie do ľadovej vody. Vo výskume diagnostikovali parametre prietoku krvi na arteria cerebri media (stredná mozgová tepna), ventilačné parametre a srdcovú frekvenciu pred a po ponorení. U probandov sa po ponorení do ľadovej vody **zvýšila srdcová frekvencia** zo 74 +/-16 na 107 +/-18 tepov za minútu. Ponorenie do vody bolo spojené s výrazným **zvýšením rýchlosti dýchania** (zo 16 +/- 3 na 38 +/-14 dychov za minútu) a **zvýšením dychového objemu** (883 +/-360 ml až 2292 +/- 689 ml). Dvaja probandi test nedokončili. Boli u nich prítomné známky synkopy (náhla krátkotrvajúca porucha vedomia), ich parametre prekrvenia strednej mozgovej tepny klesli o 62% a 68%.

Reakcie srdca na ponorenie do termoneutrálnej vody súhrnne popisujú Vaile a kol. (2009). Uvádzajú, že pri ponorení do termoneutrálnej vody po úroveň bokov má srdcová frekvencia tendenciu klesať približne o 4-6%. S rastúcou hĺbkou ponorenia po hrudnú kosť sa znížila frekvencia o 11-18% oproti kľudovému stavu bez ponorenia. Ponorenie hlavy do vody znižuje srdcovú frekvenciu o 3-15%, čo je nižšia hodnota ako hodnota pozorovaná pri ponorení po hrudnú kosť. Taktiež uvádzajú štúdie, ktoré nezaznamenali významný pokles srdcovej frekvencie. Chladnejšie teploty vody majú vplyv na fyziologické reakcie tela. **So znižovaním teploty vody klesá srdcová frekvencia, čo znižuje srdcový výdaj. Navyše sa zvyšuje arteriálny krvný tlak a periférny odpor.** Zvýšenie periférneho odporu je kvôli presmerovaniu krvi z periférie do jadra tela, aby sa udržali životne dôležité orgány v ideálnej teplote. Spotreba kyslíka a rýchlosť metabolizmu sa zvyšujú tiež, aby udržali teplotu telesného jadra. V štúdiách, ktoré uvádzajú Epstein a kol. (1992) píšú, že ak neponoríme hlavu, dôjde k zvýšeniu objemu krvi o 700 ml a súčasnému zvýšeniu krvného tlaku z 3 na 15mmHg. Priemerný srdcový výdaj sa zvýši o 32%. A priemerný výdaj srdca o 62 ml.

Hydrostatický tlak pri ponorení do vody pomáha návratu tekutiny zo svalov do krvi (Vaile, Gill a Blazevich, 2007). Epstein (1992) uvádza štúdie, v ktorých sa pojednáva o redistribúcii objemu krvi spojenej s hydrostatickým tlakom vyvolaným ponorením. Tlak vyvíjaný na povrch tela sa zvyšuje o 22,4 mmHg na každú stopu hĺbky vody (jedna stopa = 30,48 cm) a vytláča z dolných končatín krv smerom do hrudnej a vnútrobrušnej dutiny.

Bleakley a Davison (2010) v svojom výskume (16 štúdií) uviedli, že reakcie organizmu na CWI boli spojené so zvýšením: srdcovej frekvencie, krvného tlaku, minútového objemu srdca a metabolizmu dýchania.

Srdcový výdaj krvi môže podľa Epstein (1992) reagovať premenlivým spôsobom, a to závisí aj na faktoroch ako poloha tela (sed, stoj), stav hydratácie jedinca. Trénovaní jedinca zvládajú tejto reakcie lepšie ako netrénovaný.

Vystavenie chladnej vode neadaptovaných jedincov stimuluje u nich rad kompenzačných mechanizmov k udržaniu telesnej teploty. Zvýšenie epinefrínu (adrenalinu) je menej výrazné, plazmatické hladiny norepinefrínu (noradrenalinu) sa zvyšujú až štvornásobne, čo má za následok netrasovú termogenézu. Akútne stúpajú aj hladiny hormónov ako je kortikotropín, tyreotropin, kortizol a vazopresín, čo má za následok zrýchlenie metabolizmu. Pokiaľ sa tieto reakcie ukážu ako neúčinné, prichádza na rad **trasová termogenéza**, ktorá produkuje tepelnú energiu prostredníctvom svalových kontrakcií. Tras znižuje koordináciu pohybu v dôsledku zníženej svalovej koordinácie a hlavne v dôsledku svalovej únavy. Trvalé vystavenie (viac než 30 minút) nízkym teplotám môže viesť k podchladeniu. Ak sa teplota jadra zníži pod 35°C spôsobuje to škodlivé kardiovaskulárne a neurofyziologické reakcie s následným vážnejším poškodením alebo smrťou (Kolettis, 2003).

Chladný vzduch prechádzajúci nosom a tracheou sa rýchlo zohrieva na teplotu blízku telesnej teplote, a to dokonca aj pri teplote vzduchu -25°C. Iná situácia nastáva pokiaľ človek dýcha pri intenzívnej fyzickej záťaži výhradne ústami, čo u športovcov býva veľmi často. Potom

už môže dôjsť k iritácii horných dýchacích ciest pokiaľ teplota vzduchu klesne pod -12°C . Výrazne chladný vzduch spôsobí pokles dychovej frekvencie a zníži dychový objem. Pri disponovaných osobách môžu tieto zmeny nastať aj pri vyšších teplotách (Zeman, 2006).

Tras narušuje mikrovrstvu ohriatej vody okolo tela, a tým urýchľuje tepelné straty. Pokiaľ je teplota vody dostatočne nízka, tak mierne zvýšenie trasu môže v skutočnosti zvýšiť tepelné straty viac než aktuálna produkcia tepla (Stocks a kol., 2001).

Po ponorení do ľadovej vody reaguje ľudské telo na tento podnet sledom reakcií (Tabuľka 6.), ktoré popisuje Knechtle a kol. (2020).

Tabuľka 6. Tri stupne reakcií po ponorení do ľadovej vody (upravené podľa: Knechtle a kol., 2020)

Tri stupne reakcií po ponorení do ľadovej vody		
	Čas	Reakcia
Počiatkový (studený šok)	Prvé tri minúty	Ochladenie pokožky, hyperventilácia, tachykardia, Gasp reflex
Krátkodobé	Po troch minútach	Povrchové neruromuskulárne ochladenie
Dlhodobé Kolaps zo záchranu	Po 30 minútach Bezprostredne pred, behom alebo po záchrane	Podchladenie, neskôr kolaps Srdcová arytmia, hemostáza, bezvedomie

Legenda:

Gasp reflex: po ponorení do studenej vody sa môžu spustiť nebezpečné fyziologické reakcie, ktoré sú súhrnné známe ako "studený šok". Spadá pod to inspiračné (nádyh) lapanie po dychu s nasledovným krátkym obdobím nekontrolovateľnej hyperventilácie (nárast pľúcnej ventilácie prehĺbením dychu alebo zvýšením dychovej frekvencie) a tachykardie (zrýchlená činnosť srdca) (Tipton a kol., 1998).

Kolaps zo záchranu: termín sa používa k popisu srdcovej zástavy, ku ktorej dochádza počas vyslobodzovania, transportu alebo liečby ťažko podchladeného pacienta (Podsiadlo a kol., 2021). Srdcová zástava alebo fibrilácia komôr je pravdepodobne spôsobená, ak u podchladeného jedinca dôjde k pohybu. Chladnejšia krv z periférie (horné a dolné končatiny) sa vplyvom pohybu transportuje do srdca, čím sa teplota jadra ešte viac zníži ("afterdrop"). Následne dôjde k neželanej reakcii srdca na ďalšie ochladenie. Preto podchladeného zachráneného jedinca nikdy nenútime k pohybu.

Pre účinnú termoreguláciu v chlade je veľmi dôležitý aj celkový stav organizmu, predovšetkým dostatok spánku. **Po jednej noci spánkovej deprivácie stráca človek viac tepla aj pri miernejších chladových stimuloch a telesná teplota pri ochladzovaní klesá viac.** Športovci, ktorí očakávajú chladné počasie, by preto mali **byť náležite oddýchnutí a vyspatí.** **To u detí platí vo zvýšenej miere.** Hladina glukózy v krvi hrá dôležitú úlohu v chladovej tolerancii a schopnosti podať intenzívny vytrvalostný výkon. **Pri hypoglykémii sa významne znižuje telesná teplota.** Tento poznatok podčiarkuje význam občerstvenia pri dlhotrvajúcich vytrvalostných výkonoch v chlade (Zeman, 2006).

Súhrn

Jedna z prvých reakcií ľudského tela na ponorenie do studenej vody je vazokonstrikcia ciev. Zúženie ciev chráni pred stratami tepla až o 85%. Je to jeden z dôvodov, prečo človek v studenej vode stráca menej tepla v pokoji ako pri pohybe. U zdravých jedincov vazokonstrikciu po cca 5 - 7 minútach vystrieda vazodilatácia. Dôvodom je reflexná reakcia ciev na ischemizáciu tkaniva. Vazodilatácia má za následok väčší výdaj tepla. Jej výhodou je, že telo je rezistentnejšie na omrzliny a má lepšiu koordináciu končatín. Vazodilatácia môže byť prejavom aklimatizácie na chlad. Po ponorení do ľadovej vody sa zvýši krvný tlak, minútový objem srdca, rýchlosť dýchania a dychový objem. Tiež sa zvyšujú hladiny adrenalínu, noradrenalínu, kortizolu a ďalších hormónov. Dlhodobé vystavenie nízkym teplotám po dobu viac ako 30 minút môže viesť k podchladeniu. Na výdrž v chlade má významný vplyv účinná termoregulácia, a tá je závislá na úrovni únavy (dostatok spánku, odpočinku). Hladina glukózy má významnú úlohu. Pri jej nízkej hladine sa znižuje telesná teplota.

Adaptácia na chlad

K zásadám, od ktorých závisí úspech adaptačného účinku otužovania podľa Hupku a kol. (1993) patrí:

- dlhodobosť
- postupnosť v používaní faktorov pri otužovaní
- systematickosť v otužovaní
- používanie kontrastných podnetov

Adaptácia na chlad spočíva vo zvýšení tukovej izolácie ako ochrany organizmu pred stratami tepla. Ďalším faktorom je zvýšenie činnosti metabolizmu. Menej častou reakciou je naopak zníženie činnosti organizmu, teda znížená citlivosť na chlad (Bartůňková, 2014).

Zeman (2006) sformoval rozdelenie na tri hlavné typy chladovej aklimatizácie:

1. Metabolická – spočíva v zvýšenej tvorbe tepla.
2. Izolačná – tvorba tepla zostáva rovnaká a zvyšuje sa izolácia (vazokonstrikcia, tuková vrstva).
3. Hypotermická – tvorba tepla ani vazokonstrikcia sa nezvyšuje, dochádza k poklesu telesnej teploty. Organizmus sa adaptuje na nižšiu telesnú teplotu.

Vybíral a kol. (2001) v závere uvádzajú, že zimní plavci vykazujú metabolické, hypotermické a izolačné typy adaptácie na chlad.

Lesna a kol. (2015) píše, že pri opakovanej expozícii chladovému stresu sú mechanizmy obrany nahradené mechanizmami adaptácie. Opakovaná expozícia chladovým podnetom vyvoláva fyziologické zmeny, ktoré boli zdokumentované v štúdiách, ktoré uvádzajú. Po dlhú dobu existovali pochybnosti o tom, či u ľudí vôbec existuje metabolická adaptácia na chlad.

Podľa medzinárodnej komisie pre termálnu fyziológiu rozlišujeme štyri druhy adaptácie na chlad (Zeman, 2006):

- genetická adaptácia – napríklad austrálsky domorodci sú schopní spať v chlade menej oblečení a prikrytí ako Európania bez toho, aby pociťovali nepohodlie v súvislosti s miestnymi teplotnými rozdielmi
- aklimatizácia – získané modifikácie v reakcii na komplex vonkajších faktorov, akými sú sezónne a klimatické zmeny
- aklimácia – získané modifikácie v reakcii na jediný faktor prostredia (napr. na chlad)
- habituácia (návyk) – zmenšenie reakcií alebo citlivosti po opakovanom chladovom podnete

Vybíral a kol. (2000) uvádzajú, že svalový tras u zimných plavcov nastúpil neskôr než v kontrolnej skupine, čo naznačuje, že jednou z adaptácií plavcov je netrasová termogenéza. V skupine zimných plavcov bola zaznamenaná bradykardia (spomalenie srdcovej činnosti) a väčšie zníženie objemu plazmy počas otužovania. Taktiež pozorovali v skupine plavcov mierny nárast podkožného tuku. Trasová a netrasová termogenéza tvorí súčasť reakcie na chlad, pričom trasová sa považuje za hlavnú formu termogenézy u ľudí (Lesna a kol., 2015).

U športových otužilcov sa po prvom roku otužovania zvýšila telesná hmotnosť o 1 kg, a to zvýšením percenta telesného tuku. Podobný jav nastal aj v kontrolnej skupine (športový otužilci o 0,5% a kontrolná skupina o 0,7% tuku). Ako uvádza Zeman (2006) zvýšenie hmotnosti môže súvisieť s nižšou fyzickou aktivitou v zimnom období.

Epstein (1992) zhrnul závery niekoľkých štúdií. **Dôležitým faktorom aké budú reakcie tela pri ponorení do vody je fyzická kondícia jedincov. Veľkosť odozvy, časová postupnosť a dĺžka reakcií, ako zvýšená tvorba moču a hormonálne odpovede sa líšia u netrénovaných a tréovaných jedincov.**

Gundle a Atkinsom (2020) uvádzajú štúdiu, v ktorej skúmali toleranciu voči chladu u kórejských potápačiek (Haenyeo), ktoré sa potápajú prostredníctvom zadržania dychu. Potápačky zbierajú morské plody potápaním v studených vodách bez neoprénov. Konštatujú, že potápačky sú schopné v ľadovej vode vydržať dlhšie, lebo majú pravdepodobne vyššiu mieru prahu bolesti. Tú pripisujú útlmu sympaticko-adrenálnovému systému, a tým vedia lepšie kontrolovať stresovú reakciu. Existujú určité dôkazy, ktoré naznačujú, že opakované vystavovanie studenej vode, spôsobuje tlmenie stresových reakcií, a tiež zvyšuje prah bolesti.

Štúdie, ktoré zaznamenali 50% zníženie hladiny inzulínu na konci 2,5 mesačného obdobia zimného plávania v porovnaní s ich východzími hodnotami uvádza Kolettis (2003). Adaptívne mechanizmy u zimných plavcov môžu posilniť imunitné reakcie. **Túto hypotézu potvrdzujú epidemiologické dáta hlásiace pokles infekcií dýchacích ciest o 40% u rekreačných zimných plavcov.**

Zistenia štúdie Checninska-Maciejewska a kol. (2019) na 32 probandoch s pravidelným krátkodobým kúpaním v chladnej vode (more s teplotou vody od 9°C do 1°C) vyvoláva adaptívne zmeny krvných prvkov a koncentrácie erythropoetínu. Účinnok je evidentnejší u žien.

Zimné plávanie je forma oxidatívneho stresu s následnou produkciou voľných radikálov kyslíka. Zmeny v kyseline močovej a ďalších parametroch počas plávania v studenej vode ukazujú, že **intenzívna krátkodobá celotelová expozícia chladu vyvoláva oxidačný stres**. U ľudí a zvierat vedie dlhodobá a extrémna expozícia chladu k poškodeniu orgánov a následne k smrti. K tomu prispievajú aj poranenia sprostredkované voľnými radikálmi. **Krátkodobé intenzívne alebo mierne vystavenie chladu používali lekári vo fyzioterapii.** Zimné plávanie predstavuje intenzívne, ale krátkodobé vystavenie chladu. Pri porovnaní niektorých aspektov antioxidantného obranného systému zimných plavcov so zdravou kontrolnou skupinou sa zdá, že u plavcov existuje zlepšená antioxidantná ochrana. Toto zlepšenie antioxidantnej ochrany je výsledkom opakovaného poškodzujúceho mierneho oxidačného stresu (Siemes a kol., 1999).

Chlad aj fyzická záťaž sú výrazné stresové podnety, po ktorých nasleduje iritácia sympatikového nervového systému. Vyplavenie katecholamínov je spoločným menovateľom pre zvýšenie krvného tlaku, vyplavenie leukocytov z dreňových rezerv, mobilizácia slezinových lymfocytov, oxidácia neesterifikovaných mastných kyselín a zvýšenie dejodacej aktivity na periférii. Pri spoločnom pôsobení chladového stresového podnetu a fyzickej záťaže sa aktivuje aj hypofýzo-nadobličková os. K rozvoju chladovej adaptácie prispievajú tiež tyreoidálne hormóny. Katecholamínmi zmenená distribúcia krvného obehu v chlade a pri fyzickej záťaži spôsobuje vazokonstrikciu v obličkách, tá vedie k zníženiu prietoku plazmy obličkou a poklesu glomerulárnej filtrácie (Zeman, 2006).

Vedci zistili, že expozícia v studenej vode viedla k zvýšeniu srdcovej frekvencie a tiež k štatisticky významnému zvýšeniu uvoľňovania noradrenalínu (Gundle and Atkinson, 2020). Uvoľňovanie noradrenalínu sa pri druhom a treťom opakovaní experimentu znížilo približne o 12%, čo pravdepodobne naznačuje adaptačnú reakciu sympatikového nervového systému a nadobličiek.

V štúdií od Kralova a kol. (2015) opisujú účinky chladu na nasledujúce parametre. Zvýšenie krvného tlaku, zrýchlenie srdcovej frekvencie a ďalšie zmeny v zložení krvi (zvýšený počet červených krviniek a krvných doštičiek, zvýšený plazmatický fibrinogen, zmeny koncentrácie parametrov glukózy a lipidov). Ich zistenia sú nasledovné: opakované vystavenie chladu môže ovplyvniť antioxidantný systém človeka. Predpokladajú, že adaptácia na chlad môže viesť k zníženiu rizika kardiovaskulárnych ochorení. Tiež uvádzajú, že existovali dlhú dobu pochybnosti, či je u človeka možná metabolická adaptácia na chlad.

Zeman (2006) uvádza, že v horizonte niekoľkých rokov sa pri podrobnom sledovaní otužilcov nepreukázalo, že dochádza k podstatnému hromadeniu tukových zásob. Krvné elementy obsiahnuté v odobratej krvi otužilcov boli porovnateľné s výsledkami ľudí neadaptovaných na chladné prostredie.

Súhrn

Autori sa zhodujú v spôsobe adaptácie ľudského organizmu na pravidelný chladový stimul. Druhy adaptácií ľudského organizmu rozdelili nasledovne: 1. metabolická - zvyšuje sa tvorba tepla, 2. izolačná - lepšie sa izoluje telo od chladu, a to vazokonstrikciou alebo zvýšením tukovej vrstvy, zvýšenie tukovej vrstvy však nie je výrazné, 3. hypotermická - dochádza k poklesu telesnej teploty. U adaptovaných jedincov nastúpi svalový tras neskôr. Netrasová termogenéza je metabolické prispôsobenie organizmu na chladový podnet. **Pravidelné otužovanie môže viesť k:** 1. tlmeniu stresových reakcií a tiež k zvyšovaniu prahu bolesti, 2. zvýšeniu odolnosti na choroby spôsobované chladom, 3. vyvolaniu pozitívnej antioxidačnej ochrany, 4. zníženiu rizika kardiovaskulárnych ochorení, 5. zvýšeniu hladiny erythropoetínu, a to u žien viac ako u mužov.

Zvýšená tvorba tepla - termogenéza

Termogenéza je možná, buď svalovou činnosťou alebo metabolickým zvýšením produkcie tepla, tzv. netrasovou termoreguláciou. Uvedené mechanizmy nie sú z termoregulačného hľadiska rovnako účinné. Svalová práca do určitej miery aj tras vyvolávajú zvýšené prekrvenie povrchových oblastí tela. V dôsledku toho klesá izolačná kvalita telesného povrchu a tepelné straty sa môžu zväčšiť, čo platí predovšetkým v extrémnom chlade u neoblečeného človeka. **Na chlad reaguje človek najprv triaškou, ktorá dokáže zvýšiť metabolizmus až o 15% maximálnej spotreby kyslíka. Najviac dokážeme zvýšiť metabolizmus pohybovou aktivitou.** Tá pri vhodnom odevu dokáže udržať telesnú teplotu i pri teplote vzduchu -30°C. Termogénne najefektívnejšia a pre organizmus biologicky najcennejšia je netrasová produkcia tepla, ktorá je indukovaná pôsobením katecholamínov, zvlášť noradrenalínu a vyskytuje sa prevažne u zvierat adaptovaných na chlad. Je tiež známe, že veľkosť noradrenalínovej termogenézy sa utlmuje hmotnosťou živočícha. Netrasová termogenéza prebieha predovšetkým v hedom tukovom tkanive, ktoré bolo donedávna bezpečne preukázané iba u novorodencov. V posledných rokoch sa objavili práce, ktoré pripúšťajú netrasovú termogenézu u dospelého človeka aj v iných orgánoch a preukazujú, že človek reaguje zvýšením metabolizmu viac na adrenalín než na noradrenalín. U ľudí bol zistený rozdiel v termoregulácií pri porovnaní Eskimákov s bielymi Američanmi. V oboch skupinách začal tras aj potenie pri totožnej kožnej teplote, avšak netrasový metabolizmus Eskimákov bol o 30-40% väčší ako u Američanov (Zeman, 2006).

Kolettis (2003) vo svojej súhrnnej štúdií uvádza, že v kontrolnej skupine zdravých subjektov má expozícia studenou vodou za následok náhle zvýšenie metabolizmu s následnou termogenézou. Tento mechanizmus sa však "unaví" a dosiahne plató (fáza bez zmien) približne 40 minút po ponorení, čo umožní, aby nastúpila trasová termogenéza. **Zimní plavci zvyšujú svoj metabolizmus neskôr po ponorení a pokračujú v tom aj po ukončení plávania.** To môže byť dôsledkom zmien v hypotalmickom termoregulačnom centre, ktoré sa stáva menej citlivým na zmeny teploty pokožky a reaguje na zmenu teploty telesného jadra pomalšie, ale dlhšie. **Netrasová termogenéza je hlavným mechanizmom produkcie tepelnej energie u trébovaných zimných plavcov behom prvej hodiny po ponorení do studenej vody.**

Ako ďalší dôležitý adaptačný mechanizmus u zimných plavcov, ktorý uvádza Kolettis (2003) je znížený prietok krvi v pokožke počas plávania, ktorý pôsobí ako tepelná izolácia.

Hanssen a kol. (2016) uvádzajú štúdie, ktoré ukazujú, že hnedé tukové tkanivo u štíhlych jedincov je možné aktivovať aklimatizáciou na chlad. Aktivácia hnedého tukového tkaniva bola súbežná so zvýšenou netrasovou termogenézou vyvolanou chladom.

Ak trvajú adaptačné mechanizmy na chlad dostatočne dlho, dochádza obvykle k zväčšeniu vrstvy podkožného tuku. Ten je významným činiteľom v ochrane proti chladu pre svoju malú tepelnú vodivosť a relatívne nízku vaskularizáciu (Zeman, 2006). Zeman (2006) taktiež uvádza autorov (Smith, Hanna; 1975; Holmer, 1974), podľa ktorých je u osôb so 4% podkožného tuku kritická teplota vody 35 °C, zatiaľ čo u osôb s 20% tuku je to teplota vody 32 °C. U osôb do 10% podkožného tuku musí byť teplota vody, pri ktorej by sa **počas plávania nestratilo teplo**, vyššia ako 18-20°C.

Súhrn

Na chlad reaguje človek sledom kompenzačných reakcií. Ak tie nedokážu dostatočne „zahriať“ organizmus nastupuje triaška. Tá dokáže zvýšiť metabolizmus až o 15% maximálnej spotreby kyslíka. Najviac dokážeme zvýšiť metabolizmus pohybovou aktivitou. Termogenéza je možná, buď svalovou činnosťou, alebo metabolickým zvýšením produkcie tepla, tzv. netrasovou termoreguláciou. Netrasová termogenéza prebieha predovšetkým v hnedom tukovom tkanive (avšak sa ukazuje, že aj v bielom tuku a svaloch - Zeman, 2006). U ľudí bol zistený rozdiel v termoregulácií. Zimní plavci zvyšujú svoj metabolizmus neskôr po ponorení a pokračujú v tom aj po ukončení plávania. Netrasová termogenéza je hlavným mechanizmom produkcie tepelnej energie u trénovaných zimných plavcov behom prvej hodiny po ponorení do studenej vody.

Adaptácia na chlad vo vyššom veku

U starších ľudí klesá telesná teplota rýchlejšie ako u mladých jedincov pri rovnakej vrstve podkožného tuku. Aklimatizácia na chlad sa u starších vyvíja pomalšie. Mladí ľudia rozoznávajú teplotné rozdiely na koži menšie ako 1°C. Starší jedinci rozoznávajú teplotný rozdiel na koži až v intervaloch 5°C (Zeman, 2006).

U starších osôb bola zaznamenaná pri pobyte v chladnom prostredí nižšia tepelná produkcia a väčšie tepelné straty. Je dokázané, že starší ľudia (45-70 ročný) **nezvyšujú v chlade svoj metabolizmus** v takej miere, ako mládež a **nie sú schopní udržať si svoje telesné teplo prostredníctvom vazokonstrikcie**. Ďalším rozdielom je **vzrast systolického a diastolického tlaku, ktorý stúpa u starších osôb až dvojnásobne**. Významne sa zhoršuje účinnosť vegetatívnej regulácie a znižuje sa, dokonca niekedy až **vytráca, triaška ako ochrana pred chladom**. U ľudí vekovej kategórie nad 75 rokov až 10% nie je schopných udržať gradient teplotného obalu organizmu voči okoliu. Táto časť staršej generácie je tak schopná vyvinúť hypotermiu i bez zjavného vystavenia sa chladu. Syndróm stareckej hypotermie bol po

prvýkrát zdokumentovaný v roku 1961 vo Veľkej Británii. Bolo zistené, že až 4% starých osôb prijímaných do nemocníc v Británii trpeli hypotermiou, čo malo v konečnom dôsledku na svedomí zhoršenie ich zdravotného stavu (Zeman, 2006).

Tajima a kol. (1988), pozorovali pomocou bio impedančnej kardiografie u probandov srdcový výdaj. Probandi boli ponorení po krk v termoneutrálnej vode (34-35°C). Vzorka probandov bola zložená z mladých (n=8; vek 21-28 rokov) a starých zdravých jedincov (n=7; vek 62-74 rokov). Počas ponorenia vykazovali **mladí jedinci prírastky srdcového výdaja** (množstvo krvi prečerpané za časovú jednotku - minútový výkon) **priemerne o 59%**, pričom prírastky boli trvalé po celú dobu ponorenia. **Staršie osoby vykazovali len miernejšie zvýšenie srdcového výdaja, a to priemerne o 22%.**

Rektálnu teplotu, teplotu kože, produkciu metabolického tepla, systolický a diastolický tlak a srdcovú frekvenciu u svojich probandov (n=19) sledovali Inoue a kol. (1992). Testovali mladých (n=9, vek 20-25 rokov) a starších (n=10, 60-71 rokov) probandov pri 60 minútovej expozícii vzduchu o teplote 17°C a 12°C (oblečení iba v plavkách). Konštatujú, že **starší muži majú premenlivejšie reakcie na studený vzduch ako mladší muži.**

Starší zdraví dospelí majú narušenú reflexnú vazokonstrikciu, ktorá môže vyústiť za určitých okolností k zhoršenej schopnosti udržať telesnú teplotu. So starnutím sú termoregulačné reakcie pri pôsobení chladu oslabené. To vedie k väčším stratám tepla prostredníctvom konvekcie a k zníženej schopnosti starších dospelých udržať telesnú teplotu pri nízkych okolitých teplotách (Alba; Casellani a Charkoudian, 2019).

Súhrn

Staršie osoby majú nižšiu tepelnú produkciu a väčšie tepelné straty. Nie sú schopní udržať svoje telesné teplo prostredníctvom vazokonstrikcie. Mladý človek rozlíši teplotné rozdiely na koži menšie ako 1°C, starší až v intervaloch 5°C. U starších sa niekedy vytráca triaška ako ochrana pred chladom.

Tehotenstvo a otužovanie

Gundle a Atkinson (2020) prezentujú hypotézu, že ženy, ktoré pravidelne plávajú v studenej vode môžu očakávať zníženie negatívnych psychických dopadov na matku počas pôrodu. Je to pravdepodobne z dôvodu, že plávanie v studenej vode je fyziologicky stresujúcou udalosťou a môže zmierniť stresovú reakciu počas pôrodu. V danej oblasti je však potrebný ďalší výskum.

Kedy nastávajú účinky otužovania

Podľa Štaifovej (1989) je otužovanie dlhodobou záležitosťou. Aby sa priaznivé účinky prejavili, je potrebné aplikovať metódy otužovania **najmenej šesť týždňov a ak má mať otužovanie trvalé účinky je potrebné sa otužovaniu venovať po celý rok**, prakticky po celý život. Je veľmi dôležité dbať na pravidelnosť a pozvoľné zvyšovanie záťaže.

Prvé benefity otužovania je možno pozorovať najskôr za tri, štyri týždne (Komárek, 2010)

Vrstva podkožného tuku, ktorá sa adaptáciou na chlad vytvorí, je maximálne pár milimetrov. Pri otužovaní sprchou sa podkožný tuk netvorí vôbec. Prvé priaznivé pocity otužovania studenou sprchou a zvýšenú odolnosť imunitného systému by sme mali pocítiť po dvoch až troch mesiacoch. Pri zimnom plávaní už po mesiaci otužovania (Gololobová, 2009). Komárek (2010) uvádza, že priaznivé účinky otužovania sa prejavia **najskôr za tri až štyri týždne.**

Po 6 týždňoch zaznamenali Janský a kol. (1996) prostredníctvom CWI mierne zvýšenú aktivitu imunitného systému

Zeman (2006) vykonával svoj výskum na veľmi malej vzorke (6 probandov), ktorú nemožno pokladať za smerodajný experiment. Avšak môže naznačovať určité zákonitosti, ktoré je potrebné v ďalšom výskume potvrdiť, resp. vyvrátiť. Na probandoch neotužilcoch (19-24 rokov, výška 173-185 cm, hmotnosť 72-81 kg, tuk 11-15,6%) aplikoval 1 hodinový kúpeľ o teplote 14°C trikrát do týždňa po dobu 5 týždňov. Sledoval reakcie tela na začiatku, počas a na konci testu (teplota rekta - pred, počas a po kúpeli a vybrané biochemické parametre krvi, moču a hormónov). V závere uvádza, že **pozoroval po 5 týždňoch známky prispôsobenia – „habituáciu“.** Konštatuje však, že **pre vývoj významnejších zmien bola táto doba pravdepodobne príliš krátka.**

Yoneshiro a kol. (2013) na vzorke 52 mužov z čoho u 52% (n=27) **po 6 týždňoch denného ochladzovania (2 hod, 19°C) zistili vyššiu aktivitu hnedého tukového tkaniva, čo možno považovať za aklimatizáciu organizmu.**

Z dostupných poznatkov je zatiaľ jednoznačné, že chlad predstavuje jeden z najvýznamnejších prostriedkov aktivácie adaptačnej termogenézy tukového tkaniva. **Už 6 týždňové otužovanie (17°C, 2h/denne) dokáže aktivovať termogenézu v tukovom tkanive** aj u tých jedincov, u ktorých nebola pred intervenciou metabolická aktivita hnedého tukového tkaniva vôbec detegovateľná. Pritom sa súčasne zvyšuje výdaj energie a znižuje sa telesná hmotnosť. Po 90 dňoch každodenného ochladzovania (20min/deň) vo vode s postupne klesajúcou teplotou (22°C–14°C) sa okrem telesnej hmotnosti upravil aj lipidový (tukový) profil pacientov s hypercholesterolémiou (zvýšená koncentrácia cholesterolu v krvi). **Dokonca aj jednorazová stimulácia chladom (5–8 hodín) dokázala u jedincov s metabolicky aktívnym hnedým tukom významne zvýšiť bazálny výdaj energie,** oxidatívny metabolizmus glukózy aj inzulínovú senzitivitu (Janáková a kol., 2017).

Súhrn

Prvotná adaptácia na pravidelné chladové podnety pravdepodobne nastáva približne po 6 týždňoch.

Dávkovanie otužovania (rekreačné otužovanie)

Otužovanie v ľadovej vode **2-3 krát týždenne po dobu 2-3 minút** odporúča Zeman (2006). Prízvukuje, že je veľmi dôležité dodržať postupnosť a sústavnosť. Okrem iného tento **druh otužovania veľmi priaznivo pomáha odstrániť či potlačiť stres**, ktorý je v dnešnej hektickej dobe vyvolaný konfliktnými situáciami, zhomom a často vyčerpávajúcou prácou. **Ak klesne teplota vody pod 12°C, stačí plávať 2-3 krát týždenne, pretože telo potrebuje dostatok času na regeneráciu (Makai, 2012).**

Tréning otužilosti prebieha dlhodobo. Najlepšie je začať od detstva a otužovať sa celoživotne. Komárek (2010) uvádza, že **priaznivé účinky otužovania sa prejavia najskôr za tri až štyri týždne**. K strate otužilosti môže dôjsť (napr. po chorobe, zanedbaním tréningu otužovania), vtedy je treba začať znovu opatrne a intenzitu postupne zvyšovať. Otužovať môžeme denne. Pre udržanie dobrej úrovne otužilosti je nutný intenzívny otužilecký tréning dvakrát týždenne. Po dlhšom prerušení otužovania (kvôli chorobe, zraneniu, a pod.), je potrebné začať takmer od začiatku.

Na základe chladového testu možno u otužilcov predpokladať lepšie prekrvenie slizníc horných dýchacích ciest. Otužilci sa vyznačujú dobrou imunologickou reaktivitou. K získaniu a udržaniu odolnosti postačí teda aj krátkodobé, 1-2 min. trvajúce, pravidelné plávanie v ľadovej vode 1-2 krát týždenne (Zeman, 2006).

Považujeme za prínosné spomenúť, že sme absolvovali kurz Wima Hofa v SR pod vedením Martina Tháma. Stotožňujeme sa s filozofiou Wima Hofa, a to nepoužívať neoprénové pomôcky pri otužovaní (v prípade, ak nás obmedzuje zdravotný stav môže byť ich používanie vhodnou voľbou). Ďalej sa stotožňujeme s preferovaním ponorenia celého tela po krk tak, aby nad hladinou vody vytrčala iba hlava (paže sú pod hladinou vody). Vysvetlenie: cieľom pobytu v studenej vode je prijať určitú dávku chladu. Neoprénové pomôcky nás od okolitej studenej vody izolujú, a tým tento čas predlžujú. Možno to prirovnať k normálnemu oblečeniu. Hrubá vrstva oblečenia nás lepšie izoluje od okolitého studeného vzduchu. Príklad: bez neoprénových pomôcok vydržíme vo vode o teplote 3°C približne 4 minúty. Vo vode o tej istej teplote 3°C ale s oblečenými neoprénovými rukavicami a neoprénovými topánkami (poprípade neoprénovými plavkami) vydržíme v lepšej tepelnej pohode výrazne dlhšie ako bez neoprénových pomôcok. Jedným z dôvodov, prečo vydržíme dlhšie je, že významnými „ochladzovačmi“ organizmu sú veľké plochy s malým priemerom (končatiny a hlavne prsty). Blokováním výdaja tepla prostredníctvom neoprénových pomôcok „umelo“ predlžujeme dobu potrebnú na ochladenie tela. Bez neoprénových pomôcok, ktoré nás izolujú od okolitého prostredia, k tomu dôjde podstatne rýchlejšie. Za bezpečný pobyt v ľadovej vode sa považuje, ak z 1 m² plochy tela unikne cca 100 kcal. Ľudské telo má priemernú plochu kože teda porovnávanú s 1,8 m².

V oblasti minimálnej potrebnej dávky CWI dodnes nie sú určené hodnoty (teplota vody a dĺžka pobytu). Na účinok CWI vplýva mnoho determinantov, kvôli čomu je náročné určiť jednotný záver. Taktiež určenie záveru aká dávka je vhodná pre rekreačného otužilca, plavca otužilca, silovo trénujúceho jedinca, vytrvalostne trénujúceho jedinca a iných športovcov môže byť rôzna (teplota vody a dĺžka trvania CWI). Pre prehľadnosť uvádzame **nám aktuálne známe determinanty, ktoré pravdepodobne majú vplyv na účinky otužovania:**

1. **teplota vody ako dominantný faktor**
2. **spôsob ponorenia (celotelové, lokálne)**
3. **dĺžka pobytu vo vodnom prostredí**
4. **aktivita alebo inaktivita vo vodnom prostredí**
5. **súvislý alebo prerušovaný pobyt vo vodnom prostredí o konštantnej teplote vody a rozdielnosť dĺžky cyklov ponorení**
6. **prerušované ponorenie do vôd s rozdielnými teplotami a rozdielnosť dĺžky cyklov ponorení**
7. **stav únavy organizmu**
8. **dĺžka spánku a jeho kvalita**
9. **hladina glukózy v krvi**
10. **teplota prostredia (je rozdiel, ak je vonku 12°C zamračené a veterno, alebo +5°C slnečno a bezvetrie)**
11. **veľkosť tela (objem tela)**
12. **hrúbka podkožného tuku**
13. **stojatá alebo tečúca voda**
14. **aktuálny stav adaptácie jedinca na CWI**
15. **aktuálne mentálne nastavenie**
16. **úroveň aktivity hnedého tuku**
17. **druh zaťaženia, ktoré bolo realizované pred CWI**
18. **aktuálny stav kondície jedinca**
19. **zloženie tela**
20. **denná doba**
21. **pocit sýtosti**
22. **biorytmus**
23. **genetické faktory**
24. **poloha tela pri CWI**
25. **pohlavie**
26. **vek.**

Otužovanie a choroby

Adaptívne mechanizmy zimných plavcov môžu posilniť imunitné reakcie. **Túto hypotézu potvrdzujú epidemiologické dáta hlásiace pokles infekcií dýchacích ciest o 40% u rekreačných zimných plavcov** (Kolettis, 2003).

Makai (2012) píše, aby naším cieľom bolo užívať medikamenty minimálne. Uvádza tiež, že všetky lieky popri priaznivých účinkoch môžu mať aj vedľajšie účinky. Podchladzovaním dochádza k sťahovaniu ciev, následným zahriatím k ich rozťahnutiu, čím zvyšujeme ich elasticitu a oddaľujeme starnutie. Plávaním v studenej vode si upevňujeme pevnú vôľu, vyplávajú sa endorfíny – hormóny šťastia a adrenalín, takto sa naučíme lepšie prekonávať každodenný stres a zlú náladu, depresie hlavne na jeseň a v zime. Približne po 2 rokoch posilníme organizmus natoľko, že by sme mali zaznamenať **nižší výskyt rôznych chorôb hlavne prechladnutí**, pričom aj ich priebeh je omnoho ľahší a rýchlejšie sa uzdravujeme.

Na základe chladového testu možno u otužilcov predpokladať aj lepšie prekrvenie slizníc horných dýchacích ciest. Otužilci sa vyznačujú aj dobrou imunologickou reaktivitou (Zeman, 2006).

LaVoy, Farlin a Simpson (2011) uvádzajú, že existujú určité dôkazy, že cvičenie pri teplotách blízko 5°C vedie k väčšej imunite v porovnaní s cvičením pri miernejších teplotách.

Janský a kol. (1996) vykonali štúdiu so zámerom zistiť, či ľudský imunitný systém je možné aktivovať neinfekčným podnetom, a tým zlepšiť fyziologický stav jedinca. **Účinok jedného ponorenia do studenej vody (14°C, ponorenie o dĺžke trvania 1 hodina, výška hladiny vody po hrud) mal minimálny účinok na ich imunitný systém**. S daným typom otužovania pokračovali trikrát týždenne po dobu šesť týždňov. Dospeli k záveru, že stresom vyvolávajúci neinfekčný podnet, ako CWI, mierne aktivovalo imunitný systém. Taktiež dodávajú, že fyziologicky význam pozorovaných zmien je potrebné ešte objasniť.

V štúdiu od Dugé a Leppänen (2008) bolo zistené, že pravidelné vystavenie CWI zvyšuje imunologickú odpoveď organizmu v určitých v sledovaných zápalových a protizápalových krvných parametroch.

Knechtle a kol. (2020) píše, že **krátkodobá expozícia CWI môže určite zlepšiť kvalitu imunitného systému a opakovaná expozícia bez dostatočnej regenerácie môže viesť k zníženiu imunitných funkcií**. Štúdium účinkov plávania v studenej vode na funkciu imunitného systému (hlavne leukocytov a imunoglobulínov) má kontrastné výsledky (Dugué a Leppänen; 2000). Pravdepodobne je to spôsobené tým, že sa používajú vždy iné protokoly CWI (trénovaný verzus netrénovaný jedinca, stoj vo vode verzus plávanie, rôzne teploty vody a iné.).

Zdravý organizmus umožňuje adaptívne zmeny a prístupy bez obmedzenia alebo poškodenia výkonnosti (Švedová, 2019).

Súhrn

Štúdie naznačujú, že pravidelné otužovanie má mierne pozitívny vplyv na imunitu človeka. Avšak pravdepodobne sa jedná len o lepšiu toleranciu pri infekčných ochoreniach dýchacích ciest. Pri príliš častej aplikácii CWI bez dostatočnej regenerácie môžeme oslabiť imunitný systém.

AKO ZAČAŤ S OTUŽOVANÍM VODOU

Novák a Zeman (1979) uvádzajú tieto zásady otužovania:

- **Zásada postupnosti** - organizmus sa najlepšie na vonkajšie podnety adaptuje vtedy, ak na neho pôsobí postupne vzrastajúcou intenzitou a dobou trvania. Otužovaním proti chladu, by sme mali začínať už v letných mesiacoch a využívaním najprv menej intenzívnych prostriedkov (slnko, vzduch) a postupne prechádzať k intenzívnejším (voda, sauna) a zvyšujeme aj dobu otužovania.
- **Zásada sústavnosti** - otužovanie je vhodné prevádzať sústavne po celý život.
- **Zásada striedania intenzity** - pri tréningu otužilosti má veľmi dobré výsledky striedanie intenzity prostriedkov a ich kombináciou, napr. horúca a studená sprcha, teplá miestnosť a mrazivá klíma vonku.
- **Zásada pestrosti výberu prostriedkov** - vyššia otužilosť voči jednej zmene prostredia neznamena automaticky rovnaký efekt voči zmenám iným. Je nutné klásť dôraz na všestranné pôsobenie. Komplexnú otužilosť voči chladu, teplu a slnku ide najlepšie dosiahnuť vonku v prírode, kde sú tieto prostriedky prítomné.
- **Zásada užívania maximálnej záťaže** - pri otužileckom tréningu je vhodné zaradenie schopnosti zniesť najvyššiu záťaž ako je maximálna dĺžka pobytu pod studenou sprchou, na studenom vzduchu, zaplávacie maximálnej vzdialenosti v ľadovej vode a podobne. Maximálnu záťaž sa ale neodporúča zaraďovať do tréningu častejšie ako raz a u trénovaných maximálne dvakrát týždenne.

Najbežnejšie formy otužovania sú:

- otužovanie slnkom
- otužovanie vzduchom
- otužovanie vodou
- otužovanie saunovaním.

Pri otužovaní, najmä u začiatočníkov, je najhoršou fázou rýchla zmena teploty. Pri vode, ktorá rýchlejšie prenáša svoju teplotu ako vzduch, dochádza k tzv. "infarktovým stavom", niektorým ľuďom sa zastaví dych. Postupnosť adaptácie organizmu na chladové podnety zabezpečíme týmito metódami otužovania (Novák a Zeman, 1979):

- omývanie
- polievanie
- sprchovanie
- zimné plávanie

Pre začínajúcich otužilcov by voda mala byť v podstate príjemná, neodporúča sa začínať s príliš studenou vodou, ktorá môže človeka od otužovania odradiť. Teplotu vody je dobré znižovať pomaly a s postupom času. Otužovanie je najideálnejšie praktizovať hneď ráno. Po prechode na sprchu je dôležité sa aj v sprche pohybovať. Z počiatku stačí aj 10 sekúnd. Aj to je výborný začiatok. Vždy je dôležité mať na pamäti, že po ukončení procedúry musí byť telo rýchlo usušené. Dochádza k masáži pokožky uterákom, tým je docielené navrátenie pocitu tepelnej pohody. Sprchovanie 2-3 krát týždenne stačí na získanie slušného stupňa otužilosti. Teplá voda zásadne vyruší účinok studenej vody. Preto je dôležité aj poradie týchto sprch. Teplou sprchou sa zmyjú všetky nečistoty tela, potom sa môže prechádzať na studenú sprchu, bez návratu k teplej. S otužovaním sa začína v teplých letných mesiacoch, kedy má voda príjemnú teplotu. A navyše je telo oveľa lepšie adaptované na postupné znižovanie teploty vody vplyvom nastupujúcej zimy. Ak pravidelne aplikujeme studenú sprchu, môžeme sa v letných mesiacoch kúpať v prírode bez obáv za akéhokoľvek počasia. Pri otužovaní v zimných mesiacoch sa zásadne neodporúča vstup do vody pri podchladení. Po výstupe je dôležité utrieť telo do sucha a sňať mokré plavky. Tie majú za následok odparovanie vody s následným ochladzovaním zakrytých častí tela. Neuvážené postupy pri otužovaní vedú u neaklimatizovaného organizmu k závažným chorobám. Tým je myslené zotrvanie po dlhý čas v studenej vode bez potrebnej aklimatizácie. **V rekreačom otužovaní nie je dôležité vydržať vo vode dlhšie ako kolega, dôraz je kladený na pozitívne zdravotné dopady pre človeka.** Pocit príjemnej eufórie po výstupe z chladnej vody sprevádza v menšej či väčšej miere menej príjemný pocit nastupujúcej **triašky**. Otužilecká triaška je prejavom zdravotne nezávadného mierneho podchladenia. Začínajúci zimný plavec by nemal byť prekvapený pocitom vracajúceho sa telesného chladu, ktorý sa niekedy dostaví po určitom čase ešte počas spomínanej eufórie. Otužilci žartujú, že ľadová voda je spravodlivá, lebo každého po nej trasie rovnako, bez ohľadu na vek, pohlavie, národnosť, spoločenské postavenie, vierovyznanie či politickú príslušnosť (Máček & Radvanský, 2011).

Termické pôsobenie sa prejavuje tým výraznejšie, čím viac sa teplota vody líši od indiferentnej teploty. Nemali by sme začínať veľmi studenými kúpeľmi, ale najskôr omývaním obnažených častí tela vlhkou hubkou alebo žinkou. Najvhodnejšia doba je ráno po spánku. Keď si telo zvykne na omývanie, môžeme pokračovať k polievaniu alebo sprchovaniu. Cieľom je dosiahnutie miery otužilosti do doby, kým vydržíme 2–3 minúty každodenného sprchovania

studenou vodou. Po každej tejto procedúre by malo nasledovať dôkladné osušenie. V kombinácii s kúpaním sa v studenej vode v prírode je to prvý krok k zahájeniu tréningu v športovom otužovaní (zimnom plávaní) (Novotný, 2019).

Novák a Zeman (1979) uvádzajú, že na začiatok je vhodné si vyžiadať povolenie lekára, keďže ide o záťaž na organizmus. Začína sa všetkými dostupnými otužovacími prostriedkami spomenutými vyššie. Po 2 mesiacoch sa môže začiatočník pokúsiť o prvé metre plávania v chladnej vode tak, aby bol schopný plávať bez problémov 6 minút. Pre začiatočníkov je najvhodnejší plavecký spôsob prsia s polohou hlavy nad hladinou. Vhodné sú 2-3 tréningové jednotky týždenne s každodennou domácou prípravou. Tréning v 15°C a viac stupňovej vode prebieha v nekrátených dávkach. **Pri poklese teploty na 14-8°C trvá tréningová jednotka najviac 20 minút, pri teplote 8-0°C nie viac ako 5-7 minút.** Súčasťou každého tréningu by mala byť rozcvička zameraná na veľké svalové skupiny v rýchlom tempe. Pre zvýšenie otužovacieho účinku tréningu sa po opustení vody neutierame, ale k obnoveniu normálnej teploty zaradíme dynamické cvičenia a vodu nechávame samovoľne uschnúť. Pokiaľ sa behom 3 rokov sústavnej prípravy otužilcovi nepodarí zaplávať 100 metrov, zrejme nemá na zimné plávanie predpoklady a možno mu odporučiť iné športové odvetvie.

Ľudia sa zjavnými alebo neurčitými kardiovaskulárnymi patológiami môžu byť náchylnejší k nežiaducim účinkom z otužovania. Pretože chlad spôsobuje srdcové arytmie a akútne kardiovaskulárne príhody, ktoré môžu predstavovať značné zdravotné riziko. Preto sa odporúča postupná stratégia zaťažovania organizmu ako pri začiatkoch s otužovaním, tak aj pre pokročilých ako ochrana pred možnými rizikami pri expozícií studenou vodou (Knechtel, 2020).

Pre osoby začínajúce s otužovaním sa odporúča praktizovať omývanie po dobu 3-4 minút. Pre pokročilejších jedincov môže sprchovanie alebo polievanie studenou vodou trvať 1-2 minúty. **Kúpanie vo vonkajšom prostredí nemožno definovať len ako doba strávená vo vode. Do procesu vstupuje viacero faktorov: teplota vzduchu, teplota okolia, teplota vody a poveternostné podmienky.** Vždy je dôležité poznať všetky tieto faktory pred vstupom do vodného prostredia (Komárek, 2000).

Z našich empirických skúsenosti považujeme otužovanie sprchou za nepríjemné. Celotelové ponorenie do vody je podľa nás lepšie akceptovateľnejšie. Pravdepodobne je to len psychologický efekt. V sprche sa snažíme pred "útočiacimi" kvapkami vody uniknúť. To pri vstupe do jazera/rieky a iných vodných pôch nie je možné. Obklopí nás súvislý celok. Z tohto dôvodu sa s autormi, odporúčajúcimi začínať sprchou nestotožňujeme. Pokiaľ má človek obavy z chladu alebo má zdravotné problémy, je pravdepodobne vhodnejšie začínať sprchou. Pre rekreačné účely je ideálne začať otužovať, keď sa koncom leta prestane bežná verejná kúpať v jazerách, riekach a iných vodných plochách. Spočiatku stačí 1-2krát do týždňa. Ak klesne teplota vody pod cca 12°C, otužujeme minimálne 2 krát do týždňa, a to preto, aby sme trénovali nociceptory (viď kapitolu Koža). Pobytu vo vode sa prispôsobujeme s prirodzene klesajúcou

teplotou vody spôsobenou ochladzovaním zemskej atmosféry. Ako sa prirodzene počas jesene ochladzuje, tak sa pravidelne otužujeme 1-2krát do týždňa aj my stále v chladnejšej vode. Tým pádom nám príroda sama vytvára lineárnu periodizáciu. Každým chladnejším dňom vstupujeme do studenej vody. Na základe uvedeného si na klesajúcu teplotu vody lepšie zvykáme. Toto je tiež spôsob "trénovania". Aj v športe to funguje rovnakým spôsobom. Každý tréning by mal byť o niečo málo náročnejší. Tým si telo privyká na daný podnet. Takto nastáva adaptácia, ktorá sa prejavuje ako zvýšenie výkonu. S otužovaním to je totožné.

Športové otužovanie

Športové otužovanie začína tam, kde končí otužovanie pre radosť a pre zlepšenie imunity. V športovom otužovaní ide aj o zdravie, ale aj o body, ktoré nekompromisne rozhodujú o poradí jednotlivých spolkov. Športovým otužilcom nestačí iba 3× týždenne ranná studená sprcha. Musia trénovať oveľa viac (Zeman, 2006).

Táto publikácia je fokusovaná na rekreačné otužovanie. Z tohto dôvodu sa nebudeme venovať zvyšovaniu odolnosti voči chladu so zameraním na zlepšenie výkonu v zimnom plávaní.

Súhrn

Pred začatím s otužovaním je vhodné sa poradiť so svojím lekárom o svojom zdravotnom stave. Jednotný návod ako začať neexistuje. Názory ohľadne protokolu ako začať s otužovaním sú od prvotného obmývania sa studeným mokrým uterákom, cez sprchovanie v studenej vode až po samotný kúpeľ v otvorenej vode. V rekreačnom otužovaní nie je dôležité vydržať vo vode dlhšie ako ostatní. S klesajúcou teplotou vody sa skraca aj náš pobyt vo vode.

Možné kontraindikácie otužovania

Aj keď je to vzácné, niektorí ľudia majú tiež precitlivosť na chlad a môžu byť ohrození, ak sú ich časti tela náhle ponorené do studenej vody. Príznaky sa skladajú z alergických a možných anafylaktických reakcií, Raynaudovej choroby a chladovej paroxyzmálnej hemoglobínúrie (laicky nazývanej krv v moči). Alergická reakcia sa prejaví napríklad len vyrážkami. Môže prejsť až do anafylaxie (najťažšia forma alergickej reakcie). Medzi príznaky a symptómy plne rozvinutej anafylaxie patrí hypotenzia (nízky tlak), synkopa (náhle krátkotrvajúce bezvedomie) a vaskulárny (cievny) kolaps, ktoré môžu viesť k smrti. Raynaudov syndróm je periférna vazokonstrikcia, ktorá vedie k znecitliveniu, brneniu a pálivej bolesti. Chladová paroxyzmálna hemoglobínúria je vzácné a potenciálne život ohrozujúce postihnutie, ktoré spôsobuje uvoľňovanie hemoglobínu (červené krvné farbivo, ktoré viaže kyslík) z červených krviniek do močového systému a spôsobuje akútnu prechodnú anémiu (Zeman, 2006).

Medzi kontraindikácie, pri ktorých sa nedoporučuje až zakazuje otužovať patria (Dinka a kol., 2008):

- poranenie kože, pri ktorej by kontakt s vodou mohol zvýšiť riziko infekcie
- hnisavá choroba kože
- dermatitída
- Raynaudov syndróm
- srdcové arytmie
- infekčné a horúčkové stavy
- akútne zápalové ochorenie
- poruchy gastrointestinálneho traktu
- nízky a vysoký krvný tlak
- liečba rakoviny ožarovaním

Alkohol a otužovanie

Alkohol v miernej dávke neovplyvňuje rýchlosť podchladenia a ani rýchlejšie zahrievanie organizmu (Fox, Hayward a Hobson, 1979).

Zdá sa, že pri 20 minútovom ponorení do 13°C vody s relatívne vysokou hladinou alkoholu v krvi 90 +/-11,2 mg-(100 ml)⁻¹ nie sú ovplyvnené ventilačné reakcie, ani sa nezvyšujú straty telesného tepla (Martin, Diewold a Cooper, 1977).

Ponorenie do vody a chlad majú aditívny účinok na tvorbu moču. Po ponorení do vody bola priemerná tvorba moču 4,25 ml/min, čo je približne 3,5-násobok úrovne pred ponorom. Intoxikácia alkoholom v spojení s ponorením do studenej vody spôsobila ďalšie veľké zvýšenie tvorby moču až na 8,03 ml/min (Cupples, Ford a Hayward, 1980).

Požitie alkoholu spôsobuje pokles teploty telesného jadra počas expozície chladu. To spočíva skôr v zhoršení trasovej termogenézy v dôsledku hypoglykémie vyvolanej alkoholom, než vo zvýšení rozptylu tepla vyvolanej vazodilatáciou (Freund, O'Brien a Young 1994).

V štúdií od Roggle a kol. (1995) skúmali vplyv alkoholu na telesnú teplotu počas ponorenia do vody o teplote 20°C. V skupine s placebom po 1 hodine pobytu vo vode klesla telesná teplota probandov o 0,66°C. V skupine probandov, čo užila alkohol (1 liter nápoja, 50 g alkoholu) sa znížila telesná teplota o 1,0°C.

Po požití alkoholu je frekvencia dýchania v prvých 20 sekundách po ponorení (voda o teplote 15°C) znížená o 10% (celkovo 2-3 nádychy) v porovnaní s kontrolnou skupinou. Franks a kol. (1997) ďalej zistili, že dychový objem, srdcová frekvencia, rektálna teplota a teplota kože sa medzi ponormi významne nelíšili. Dospelo sa k záveru, že mierna konzumácia alkoholu prakticky neoslabuje počiatočnú reakciu "chladového šoku", a je teda nepravdepodobné, že by znížila riziko utopenia ponorením do studenej vody v dôsledku chladového šoku.

Ako veľmi nevhodné pitie alkoholických nápojov pred i po plávaní uvádza Komárek (2000). Upozorňuje, že zlyhanie obehového systému môže nastať, keď otužilec po plávaní vstúpi pod horúcu sprchu. Dodáva, že toto konanie je životu nebezpečné.

Účinky chladu nepriaznivo ovplyvňuje súčasné použitie alkoholu (vyvoláva hypoglykémiu, čím urýchli pokles telesnej teploty), antidepresív, sedatív, hypnotík, drog a i., ale aj nedostatočné oblečenie a nevyhovujúca obuv (Buchancová a kol., 2003).

Súhrn

Celkovo sa javí, že alkohol v malej dávke neovplyvňuje výdaj tepla a ani prvotné reakcie organizmu na chlad. Reakcie tela po ukončení otužovania nie sú malými dávkami alkoholu ovplyvnené. Celkovo sa myslelo, že alkohol "rozprúdi" krv (vazodilatácia ciev), a tým pomáha k rýchlejšiemu ochladzovaniu organizmu. Ochladzovanie tela alkoholom je však pravdepodobne spôsobené zhoršenou trasovou termogenezou v dôsledku hypoglykémie vyvolanej alkoholom, než vo zvýšení rozptylu tepla vyvolanej vazodilatáciou. V prípade, ak je cieľom zohriať organizmus, javia účinky alkoholu ako nepriaznivé.

CHLADOVÁ EXPOZÍCIA A ŠPORT

Podstatným faktorom pri pochopení účinkov CWI na športovú aktivitu je mať minimálne znalosti o druhoch svalových vlákien ľudského tela, ako ľudské telo reaguje na záťaž v podobe pohybovej aktivity a ako regeneruje pri rôznom druhú záťaže. Nasledujúce informácie sú len laickým zjednodušením reality a proces regenerácie je v skutočnosti omnoho zložitejší.

Literatúra uvádza základné rozdelenie svalových vlákien na dva typy: rýchle a pomalé. Každý typ má odlišné vlastnosti. Tieto typy svalových vlákien používame pri rôznej športovej aktivite, ktorá má odlišné nároky na druh pohybu. Zatiaľ, čo vzpierač má dominantne rozvinuté svalové vlákna IIB (explozívna sila), vytrvalec má dominantne rozvinuté svalové vlákna typu I (vytrvalosť - mnohonásobné opakovanie s minimálnymi známami únavy). Druh zaťaženia, a tým pádom typ použitých svalových vlákien, môže mať vplyv na to, aký druh regenerácie použijeme. V oblasti použitia vhodných regeneračných prostriedkov sa naďalej vedú výskumy.

Rozdelenie svalových vlákien na rýchle a pomalé je zjednodušením reality. V skutočnosti sa rozlišuje okolo 7 typov svalových vlákien (Grasgruber a Cacek, 2008):

- I – pomalé svalové vlákna
- IC – bližšie neurčený typ s črtami pomalých svalových vlákien
- IIC – bližšie neurčený typ s črtami rýchlych svalových vlákien
- IIAC – bližšie neurčený typ s črtami rýchlych oxidatívnych vlákien
- IIA – rýchle oxidatívne svalové vlákna
- IIAB – prechodný typ medzi rýchlymi oxidatívnymi a rýchlymi glykolytickými svalovými vláknami
- IIB – rýchle glykolytické svalové vlákna.

Aj rozdelenie na 7 typov je len zjednodušením reality, pretože svalové vlákna postupne prechádzajú z jedného typu na druhý, hranice medzi jednotlivými typmi nie sú ostro ohraničené. **V skutočnosti z hľadiska športového tréningu nie je potrebné rozlišovať tak veľké spektrum svalových vlákien.** Preto sa pre účely športového tréningu vo väčšine literatúry svalové vlákna rozdeľujú na pomalé typ I, rýchle oxidatívne typ IIA a rýchle glykolytické typ IIB (Feč, 2010).

Každý jedinec reaguje na zaťaženie rozdielne v závislosti od viacerých faktorov. Je možné konštatovať, že rozdielne môžu reagovať aj jednotlivé časti tela, čo sa týka regenerácie a superkompenzácie. Rozdielna je aj reakcia na rozvíjanie rozdielných vlastností. **Pri rozvoji jednej vlastnosti môže napríklad regenerovať rýchlo a pri rozvoji druhej pomaly** (Feč, 2010).

Svalovú hypertrofiu spôsobuje reakcia svalových buniek na ich poškodenie vplyvom silového tréningu. Pri silovom tréningu dochádza vo svalových bunkách k mikrotraumám (drobným poškodeniam), ktoré sa organizmus v priebehu zotavovania snaží reparaovať. **Po vzniknutí mikrotraumy sa aktivuje imunitný systém s komplexným sledom dejov, ktorý**

nazývame zápalový proces (poznámka autora: *dôležité !!!*). Počas tohto procesu sa musia **poškodené časti tkaniva odstrániť**. Ubiquitin je proteín, ktorý sa nachádza vo všetkých svalových bunkách. Ubiquitin sa naviaže na uvoľnené poškodené tkanivo, aby ho **identifikoval ako tkanivo určené pre deštrukciu**. Makrofágy (typ bielej krvinky), ktorých úlohou je **pohltiť poškodené tkanivo**, začnú taktiež migrovať na miesto poškodenia, aby splnili svoju funkciu. Cytokíny sú zodpovedné za zápalový proces, počas ktorého nastáva **rozklad bielkovín a odstraňovanie poškodeného tkaniva** za zvýšenej produkcie prostaglandínov, ktorých úlohou je kontrolovať zápalovú reakciu. Odstránením poškodeného tkaniva sa svalové vlákno stáva slabším ako pred začiatkom tréningu. Na povrchu svalovej bunky sa nachádzajú jednojadrové satelitné bunky, ktorých úlohou je **reparácia poškodených svalových buniek**. Pri vzniku mikrotraumy sa aktivujú satelitné bunky. Delením sa rozmnožia. Tento proces sa nazýva proliferácia. Časť vnikne do miesta poškodeného svalového vlákna, kde sa fúziou spoja, aby nahradili poškodené tkanivo, poprípade vytvorili novú myofibrilu a časť ostane na svalovom vlákne ako zásoba satelitných buniek pre prípadné ďalšie poškodenie. Satelitné bunky, ktoré vnikli do poškodeného svalového tkaniva, poslúžia ako zdroj pre vytvorenie nových bunkových jadier svalového vlákna, ktorých úlohou je zásobovať rastúce svalové vlákno proteínmi. Tento proces, kedy satelitné bunky darujú jadrá poškodenému tkanivu, sa nazýva diferenciácia satelitných buniek, po ktorej sa satelitná bunka stane súčasťou svalového vlákna. Takýmto spôsobom poškodenie tkaniva spôsobuje tvorbu nového tkaniva, a to vo zvýšenej miere, ktorá sa prejaví nie len reparáciou poškodeného tkaniva, ale aj tvorbou nového tkaniva, čo predstavuje prispôsobovanie sa organizmu na stres vyvolaný silovým tréningom, ktorého výsledkom je v konečnom dôsledku hypertrofia svalu. Popísaný proces je zjednodušením reality a úlohou popisu bolo zjednodušiť približiť pomerne zložitú problematiku nárastu svalovej hmoty (Feč, 2010).

*Tento opis je pri princípe rozvoja svalovej hmoty. Totožné je to aj pri iných druhoch zaťaženia len s tým rozdielom, že zaťaženie nerozvíja svalovú hmotu, ale iný želaný faktor (vytrvalosť, sila a iné). **Spoločným znakom je naďalej sled dejov:***

- 1. cielené poškodenie svalových vlákien spôsobené športovou aktivitou**
- 2. zápalový proces (zvýšená teplota)**
- 3. odstránenie poškodeného svalového tkaniva**
- 4. budovanie nového svalového tkaniva - výsledok = snaha organizmu o prispôsobenie sa záťaži.**

Problematiku o **negatívnom vplyve zníženia teploty vo svale počas regenerácie, kde je práve zvýšená teplota v potrebná pre regeneračné procesy**, rozoberajú Yamene a kol. (2006).

Aby boli športovci úspešní, musia zvoliť primeranú rovnováhu medzi tréningom a regeneráciou. Nedostatočné zotavenie medzi tréningami môže pre športovca znamenať veľkú fyziologickú záťaž, čo môže viesť k príznakom nadmerného zaťaženia, únavy s následným znížením výkonu. Optimalizácia regenerácie medzi tréningami a súťažami môže znižovať riziko pretrénovania. Veľká časť výskumov sa zameriavala na spôsoby, ktoré majú urýchliť

regeneráciu po cvičení. Jednou z aktuálne najrozšírenejších techník je CWI (Broatch, Petersen a Bishop, 2014).

*Z dôvodu uvedomenia si možných nepresností, ktoré so sebou môžu niesť experimenty, dovolíme si upozorniť čitateľa, na existenciu **Hawthornského efektu**.*

Hawthornský efekt alebo Hawthornov efekt, je jav pri pokusoch s ľuďmi či štúdiách na ľuďoch. Hawthornský efekt bol opísaný v 50. rokoch minulého storočia a opiera sa o staršie pozorovacie štúdie skupín ľudí v 20. rokoch v továrňach „Hawthorne Works“ v štáte Illinois v USA. Firma Western Electric menila náhodne intenzitu osvetlenia pracoviska. Počas experimentovania sa aj náhodne zvyšovala produktivita. Po skončení experimentov poklesla na pôvodnú, ktorú mala aj kontrolná skupina, na ktorej sa neexperimentovalo. Predpokladá sa, že účastníci pokusu si uvedomujú, že sú pozorovaní, a to môže narúšať presnosť experimentu. Ak osoby vedia, že sú sledované, tak pravdepodobne podvedomo menia svoje správanie (Levit a List; 2009).

Vo výsledkoch štúdií ohľadne CWI dôkazy naznačujú, že profesionálni športovci z rôznych športov používajú CWI ako regeneračný prostriedok. Príčiny tejto praxe nie sú jasné a môžu odrážať rozpor medzi vedeckými poznatkami štúdií, a tým **ako tréneri a športovci tieto zistenia interpretujú**. Odborný návod či aplikovať CWI, kedy aplikovať, je rozporuplný. Rozporuplnosť je spôsobená rozsiahlosťou analýz a množstvom faktorov, ktoré na výsledky vplývajú, a to napríklad výkonové rozdiely probandov, biochemické rozdiely, kvalita analyzovania výsledkov, variabilita protokolov CWI (ktorá sa môže pohybovať od 4°C do 15°C, od 5 do 30 minút ponorenia, 1 až 10 aplikácií, ponorenie hneď po tréningu alebo neskôr), úroveň intenzity cvičenia, pohlavie probandov, aktuálna tréningová výkonnosť, úroveň komplexnosti porovnávania štúdií s CWI (Lindsay and Peake, 2021) .

Nezrovnalosti v protokole používania a účinkoch CWI v použití pri športe môžu vyústiť k tomu, že športovci budú používať extrémne teploty vody aj dlhšiu dobu ponorenia ako by bolo prínosné (Bleakley a kol., 2012).

Timpton, Eglin a Golden (1999) študovali **ako reaguje plavec (kondične zdatní plavci bez skúsenosti s otužovaním)** na zníženú teplotu vody. V bazéne s protiprúdom plávali probandi nimi zvolenou rýchlosťou (tak, aby vydržali dlhodobo plávať). Predpokladaná dĺžka experimentu plávania bola stanovená na 90 minút. Examinátori (osoby vedúce experiment) menili teplotu vody v bazéne na 25°C, 18°C a 10°C. Pri 25°C teplote vody dokončili experiment všetci plavci (n=10). Pri 18°C vode dokončili experiment 8 plavci. Pri 10°C vode nedokončil experiment ani jeden plavec (n=5). Dôvodom nedokončenia plánovaného času experimentu bolo, že v experimente sledovali aj rektálnu teplotu plavcov. Ak klesla ich telesná teplota pod 35°C, ukončili experiment. Štyria plavci skončili medzi 22 a 50 minútami. Jeden až po 61 minútach. V štúdií tiež sledovali spotrebu kyslíka, dychovú frekvenciu, tepovú frekvenciu, nábehový uhol plávania, silu stisku paže pred a po každom plávaní. Účinnosť plávania bola podobná pri teplotách 25°C a 18°C. Vo vode o teplote 10°C účinnosť plávania v priebehu času klesla. V posledných 10 minútach plávania vo vode o teplote 25°C a 10°C plávali približne

rovnakou rýchlosťou (0,49 m/s-0,47 m/s). Vo vode 25°C však bola priemerná rýchlosť záberu 29,8 záberu za min a dĺžka záberu 0,99 m. V 10°C vode bol záber realizovaný 34,2 krát za minútu, ale jeho dĺžka bola len 0,83 m. Zmeny charakteristík plaveckého záberu sa časovo zhodovali so zvýšením nábehového uhlu z priemeru 18,4° na 23,4°. Zvýšenie tohto uhlu bolo výrazné u plavcov, ktorí sa priblížili k zlyhaniu v plávaní. Plavci, ktorí dosiahli zlyhanie v plávaní, končili s nábehovým uhlom 35°.

Vaile et. al. (2009) uvádzajú, že ochladenie tkaniva znižuje rýchlosť prenosu signálu neurónov. Zníženie prenosu nervových vzruchov chladom má dva efekty: 1. zníženie vnímania bolesti, 2. zníženie svalových kŕčov. Zníženie bolesti môže byť pozitívne, avšak znížená rýchlosť prenosu nervového vzruchu môže znížiť rýchlosť svalovej kontrakcie, a tým znížiť schopnosť športovca generovať silu. Takže výkon športovca môže byť zo začiatku inhibovaný (utlmený), pokiaľ je športová aktivita realizovaná krátko po ochladení.

Zeman (2006) uvádza, že **minútová spotreba kyslíka bola vo vode o teplote 18°C je o 500ml vyššia** ako pri rovnako rýchlom plávaní vo vode s teplotou 26°C. Uvádza, že na rovnaký plavecký výkon v studenej vode musíme vynaložiť viac energie.

Ako zaujímavý doplnok uvádzame štúdiu od Doubt a Hsieh (1980), ktorí vykonali experiment, pri ktorom porovnávali, či kofeín môže mať aditívne účinky na produkciu energie a na tvorbu tepla. V experimente použili vodu o teplote 18°C (v kontrolnej skupine bola použitá voda o teplote 28°C). Probandi realizovali tréning nôh o dĺžke trvania 55 minút s priemerným výkonom 1,5 W/Kg. Kofeín, ktorý im bol podaný bol v koncentrácii 5 mg/kg telesnej hmotnosti. Dospeli k záverom, že užívanie kofeínu počas cvičenia v studenej vode nemá žiadny fyziologický prínos.

Súhrn

Medzi kľúčový regeneračný proces po svalovom zaťažení patrí zápalový proces v svalovom tkanive. Ten je charakteristický zvýšením teploty v tkanivách. Benefitom zvýšenej teploty je vyššia aktivita enzýmov. Brzdenie tohto procesu je pravdepodobne možné aj otužovaním. Otužovanie ochladzuje tkanivá. To môže brzdiť regeneračný proces. Zápalový proces je možno tlmiť aj medikamentózne. Na výsledky štúdií môže mať vplyv aj to, že probandi sú si vedomí, svojej prítomnosti v experimente. Tým pádom podvedomo menia svoje správanie, aby mal experiment účinok - takzvaný „Havtornský efekt“. Chyby v interpretácii výsledkov štúdií môžu odrážať rozpor medzi vedeckými poznatkami štúdií a ich aplikáciou v praxi. Aj kondične zdatní plavci (neadaptovaní na chlad) pri plávaní v studenej vode menia techniku plávania na menej efektívnu. Mení sa počet záberov (viac záberov na rovnakú vzdialenosť), dĺžka záberov (kratšie zábery) a nábehový uhol plávania (väčší uhol).

CWI a jeho spôsoby aplikácie

Hypotéza používania CWI s predpokladom pozitívneho účinku na regeneráciu sa udomácňuje a aplikuje v športe. Protokoly použitia CWI sú realizované v rozličných variantoch:

- *použite pred športovou aktivitou*
- *počas športovej aktivity*
- *ihneď po športovej aktivite*
- *používanie s oneskorením, respektíve niekoľko hodín po športovej aktivite*
- *lokálne chladenie a celotelové ochladzovanie (len horné končatiny, len dolné končatiny, časti končatín, sed do výšky hladiny vody po pás, sed do výšky hladiny vody po hrudník, sed do výšky hladiny vody po krk)*
- *rôzne teploty vody od 1°C, cez termo-inertné teploty 34,7°C po 40°C a viac stupňov*
- *prerušované kúpele (ponorenie - prestávka - pobyt na vzduchu), rôzny počet cyklov a pomer medzi ponorením a prestávkou*
- *kontrastná metóda - ponorenie do studenej vody následne do teplej vody, taktiež rôzny počet cyklov a pomerov ponorení medzi studenou a teplou vodou*
- *rôzne dĺžky pobytu vo vode - od 30 sekúnd po niekoľko desiatok minút*
- *aktivita alebo pasivita vo vodnom kúpeli*
- *stojatá alebo cirkulujúca voda.*

Tieto a mnohé iné faktory môžu mať zásadný vplyv na výsledky štúdií. Nejednotnosť protokolov vytvára nejednotné závery s protichodnými odporúčaniami, či má CWI negatívne alebo pozitívne účinky v sledovanej oblasti.

Je možné dospieť aj k rozdielnym výsledkom pri sledovaní vplyvu CWI na rôzne pohybové schopnosti. Pričom CWI môže mať v určitom protokole pozitívny vplyv na vytrvalostné schopnosti, avšak na rozvoj sily a s tým možný spojený cieľ rozvoj svalovej hmoty môže mať negatívne účinky.

Bleakley a kol. (2012) vo svojej analýze článkov konštatujú, že aj napriek popularite používania otužovania ako prostriedku regenerácie, sú dôkazy z klinických štúdií nejednoznačné. Existuje len málo vedeckých zdôvodnení, aká by mala byť spodná hranica teploty vody. **Často je to len na základe tolerancie alebo preferencií daného športovca.** CWI býva definovaná ako teplota vody nižšia než 15°C. Daná teplota je teplota, pri ktorej už chladový podnet stimuluje nociceptory.

Ochladzovanie ihneď po tréningu

CWI a jeho účinky na rast svalstva

Roberts a kol. (2015) vykonali experiment, kde 21 mužov s minimálne ročnou skúsenosťou so silovým tréningom absolvovalo 12 týždňový silový pohybový program zameraný na **dolné končatiny aplikovaný 2 krát týždenne**. Po tréningu sa do vody ponorili do 5 minút od ukončenia tréningu. Intervenčná skupina probandov sa ponorila po pás do vody o teplote 10,1°C. Tu zotrvali pasívne 10 minút. Kontrolná skupina vykonávala aktívnu regeneráciu. **Ich výsledky hovoria v prospech aktívnej regenerácie v porovnaní s ponorením do studenej vody. Uvádzajú, že ponorenie do studenej vody oslabilo dlhodobý zisk svalovej hmoty a sily. Tiež otupilo aktiváciu kľúčových proteínov a satelitných buniek v kostrovom svalstve až počas dvoch dní po silovom tréningu.** Na základe svojich zistení, preto v závere upozorňujú, že jedinci, **ktorý používajú silový tréning** na zlepšenie svojich športových výkonov, na zotavenie po zranení alebo s cieľom udržania zdravia, by mali zvážiť či ako doplnok tréningu budú používať ponorenie do studenej vody.

K podobným výsledkom dospela štúdia od Figueredo a kol. (2016), ktorí testovali 9 rekreačne posilňujúcich mladých mužov (priemer 22 rokov) s minimálne 1 ročnou skúsenosťou so silovým tréningom. Do 5 minút po tréningu absolvovali, buď sedací kúpeľ po pás v studenej vode (10°C) po dobu 10 minút, alebo aktívnu regeneráciu, a to jazdou na stacionárnom bicykli so samostatne zvolenou intenzitou po dobu 10 minút. **Dospeli k záverom, že CWI ako stratégia regenerácie, výrazne potlačila biogénu ribozómov a môže byť jedným z faktorov prispievajúcich k zhoršeniu hypertrofickej (hypertrofia - zväčšenie) odpovede organizmu, ak sa používa pravidelne po cvičení.**

S približne rovnakým protokolom a počtom probandov (n=9; minimálne 1 ročná prax so silovým tréningom, mladí muži) je aj štúdia od Peake a kol. (2020). Porovnávali ochladenie prostredníctvom CWI hneď po tréningu s ponorením po pás do vody s teplotou cca 10°C a dobou zotrvania 10 minút. Po kúpeli nasledovalo aktívne zotavenie na stacionárnom bicykli o ľubovoľnej intenzite 10 minút. V závere píše, že ich súčasné zistenia so spojením do kontextu s inými výskumami naznačujú, že **pravidelné ponorenie do studenej vody oslabuje adaptáciu na silový tréning**, a to tým, že potláča expresiu génov a proteínov zapojených do týchto procesov.

V štúdií od Fyfe a kol. (2019) **dospeli k záveru, že ak je cieľom svalová hypertrofia, tak neodporúčajú hneď po cvičení CWI. Avšak na účinky rastu sily nemala CWI negatívny vplyv.** Testovali 16 mužov, silový tréning realizovaný 3krát týždenne po dobu trvania 7 týždňov. Probandi absolvovali CWI po tréningu v trvaní 15 minút vo vode o teplote 10°C ponorený do výšky hrudnej kosti. Kontrolná skupina realizovala iba pasívny oddych – sed pri izbovej teplote 23°C.

Zak a kol. (2018) porovnávali rekreačne trénovaných mužov (n=12; priemerný vek 23,5 roka; telesný tuk 13,6%). Po tréningu nôh, jednu nohu chladili a druhú zahrievali. Dospeli k

záverom, že **výsledky naznačujú zhoršenú reakciu rastu svalov po aplikácii chladu v porovnaní s aplikáciou tepla.**

Štúdia od Fuchs a kol. (2019) sledovala zabudovanie proteínov do svalového tkaniva po tréningu. Obe končatiny ponorili ihneď po silovom tréningu do vody. Jednu do teplej vody (30°C) a druhú do chladnej vody (8°C) po dobu 20 minút. Následne biopsiou (odobratie tkaniva zo živého organizmu a jeho mikroskopické vyšetrenie) odobrali svalové tkanivo. Výsledky poukazujú na to, že **CWI znižuje schopnosť svalu prijímať aminokyseliny do myofibríl. Podobne ako v predošlej štúdii odporúčajú, aby jedinci, ktorí chcú zlepšiť svoju kondíciu, zvážili používanie CWI ihneď po tréningu.**

Peake a kol. (2016) uvádzajú, že pravidelné ponorenia do studenej vody môžu športovcom pomôcť, keď potrebujú rýchlu regeneráciu medzi tréningami alebo súťažami. Zdá sa však, že z dlhodobého hľadiska pravidelné ponorenie do studenej vody škodí rozvoju svalovej sily a hypertrofiie.

Yamane, Ohnishi a Matsumoto (2015) taktiež dospeli k podobným záverom ako predošlé štúdie. V abstrakte konštatujú, že **pravidelná aplikácia chladu po cvičení by mohla oslabiť svalové a cievne adaptácie na silový tréning.** Testy vykonávali oproti predošlým štúdiám na horných končatinách, a to ochladením predlaktí.

Diskusiu o negatívnom vplyve zníženia teploty vo svale počas regenerácie, kde práve zvýšená teplota je potrebná pre regeneračné procesy, popisujú aj Yamane a kol. (2006). **Autori konštatujú, že dlhodobá aplikácia CWI môže rušiť alebo spomaliť adaptačné mechanizmy tréningového procesu.**

Roberts a kol. (2015) dokumentujú ako ponorenie do studenej vody znižuje prietok krvi vo svaloch a končatinách. **Znížením prietoku krvi vo svaloch môže ponorenie do studenej vody obmedziť dodávku aminokyselín do kostrového svalu, čo by mohlo brzdiť syntézu svalových bielkovín po cvičení.** Ponorenie do studenej vody znižuje teplotu svalov, čo môže ovplyvniť expresiu génov a aktivitu transkripčných faktorov, ktoré regulujú rast svalov.

Súhrn

Uvedené štúdie vo svojich výsledkoch zistili, že aplikáciu CWI ihneď po tréningu nemožno odporúčať jedincom, ktorých cieľom tréningového procesu je svalová hypertrofia. Jednorázové aplikovanie CWI nemusí mať tento účinok, avšak výskumy naznačujú, že pravidelné aplikovanie má pravdepodobne brzdiace účinky na rast svalstva. V oblasti rozvoja sily sú výsledky nejednotné.

Analýzy a metaanalýzy článkov s CWI

Kodejška a Baláš (2016) dospeli vo svojej analýze výskumov k nasledujúcim záverom. CWI spomaľuje metabolické procesy vedúce k obnove zásob adenzíntrifosfátu (ATP), kreatínfosfátu (CP) vo svale. Predpokladá sa, že spomaľuje resyntézu svalového glykogénu, čo by mohol byť jeden z dôvodov, prečo má CWI negatívny vplyv na výkon u anaerobne-alktátového zaťaženia.

Záver metaanalýzy Malta a kol. (2019), ktorá sa zaoberala urýchlením zotavenia prostredníctvom CWI je nasledujúci: **pravidelné používanie CWI s pravidelnou športovou aktivitou má nepriaznivý vplyv v oblasti silového tréningu, avšak v oblasti aeróbného spektra športových výkonov sa zdá, že sa výkonnosť neovplyvňuje.**

Ďalšia metaanalýza od Leeder a kol. (2011) dospela k zisteniam, že vzhľadom k percepčnej (zmyslovej) povahe pri hodnotení DOMS (delayed onset muscle soreness /oneskorená svalová bolesť - laicky svalovka) je **pravdepodobné, že jav placebo efektu môže mať dopad na účinnosť CWI, ak je cieľom regenerácia.** Vzhľadom k rýchlo rastúcej popularite používania CWI ako regeneračného prostriedku a nedostatku dôkazov na podporu tejto hypotézy je možné, že účastníci verili a očakávali pozitívny výsledok od CWI, čím ovplyvnili mieru DOMS. **Vzhľadom k povahe ponorenia do vody nie je možné v rámci experimentálnych pokusov poskytnúť skutočný stav placebo.** Či placebo efekt výsledky kontaminuje alebo je dôležitým aspektom akejkoľvek regenerácie, je potrebné objasniť a je dôležité to zvážiť pri ďalšom výskume. Ich metaanalýza ukazuje CWI ako účinnú stratégiu znižovania DOMS pri rôznych cvičeniach, ale jej **mechanizmy účinku sú neobjasnené.** Účinky CWI na obnovu svalových funkcií sú menej jasné, ale v oblasti pozitívnych účinkov zmiernenia bolesti je mnoho dôkazov podporujúcich CWI.

V metaanalýze od Jones a kol. (2012) našli dôkazy o tom, že CWI je účinnejšia ako všetky ostatné typy predchladzovacích intervencií. **CWI sa používalo ako predchladenie organizmu pred vytrvalostným výkonom.**

Kodejška a Baláš (2016) vo svojej analýze píše, že vzhľadom k tomu, že **mechanizmus pôsobenia CWI nie je jasný, je potrebná opatrnosť pri pravidelnom používaní CWI.** Dlhodobá aplikácia CWI môže spomaliť alebo rušiť adaptačné mechanizmy tréningového procesu. Predpokladá sa, že tréning vyvoláva molekulárne a humorálne zmeny spojené so zvýšením svalovej teploty. **Zvýšenie teploty je považované ako nevyhnutné pre pozitívny vplyv tréningu. CWI môže tento proces znižovaním teploty svalu narušovať regeneračnú schopnosť.** Dodávajú, že CWI pravdepodobne tlmí nervosvalovú aktiváciu a má rozdielny účinok na koordinačne náročné a nenáročné cvičenia. **Pri výbušných športoch sa ukazuje použitie CWI ako neúčinné, prípadne negatívne.** S aktuálnymi znalosťami je možné odporučiť CWI iba v súťažnom období, kde je sledovaná inhibícia (brzdienie) zápalových procesov a urýchlenie regeneračných procesov spojených s periférnou únavou. V tréningovom procese nie je zatiaľ možné CWI odporúčať a je potrebné hľadať iné prostriedky regenerácie. Tí istí autori, Kodejška

a Baláš (2016), vykonali analýzu 32 článkov zameraných na regeneráciu prostredníctvom CWI po športovom výkone. Pre prehľadnosť uviedli vo svojej práci tabuľku, ktorá čitateľa oboznamuje s výsledkami v jednotlivých športoch. **Upozorňujú, že dlhodobá aplikácia CWI a jej mechanizmus pôsobenia stále nie je dostatočne objasnený, a tak je nutná určitá obozretnosť pri jej pravidelnom používaní.**

Hohenauer a kol. (2015) vykonali analýzu (36 štúdií), kde vyhodnocovali účinky CWI na regeneráciu, a to aplikáciou rôznych chladových podnetov s porovnaním účinkov, keď sa neaplikoval chladiaci podnet. Uvádzajú, že ochladzovanie malo významné účinky na DOMS. Súvislé ochladzovanie v ľadovej vode dosiahlo najlepší účinok oproti iným druhom ochladzovania. Zhrnuli aj priemernú teplotu vody, ktorá bola používaná v štúdiách, a to 10°C (rozsah 5°C až 13°C). Tiež uvádzajú aj nimi navrhovanú dobu ochladzovania pre zmiernenie subjektívnych symptómov, a to 13 minút (rozsah 10-24 minút). **V abstrakte konštatujú, že nenašli žiadny dôkaz, ktorý by uprednostnil používanie CWI ako prostriedok urýchlenia regenerácie.**

Broatch, Petersen Bishop (2018) urobili vlastnú analýzu článkov spojenú s CWI v databázach SCOPUS® (rozpätie od roku 1963 do 2017). **Ohľadne pozitívnych účinkov CWI a adaptácie na vytrvalostný výkon je odborných článkov veľmi málo. Uvádzajú, že pravidelná aplikácia CWI po cvičení má žiadny respektíve malý účinok. Ohľadne účinkov CWI na adaptácie v silovom tréningu je veľmi obtiažne vyvodiť presné závery a odporúčania.** Uvádzajú, že dôkazy neposkytujú žiadny dôvod na aplikáciu CWI do silového tréningového programu.

Lindsay and Peake (2021) vo svojej analýze článkov hodnotili vplyv CWI na svalovú silu. Zo 427 článkov spĺňalo ich kritérium 31 štúdií (7%). **Konštatujú, že ich literárny rešerš poskytuje protichodné dôkazy o tom, že CWI má priaznivé účinky na svalovú silu.**

Súhrn

Analýzy a metaanalýzy systematicky študujú jednotlivé výskumy a vytvárajú globálnejšie závery z veľkého množstva výskumov. Z nich vyplýva, že používanie CWI v silovom tréningu má pravdepodobne kontraproduktívne účinky. Pravidelné používanie CWI sa neodporúča počas zvyšovania športového výkonu. Dôvodom môže byť, že CWI znižuje teplotu svalového tkaniva. Práve zvýšená teplota tkaniva počas procesu regenerácie podporuje lepšiu aktivitu enzýmov. Na základe toho niektoré analýzy odporúčajú používanie CWI iba vo fázach stabilizácie športového výkonu (súťažné obdobie). V danom období môžu byť v krátkom čase za sebou vrcholy súťažného cyklu. Analgetický účinok CWI môže mať pozitívne účinky v tomto krátkom časovom období medzi vrcholmi. Ten znižuje bolesť svalov a umožňuje zachovávať požadovanú intenzitu tréningov.

Štúdie o nižšom počte probandov s použitím CWI ako regeneračnej metódy

Štúdia Paddon-Jones a Quigley (1997) poukazuje na sporné výsledky lokálneho ochladzovania po výkone. Testovali horné končatiny (n=8) s excentrickým prevedením pohybu v lakťovom kĺbe. Chladili len jedno rameno 5 krát po 20 minút s vodou o teplote 5°C. Dospeli k záveru, že kryoterapia nemusí poskytovať benefity, ak sa použije pri intenzívnom cvičení s excentrickým prevedením pohybu. K podobnému záveru, že nie je dostatok dôkazov o účinku ľadových terapií k rýchlejšiemu regenerovaniu dospel aj Cochrane (2004).

Broatch, Petersen a Bishop (2014) študovali účinky CWI na 30 probandoch, ktorých rozdelili do 3 skupín. Probandi realizovali rozcvičenie a následne 4 cykly po 30 sekúnd bežeckého šprintu o maximálnej intenzite. Intervenčné podnety rozdelili na aplikáciu a) studenej vody (10,3°C), b) aplikáciu termoneutrálnej vody (34,7°C) a c) aplikáciu placebo (34,7°C). Ako placebo bola použitá termoneutrálna voda rovnakej teploty (34,7°C) ako v predošlej skupine. Voda placebo skupiny obsahovala navyše "prísadu" placebo, a to mydlo. Po 5 minútach po dokončení tréningu probandi realizovali pobyt vo vode o dĺžke 15 minút s výškou hladiny po pupok. Počas experimentu probandi vyplnili dotazník, kde sa ich examinátori pýtali na mentálne nastavenie, akou mierou veria v prospešnosť otužovania a aj nakoľko veria v účinok konkrétnej metódy ktorá bola u nich použitá. Probandi neboli informovaní, v ktorej skupine sa nachádzajú a ani aké teploty vôd boli v experimente použité. Zaujímavé je, že probandi zo skupiny, kde bolo použité placebo, hlásili väčšiu mentálnu pripravenosť na tréning a nižšiu úroveň bolesti ako skupina, ktorá tiež užívala termoinertnú vodu bez mydla. Probandi z placebo skupiny boli tak účinne "oklamaní", až boli presvedčení, že ich metóda regenerácie je rovnako účinná ako otužovanie studenou vodou. Autori uvádzajú, že ich štúdia potvrdila účinok placebo. To môže byť príčinou niektorých prínosov po aplikácii CWI. Sila placebo je rovnako silná ako možné fyziologické prínosy CWI. Autori nenašli rozdiel medzi skupinami v oblasti obnovy svalovej sily po 48 hodinách po výkone.

Vo svojej dizertačnej práci Alshoweir (2016) v závere konštatuje, že CWI má pozitívne účinky na DOMS. CWI fyziologický okamžite znižuje svalovú citlivosť, ale neovplyvňuje svalovú silu. Po psychologickej stránke športovci vnímajú zlepšenie výkonu a zníženie bolesti.

Angelopoulos a kol. (2017) rozdelili mužských **amatérskych športovcov** (n=60) do 4 skupín, v ktorých **pozorovali DOMS**. Na zmiernenie DOMS použili 4 metódy: a) agresívna športová masáž (n=15), b) CWI (n=15), c) kombinácia agresívnej športovej masáže a CWI (n=15), d) kontrolná skupina (n=15). Súborom testov hodnotili DOMS po 24, 48 a 72 hodinách. Výsledky tejto štúdie ukazujú, že použitie regeneračných prostriedkov znížilo pocit bolesti oproti kontrolnej skupine. **Pri používaní CWI sa ukazuje, že pomohlo zlepšiť svalovú silu v porovnaní s inými intervenciami.** Masáž viedla k zmenšeniu pocitu únavy oproti iným intervenciám.

Zaujímavou je štúdia, ktorá porovnáva rozdiely v účinku CWI na DOMS z oblasti polohy tela, počas kúpeľa v zmysle rozdielneho hydrostatického tlaku. Jonatha a kol. (2015) porovnávali aplikáciu CWI, v polohách sed a stoj. Porovnávali dve skupiny po 8 probandov pri teplote vody 14°C a dĺžke intervencie 14 minút. Rozdiel bol len v polohe tela počas CWI. Jedna skupina sedela a druhá stála. Ako udáva v prípade skupiny, ktorá bola v pozícii sedu, je hydrostatický tlak pri členkoch približne 40 mmHg a v prípade skupiny, ktorá stojí cca 111 mmHg. Dodáva, že každý centimeter hĺbky vo vode zvyšuje tlak približne o 0,74 mmHg. Ich výsledky ukazujú, že zvýšenie hydrostatického tlaku (stoj) neposkytuje žiadnu výhodu oproti nižšiemu hydrostatickému tlaku (sed), ak je cieľom zmiernenie príznakov DOMS.

Stephens a kol. (2018) porovnávali ako môže **zloženie tela spôsobovať rozdielnu odozvu na CWI**. Skupinu 27 probandov rozdelili do 3 skupín, a to: 1. nízka hmotnosť a malé percento tuku, 2. vysoká hmotnosť a nízke percento tuku, 3. vysoká hmotnosť a vysoké percento tuku. Uvádzajú, že **rozdiely v zložení tela menia odozvu na CWI** po cvičení. To môže vysvetľovať niektoré odchýlky v reakciách na zotavenie prostredníctvom CWI.

Ahokas a kol. (2020) testovali tri protokoly regenerácie na 9 tréňovaných probandoch. Regenerácia pozostávala z vodného kúpeľa do výšky hrudnej kosti o dĺžke trvania 10 minút. Teploty vôd boli rozdelené nasledovne: a) CWI 10°C, b) kúpeľ o teplote 24°C, c) striedavé ponáranie do teplej a studenej vody (10°C a 38°C). Probandi realizovali intenzívny cvičebný protokol pozostávajúci z variácií šprintov a skokov. Po tomto protokole vždy realizovali aktívne zotavenie, a to jazdou na stacionárnom bicykli (10 min, srdcová frekvencia 120-140 pulzov/min) s presne stanovenou dávkou regeneračného nápoja (Gainomax, 40g sacharidov a 20g bielkovín). Po stacionárnom bicykli nasledovala jedna z vodných terapií. Cieľom štúdie bolo sledovať krvné zápalové markery po námahe. Každý proband realizoval každý jeden protokol s odstupom minimálne 2 týždňov. Vzorky sa odoberali pred tréningom, 5 minút po tréningu, 1 hodinu po tréningu, 24 hodín, 48 hodín a 96 hodín po tréningu. Autori konštatujú, že medzi metódami neboli pozorované významné rozdiely v hladinách sledovaných krvných parametrov. Čiže rozdielne metódy regenerácie neovplyvnili hladiny zápalových reakcií.

V abstrakte štúdie od Wilson a kol. (2021) (poznámka autora: v čase písania publikácie bol zverejnený len abstrakt, celý článok ešte nebol k dispozícii) konštatujú autori, že medzi ich skupinami neboli **žiadne rozdiely**. Navzdory popularite CWI ako regeneračného prostriedku zistenia tejto štúdie nepreukázali žiadny funkčný ani vnímateľný prínos v porovnaní s kontrolnou skupinou. Výskum bol realizovaný na 16 mužoch, ktorí absolvovali silový tréning, všetci mali so silovým tréningom už skúsenosti. Tréning bol realizovaný 2krát týždenne po dobu 4 týždňov. CWI bolo o dĺžke trvania 10 minút pri teplote 10°C.

Športy, ktoré svojím charakterom spôsobujú veľké vyčerpanie zásob svalovej energie alebo spôsobujú veľké zvýšenie metabolitov (anaeróbne silové športy, vytrvalostné športy s vysokou intenzitou alebo vytrvalostné športy), **môžu ťažiť z CWI v turnajových situáciách (súťažné obdobie), keď športovec súťaží niekoľkokrát počas pár dní**. Hydrostatický tlak môže tiež pomáhať pri redukcii svalového edému, ktorý vzniká ako reakcia na pohybovú aktivitu. Ak

je svalový edém nadmerný, môže zúženie kapilár spôsobiť a predĺžiť dobu transportu substrátu, čo vedie k väčšiemu poškodeniu buniek alebo ich smrti. Zníženie opuchu môže preto zlepšiť dodávku živín a urýchliť zotavenie z cvičenia, ktoré vyvolalo poškodenie svalov (Vaile a kol., 2009).

Súhrn

V oblasti použitia CWI ako regeneračného prostriedku CWI neponúka urýchlenie regeneračných procesov ako bolo vnímané. Avšak na DOMS má pravdepodobne pozitívne účinky. Je to pravdepodobne spôsobené analgetickými účinkami studenej vody, ale aj placebo efektom. Poloha tela počas CWI - sed/stoj nemá vplyv na redukciu príznakov DOMS. Zloženie tela človeka môže spôsobovať rozdielnu odozvu na CWI.

Pozitívne účinky pri aplikácií CWI

Z oblasti pozitívnych prínosov otužovania sú zaznamenané **účinky na psychiku človeka**. To potvrdzuje aj kazuistika s opisom osoby, ktorá vďaka plávaniu v studenej vode zaznamenala významný terapeutický prínos, a to **zmiernenie depresie** (Tulleken a kol. 2018). Liu a kol. (2013) vykonávali pokusy na potkanoch. Zistili, že ak potkany pravidelne plávajú v studenej vode (5 min, 4°C), dochádza u nich k redukcii stresového správania. K záverom o zlepšení psychickej pohody u ľudí pri používaní CWI dospeli aj Demori a kol. (2021). Výskum realizovali na vzorke 228 nehomogénnych probandov.

Analýzu databáz PUBMED a SCOPUS s fokusom na zimné plávanie vykonali Knechtle a kol. (2020). V závere konštatujú, že pravidelný plavecký tréning v studenej vode ma **pozitívny vplyv na rôzne systémy ako je kardiovaskulárny, endokrinný, imunitný a psychika**. Dodávajú, že plávanie v studenej vode stále predstavuje pre netrénovaných a neskúsených plavcov značné zdravotné riziko. Doporučujú, aby k plnému využitiu metabolických a termogénnych účinkov plávania v studenej vode bol používaný program s progresívnou aklimatizáciou a odporúčajú odborný dohľad. Ako väčšina výskumov dodávajú, že v danej oblasti je potrebný ďalší výskum, aby bolo možné dostatočne porozumieť zdravotným prínosom tejto činnosti.

Demori a kol. (2021) vykonali štúdiu na nehomogénnej vzorke 228 plavcov. Do štúdie boli zahrnutý otužilci od 19 do 88 rokov (45% žien). Kúpeľ v mori o teplote od 8 do 14°C s priemernou dĺžkou trvania 20 minút aplikovali od novembra do apríla, priemerne 3krát za mesiac. V závere konštatujú, že **otužilci vnímali vyššiu psychickú pohodu a hlásili lepší zdravotný stav**.

Opakované vystavovanie studenej vode, spôsobuje **tlmenie stresových reakcií** a tiež zvyšuje prah bolesti (Gundle a Atkinson, 2020).

Používanie CWI pri športe jiu-jitsu môže mať pozitívne účinky. Fonseca a kol. (2016) vo svojej štúdií vykonali experiment na 8 trénovaných probandoch. CWI aplikovali ihneď po

tréningu. Teplota vody bola 6°C, dĺžka trvania 4 minúty s 1 minútovou prestávkou, cyklus zopakovali 4krát. U probandov došlo k zníženiu hodnôt laktátdehydrogenázy. To je pozitívny výsledok z hľadiska regenerácie. Taktiež zistili, že vnímanie DOMS je nižšie a CWI pomáha aj pri obnovení silového výkonu dolných a horných končatín 24 hodín po tréningu.

Tabben a kol. (2018) testovali CWI na MMA bojovníkoch. Po zápase o dĺžke trvania 3x 5 minút oddelených 1 minútovou prestávkou praktizovala jedna skupina 15 minútové ponorenie do vody o teplote 10°C v sede. Hrudník, krk a hlavu nemali ponorenú. Kontrolná skupina realizovala pasívny odpočinok. Vzorky koncentrcie kreatínkinázy, kortizolu a testosterónu sa odoberali a) pred zápasom, b) ihneď po zápase, c) po aplikácii CWI a d) 24 hodín po zápase. V závere konštatujú, že CWI viedlo k zlepšeniu v 10 metrovom šprinte po 24 hodinách. V 10 metrovom šprinte ihneď po aplikácii CWI zlepšenie nenastalo. Taktiež sa u probandov **zlepšila kvalita spánku, úroveň stresu a vnímanej únavy** 24 hodín po simulovanom zápase v MMA.

Aktuálne sa stáva celosvetovo známou metódou "Metóda Wimma Hofa". Laickou verejnosťou nazývaného ako IceMan. Metóda propaguje ako možnosť vôľou aktivovať imunitný systém človeka. O danej metóde sa vedú diskusie. V štúdiu od Muzika (2018) je zaujímavým faktom zistenie, že prostredníctvom dýchacej metódy od Wimma Hoffa je pravdepodobne možné aktivovať v medzirebrových svaloch spaľovanie glykogénu, ktoré zohrieva krv a tkanivá vokol zdroja spaľovania.

Vaile et. al. (2008) uvádzajú, že zotavenie po výkone spojené s CWI je podstatne väčšie, než ako bolo dosiahnuté pri ponorení do teplej vody (38°C).

V športoch, kde dochádza k prehriatiu organizmu, je odporúčané celkové ponorenie do studenej vody s teplotou približne 10°C (Kodejška a Baláš, 2016).

Za zmienku stoja zaujímavé výsledky ohľadne CWI pri lokálnom ochladzovaní. Ak sa **ponorí faciálna časť (časť tváre) hlavy po tréningu, dochádza skôr k pozáťažovému zvýšeniu parasympatikovej reaktivácie** (Al Haddad a kol., 2010; Al Haddad a kol., 2010; Ottone a kol., 2014).

Súhrn

Otužovanie má pozitívne účinky na vnímanie psychickej pohody, a taktiež na rôzne systémy ľudského tela ako je kardiovaskulárny, endokrinný a imunitný. Po ponorení faciálnej časti hlavy do vody po tréningu dochádza skôr k aktivácii parasympatikového systému.

Prerušované CWI

Pojem "prerušované CWI" znamená: aplikácia studeného kúpeľa a následná prestávka v kúpeli s pobytom mimo vodného prostredia.

Pojem "CWT" (contrast water therapy) znamená: kúpele o rôznych teplotách vody. V praxi to znamená pobyt v studenej vode s následným presunom do vody inej teploty, zväčša vyššej.

Pri prerušovanom CWI sa predpokladá, že nastáva vazokonstrikcia a následne vazodilatácia v cievach, čo môže viesť k urýchleniu krvného prietoku a efektu pumpy. Kodejška a Baláš (2016) v zmysle toho uvádzajú, že pri tomto mechanizme sa urýchľuje odstraňovanie odpadových produktov látkovej výmeny a zrýchľuje sa prísun živín pre ďalšiu prácu svalov. Ďalšie výsledky podľa štúdie od Buchheit a kol. (2010) naznačujú, že urýchlenie zotavenia môže byť spôsobené aj hydrostatickým tlakom, ktorý by mohol zrýchľovať krvný prietok.

V štúdií Glasgow a kol. (2014) sa zistilo, že prerušované a neprerušované CWI pri teplote vody (6–10°C) má minimálny efekt na zníženie koncentrácie kreatínkinázy v krvnej plazme. Spomínaný parameter je jedným z mnohých parametrov, ktoré sa sledujú pri regenerácii po záťaži.

Štúdie, ktoré uvádza Sellwood a kol. (2007) považujú hladinu kreatínkinázy ako parameter detekcie poškodenia svalov. Ako príklad uvádzame, že v jeho štúdií, kde aplikoval excentrické cvičenia, došlo k 170% zvýšeniu kreatínkinázy oproti východným hodnotám po 24 hodinách. To naznačuje, že jeho protokol excentrického tréningu s cieľom vyvolať poškodenie svalov (svalovka) bol úspešný. Píše, že excentrická kontrakcia spôsobuje väčšie poškodenie svalov než koncentrická alebo izometrická kontrakcia. V iných štúdiách s agresívnejším excentrickým zaťažením kvadricepsov boli zaznamenané vrcholné prírastky kreatínkinázy až o 600%. Vo svojom experimente sledoval regeneráciu DOMS prostredníctvom ponorenia do studenej vody. Testoval 40 probandov, rozdelených do dvoch skupín. Prvá skupina realizovala protokol prerušovaného CWI. Druhá skupina aplikovala ten istý protokol s rozdielnou teplotou vody. Výška hladiny vody bola po bedrá. V experimente testovali netrénovaných jedincov. V skupine CWI bola doba ponorenia 1 minúta, teplota vody 5°C a následný oddych/prestávka 1 minúta pri izbovej teplote. Cyklus zopakovali 3 krát. Kontrolná skupina zopakovala protokol rovnako. S tým rozdielom že teplota vody bola 24°C. Vo výsledkoch medzi skupinami neboli pozorované žiadne významné rozdiely v parametroch bolesti, citlivosti, izometrickej sily, opuchu a v hladinách kreatínkinázy v priebehu času. Čo bolo zaujímavé, intervenčná skupina hlásila po 24 hodinách väčší nárast bolesti než kontrolná skupina. Čo považujeme za zaujímavé, pretože sa tvrdí, že CWI má charakter tlmenia bolesti.

Sledovanie hladiny kreatínkinázy je jedným z parametrov, ktorý sa sleduje pri regeneračných procesoch (Ravnsom, Gunn a Clarkson, 2001). V štúdiách (Eston, 1999; Warren, 1999; Enwemeka a kol. 2001) predpokladajú, že pohybovou aktivitou vyvolané poranenia svalových vlákien zvyšujú priepustnosť buniek a zvyšujú difúziu myoproteínov ako je kreatínkináza do extracelulárneho priestoru (mimobunkový priestor). Ponorenie do studenej vody znižuje hladinu kreatínkinázy v krvi (Eston, 1999; Howatson, 2003). Warren (1999) udáva, že výška hladiny kreatínkinázy nemusí byť spoľahlivým parametrom indikovania stupňa poškodenia svalov pohybovou aktivitou. V ich experimente aplikovali ľadovú masáž po športovom výkone. Hladina kreatínkinázy sa znížila, ale ako dodávajú nemala iný účinok na príznaky a symptómy spojené s poškodením svalov vyvolaným pohybovou aktivitou.

Čo sa týka lokálneho chladenia a návratu k športovej aktivite vykonali Bleakley, Costello a Glasgow (2012) metaanalýzu, v ktorej dospeli k záverom, že **lokálne chladenie nad 20 minút významne sťažuje návrat k športovej aktivite**. A práve naopak, čím menej minút chladenia, tým lepší návrat k aktivite. V prípade potreby dlhého chladenia a následného návratu k športovej aktivite odporúčajú opätovne zahriatie svalov pred aktivitou. **Schladenie pod určitý limit spôsobuje zníženie sily, explozívnej sily, koordinovanosti, v prípade vytrvalosti konštatujú sporné výsledky**. Možný dôvod negatívnych výsledkov opisujú Kodejška a Baláš (2016). Chlad inhibuje návrat Ca^{2+} zo svalu do sarkoplazmatického retikula, a to vedie k poklesu rýchlosti šírenia akčného potenciálu.

Štúdia, ktorá sledovala účinok CWI na DOMS zbierala vzorky každých 24, 48, 72 a 96 hodín, aplikovala intervenciu 3 dni po sebe, je od Glasgow a kol. (2014). Ako uvádzajú: **vedecké dôkazy o optimálnej dávke CWI sú nedostatočné. Športovci používajú radu rôznych protokolov a aj teplôt vôd**. CWI a CWT sa stáva populárnou pri prevencii DOMS. Uvádzajú štúdie, ktoré ukazujú, že **dôkazy o funkčnosti týchto postupov doposiaľ neboli úplne objasnené**. Konštatujú, že je veľmi veľa rozdielov v použitých protokoloch CWI, hlavne čo sa týka doby ponorenia a teploty vôd. Ich experiment dokončilo 50 probandov. Po tréningu, ktorý spôsobil DOMS, aplikovali probandom 5 druhov regenerácie: A) kontrastné ponorenie - 1 min (38°C voda) a 1 min (10°C voda), opakovali 3 krát, B) prerušované ponorenie do vody na 1 min (10°C) a 1 min vonku, C) 10 min súvislé ponorenie do vody 10°C, D) 10 min súvislé ponorenie do vody 6°C, E) kontrolná skupina len pasívne odpočívala v sede (bez intervencie). Zaujímavé je, že hladiny ich kreatínkinázy dosiahli najvyššie hodnoty až 72 hodín po cvičení. To mohlo byť spôsobené vysokou záťažou ich cvičebného protokolu. Bežne sa najvyššie hodnoty dosahujú približne po 24 hodinách. Ako uvádza, základnou teóriou kryoterapie je, že znižuje metabolickú aktivitu, čím obmedzuje sekundárne hypoxické poškodenie a uľahčuje zotavenie po poškodení mäkkých tkanív. Táto teória sa však nemusí premietnuť do klinického prostredia, pretože zníženie teploty tkaniva u ľudí často nie je dostatočné veľké na to, aby ovplyvnilo bunkovú aktivitu. Uvádza štúdie, ktoré poukazujú na zanedbateľné zníženie teploty stehenného svalu s CWI, a to napriek tomu, že použili dĺžku ochladzovania porovnateľnú a dokonca dlhšiu ako použili iné štúdie. Uvádza štúdie, ktoré našli len málo dôkazov o reakcii závislej na dĺžke ponorenia, a to pri porovnávaní dĺžky ponorenia 6, 12 a

18 minút. Zistili, že zmena dĺžky pobytu, teploty vody alebo dávkovania po cvičení nemala žiadny významný vplyv na výsledok týkajúci sa DOMS. V štúdií v závere konštatujú, že aplikácia CWI na DOMS a výkon svalov nemala významný účinok. V rozpore s tvrdením, že chlad nepreniká hlbšie do tkanív je tvrdenie Zemana (2006). Ten opisuje ochladzovanie dlhšie ako v predošlej štúdií. Uvádza, že optimálna pracovná teplota svalu je 37°C, ktorá bola meraná v hĺbke 2 cm. Pri teplote vody 15°C klesla za 30 minút v kľude teplota svalu z 32°C na 27°C u obéznych jedincov a na 24°C u štíhlych jedincov. Pri teplote vody 12°C bol pokles teploty v m. quadriceps za 45 minút z 36°C na 30,5°C. Zaznamenali aj vyššiu hladinu laktátu v krvi pri následnom cvičení. Z toho môžeme dedukovať väčšiu svalovú hypoxiu v dôsledku chladom indukovanej vazokonstrikcie.

Vaile, Gill a Blazevich (2007) testovali CWT a jej účinok na DOMS. Dospeli k záveru, že CWT je spojená s menším znížením sily a rýchlejšou obnovou sily a výkonu. Test vykonali pomocou izometrických testov. **Konštatujú, že CWT je účinnejšia ako pasívny odpočinok po cvičení.**

Coffey, Leveritt a Gill (2004) vykonali test na bežiacom páse s vysoko intenzívnym výkonom. Testovali tri alternatívy: aktívny oddych, pasívny oddych a CWT (pobyt 60 sekúnd, teplota vody - teplá 42°C a studená 10°C). Záverom konštatujú, že koncentrácie laktátu v krvi boli po cvičení nižšie pri aktívnom oddychu a kontrastnej metóde v porovnaní s pasívnym oddychom. Zmena pH krvi nebola významne ovplyvnená žiadnou metódou. Dodávajú aj, že výkon na bežiacom páse sa vracia k východným hodnotám po 4 hodinách bez ohľadu na použitú metódu regenerácie. Probandi výskumu uviedli, že subjektívne pocitovali najlepšiu regeneráciu pri kontrastnej metóde v porovnaní s aktívnym a pasívnym oddychom.

Vaile a kol. (2007) vo svojich záveroch uvádzajú, že CWT pri zotavovaní z DOMS je lepšia voľba ako pasívny odpočinok.

Metódu CWT a CWI porovnávali Ingram a kol. (2009). Test pozostával zo simulácie podmienok podobných skupinovému športom. Protokol regenerácie prostredníctvom CWT bol nasledovný: 2 minútový pobyt v studenej vode o teplote 10°C a 2 minútový pobyt v teplej vode o teplote 40°C. Presun medzi kúpeľmi trval 30 sekúnd. Opakovali 3 krát. Protokol regenerácie prostredníctvom CWI bol nasledovný: 2 minúty ponorenia do studenej vody 10°C a prestávka 2,5 minúty v izbovej teplote 22°C. Opakovali 5 krát. Kontrolná skupina ostala v kľude 15 minút. **Záver štúdie je, že CWT nebola tak účinná ako CWI.**

K získaniu širokospektrálneho pohľadu do problematiky odporúčame k naštudovaniu analýzu od Beakley a kol. (2012). Vykonali analýzu 17 štúdií, v ktorých sa celkovo zúčastnilo 366 probandov. Uvádzajú komparáciu údajov pri používaní CWI a CWT, DOMS a CWI, CWI versus pasívna regenerácia a mnoho iného. Upozorňujú, že k získaniu relevantných dát je potrebné dodržiavať správne metodologické postupy a mať dostatočné početné vzorky výskumu. **Preto po analýze konštatujú, že existujú len obmedzené dôkazy pre používanie CWI po cvičení.** Nenašli k dispozícii žiadne údaje pre stanovenie optimálnej metódy CWI.

Súhrn

Použitie prerušovaného CWI a CWT pravdepodobne neprináša lepšie benefity ako samotné používanie CWI.

Oneskorené CWI (aplikácia CWI niekoľko hodín po výkone)

Brophy-Williams, Landers a Wallman (2011) vykonali experiment, kde aplikovali CWI a) ihneď po výkone, b) CWI tri hodiny po výkone, c) kontrolná skupina, pasívne zotavovanie., Aplikovali vysoko intenzívny intervalový výkon pri hodnotách 90% VO₂/max. Sledovali skóre bolestivosti svalov a výkon podaný o 24 hodín v YOYO intermittent recovery teste (test zahrňujúci beh v stále zvyšujúcej sa rýchlosti až do vyčerpania). **Výsledky naznačili, že najlepšie na tom bola skupina, ktorá realizovala CWI hneď po výkone až potom skupina, ktorá realizovala CWI tri hodiny po výkone a následne kontrolná skupina.**

Podobný experiment vykonali Chaiyakuli a Chaiba (2021) s cieľom porovnať účinky pasívneho zotavovania a oneskoreného ochladzovania na DOMS. Ich výsledky ukázali, že oneskorené ochladzovanie po jednej a následne po troch hodinách nerezultovalo od signifikantne odlišných výsledkov vo vertikálnom výskoku vo výstupnom meraní. V prípade pasívneho zotavovania však probandi zaznamenali výrazne horšie výsledky vo vertikálnom výskoku vo výstupnom meraní. Rovnako 24 hodín po vstupnom testovaní bola subjektívna svalová bolesť výrazne vyššia v skupine, ktorá vykonala pasívne zotavovanie. Celková ubehnutá vzdialenosť v 20 m člňkovom behu sa vo výstupnom testovaní nelíšila medzi jednotlivými skupinami. **Rovnako nezistili významné rozdiely vo výkonoch medzi skupinami, ktoré vykonali ochladzovanie jednu, respektíve tri hodiny po vstupnom meraní.**

Tieto informácie sú dôležité pre športovcov, najmä ak nemajú po cvičebnom výkone okamžitý prístup do zotavovacích zariadení (Brophy-Williams, Landers a Wallman, 2011).

Yanagisawa a kol. (2003) vykonávali experiment s porovnaním ochladenia hneď po tréningu (tréning lýtok) a ochladenie po tréningu a ešte druhýkrát 24 hodín po výkone. Chladenie bolo lokálne (lýtka) vo vode o teplote 5°C o dĺžke trvania 15 minút. **Konštatujú, že ich výsledky s rôznymi frekvenciami ochladzovania sú kontroverzné.**

ZÁVER

Pri aktuálnom stave nášho poznania danej problematiky si dovoľíme parafrázovať tvrdenia Sellwooda a kol. (2007) s ktorých vyjadreniami plne súhlasím: Pri každej fyzickej aktivite existuje psychologická zložka, ktorá môže zlepšiť výkonnosť, a to hlavne u elitných športovcov, ktorí používajú mnoho rôznych stratégií regenerácie, ktoré sú len málo vedecky respektíve dôkazne podložené. To, čo môže jeden športovec považovať za prospešný spôsob regenerácie, nemusí nutne znamenať žiadny prínos pre iného športovca. Časom si športovci vypracujú vlastné rituály prípravy a regenerácie, ktoré používajú pred a po každom súťažnom výkone alebo v tréningu. Psychologický prínos, ktorý vnímajú pri používaní ich techniky regenerácie môže mať väčší vplyv na výkon, než skutočný fyziologický prínos tejto techniky.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

ABAD, Cesar Cavinato Cal, Lucas Adriano PEREIRA, Vinicius ZANETTI, Ronaldo KOBAL, Irineu LOTURCO a Fabio Yuzo NAKAMURA. Short-Term Cardiac Autonomic Recovery after a Repeated Sprint Test in Young Soccer Players. *Sports* [online]. 2019, 7(5) [cit. 2021-11-26]. ISSN 2075-4663. Dostupné z: doi:10.3390/sports7050102

AHOKAS, E. K., H. KYRÖLÄINEN, A. A. MERO, S. WALKER, H. G. HANSTOCK a J. K. IHALAINEN. Water immersion methods do not alter muscle damage and inflammation biomarkers after high-intensity sprinting and jumping exercise. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2020, 120(12), 2625-2634 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-020-04481-8

AL HADDAD, Hani, Paul B. LAURSEN, Didier CHOLLET, Frédéric LEMAITRE, Saïd AHMAIDI a Martin BUCHHEIT. Effect of cold or thermoneutral water immersion on post-exercise heart rate recovery and heart rate variability indices. *Autonomic Neuroscience* [online]. 2010, 156(1-2), 111-116 [cit. 2021-11-26]. ISSN 15660702. Dostupné z: doi:10.1016/j.autneu.2010.03.017

AL HADDAD, Hani, Paul B. LAURSEN, Said AHMAIDI a Martin BUCHHEIT. Influence of cold water face immersion on post-exercise parasympathetic reactivation. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2010, 108(3), 599-606 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1253-9

ALBA, Billie K., John W. CASTELLANI a Nisha CHARKOUDIAN. Cold-induced cutaneous vasoconstriction in humans: Function, dysfunction and the distinctly counterproductive. *Experimental Physiology* [online]. 2019, 104(8), 1202-1214 [cit. 2021-11-29]. ISSN 0958-0670. Dostupné z: doi:10.1113/EP087718

ALSHOWIER Noorah. The effect of cold water immersion on recreationally active young adults and the recovery of elite rugby players after intense eccentric exercise, 2016, Dizertačná práca, Manchester Metropolitan University Physical Therapy Department, Dostupné z: <https://lnk.sk/kzk1>

ANGELOPOULOS, Pavlos, Anastasios DIAKORONAS, Dimitrios PANAGIOTOPOULOS, Panagiota XAPLANTERI, Elias TSEPIS a Konstantinos FOUSEKIS. The effect of cold water immersion, aggressive sports massage and their combination on delayed onset muscle soreness' symptoms in amateur athletes: a randomized control study. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2017, 28 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2017.08.019

ASHRAE Handbook: Fundamentals. SI Edition. Atlanta: ASHRAE, 2001. ISBN 18-834-1388-5.

BAKER, GEORGE L. Human Adipose Tissue Composition and Age. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1969, 22(7), 829-835 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/22.7.829.

BARNETT, Anthony. Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. *Sports Medicine* [online]. 2006, 36(9), 781-796 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200636090-00005

BARTELT, A. a kol. Brown adipose tissue activity controls triglyceride clearance. *Nat. Med.* 17, 200–205 (2011). Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/nm.2297>

BARTŮŇKOVÁ, Staša. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 3., nezměn. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2811-0.

BLAAK, Ellen. *Gender differences in fat metabolism. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* [online]. 2001, 4(6), 499-502 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1363-1950. Dostupné z: doi:10.1097/00075197-200111000-00006.

BLEAKLEY, C. M a G. W DAVISON. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2010, 44(3), 179-187 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2009.065565

BLEAKLEY, Chris M., Joseph T. COSTELLO a Philip D. GLASGOW. Should Athletes Return to Sport After Applying Ice? *Sports Medicine* [online]. 2012, 42(1), 69-87 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/11595970-000000000-00000

BLEAKLEY, Chris, Suzanne MCDONOUGH, Evie GARDNER, G. David BAXTER, J. Ty HOPKINS a Gareth W DAVISON. Cold-water immersion (cryotherapy) for preventing and treating muscle soreness after exercise. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [online]. 2012 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD008262.pub2

BLONDIN, Denis P., Hans C. TINGELSTAD, Christophe NOLL, a kol. Dietary fatty acid metabolism of brown adipose tissue in cold-acclimated men. *Nature Communications* [online]. 2017, 8(1) [cit. 2021-11-26]. ISSN 2041-1723. Dostupné z: doi:10.1038/ncomms14146

BROATCH, James R., Aaron PETERSEN a David J. BISHOP. Postexercise Cold Water Immersion Benefits Are Not Greater than the Placebo Effect. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2014, 46(11), 2139-2147 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000000348

BROATCH, James R., Aaron PETERSEN a David J. BISHOP. The Influence of Post-Exercise Cold-Water Immersion on Adaptive Responses to Exercise: A Review of the Literature. *Sports Medicine* [online]. 2018, 48(6), 1369-1387 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-018-0910-8

BROPHY-WILLIAMS, N., G. LANDERS a K. WALLMAN. Effect of immediate and delayed cold water immersion after a high intensity exercise session on subsequent run performance. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2011, 14 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2011.11.238

BUCHANCOVÁ Jana, KLIMENTO VÁ Gabriela, ŠULCOVÁ Margaréta a ostatní, Pracovní lékařstvo a toxikologie, Osveta, Martin 2003, istn 80-8063-113-1

BUCHHEIT, Martin, Hani AL HADDAD, Arnaud CHIVOT, Pierre Marie LEPRÊTRE, Said AHMAIDI a Paul B. LAURSEN. Effect of in- versus out-of-water recovery on repeated swimming sprint performance. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2010, 108(2), 321-327 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-009-1212-5

CANNON, BARBARA a JAN NEDERGAARD. Brown Adipose Tissue: Function and Physiological Significance. *Physiological Reviews* [online]. 2004, 84(1), 277-359 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0031-9333. Dostupné z: doi:10.1152/physrev.00015.2003

CAPKO, Ján. *Základy fyziatrické léčby*. Praha: Grada, 1998. ISBN 8071693413.413

COFFEY, V, M LEVERITT a N GILL. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2004, 7(1), 1-10 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/S1440-2440(04)80038-0

COCHRANE, Darryl J. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2004, 5(1), 26-32 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2003.10.002

CUPPLES, W. A., G. R. FOX a J. S. HAYWARD. Effect of cold water immersion and its combination with alcohol intoxication on urine flow rate of man. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. 1980, 58(3), 319-321 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0008-4212. Dostupné z: doi:10.1139/y80-055

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-140-2.

DARBY, Susan A. a Robert J. FRYSZTAK. Neuroanatomy of the Spinal Cord. *Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and Ans* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 341-412 [cit. 2021-11-26]. ISBN 9780323079549. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-323-07954-9.00009-8

DEMERATH EW, Reed D, ROGERS N, SUN SS, LEE M, Choh AC, COUCH W, CZERWINSKI SA, CHUMLEA WC, SIERVOGEL RM, Towne B. Visceral adiposity and its anatomical distribution as predictors of the metabolic syndrome and cardiometabolic risk factor levels. *Am J Clin Nutr*. 2008;88(5):1263-71. Dostupné z: <https://lnk.sk/lxi4>

DEMORI, Ilaria, Tommaso PICCINNO, Daniele SAVERINO, Erika LUZZO, Stefano OTTOBONI, Davide SERPICO, Marco CHIERA a Roberto GIURIA. Effects of winter sea bathing on psychoneuroendocrinoimmunological parameters. *EXPLORE* [online]. 2021, 17(2), 122-126 [cit. 2021-11-26]. ISSN 15508307. Dostupné z: doi:10.1016/j.explore.2020.02.004

DINKA, P. a kol. 2008. Voda a chlad – rehabilitácia. Vydavateľstvo: LIEČREH, TYPOSET print., 2008, 313 s. ISBN 80-967229-5-6

ĎURIANOVÁ, Jitka, Jozef HUPKA a Juraj KOLESÁR. *Fyziatria: vysokoškolská učebnica pre lekárske fakulty vysokých škôl*. Martin: Osveta, 1975.

ENWEMEKA, CHUKUKA S., CHRIS ALLEN, PATRICK AVILA, JASON BINA, JASON KONRADE a STEPHEN MUNNS. Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 2002, 34(1), 45-50 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-200201000-00008

EPSTEIN, M. Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiological Reviews* [online]. 1992, 72(3), 563-621 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0031-9333. Dostupné z: doi:10.1152/physrev.1992.72.3.563

ESTON, ROGER a DANIEL PETERS. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences* [online]. 1999, 17(3), 231-238 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/026404199366136

FEČ Rastislav. Individualizácia objemového tréningu v kulturistike, Habilitačná práca, 255s. 2010, Prešovská univerzita v Prešove FS

FIGUEIREDO, Vandr  C., Llion A. ROBERTS, James F. MARKWORTH, Matthew P. G. BARNETT, Jeff S. COOMBES, Truls RAASTAD, Jonathan M. PEAKE a David CAMERON-SMITH. Impact of resistance exercise on ribosome biogenesis is acutely regulated by post-exercise recovery strategies. *Physiological Reports* [online]. 2016, 4(2) [cit. 2021-11-26]. ISSN 2051817X. Dostupné z: doi:10.14814/phy2.12670

FONSECA, Lillian Beatriz, Ciro J. BRITO, Roberto Jerónimo S. SILVA, Marzo Edir SILVA-GRIGOLETTO, Walderi Monteiro DA SILVA a Emerson FRANCHINI. Use of Cold-Water Immersion to Reduce Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness and Preserve Muscle Power in Jiu-Jitsu Athletes. *Journal of Athletic Training* [online]. 2016, 51(7), 540-549 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-51.9.01,

FOX, G. R., J. S. HAYWARD a G. N. HOBSON. Effect of alcohol on thermal balance of man in cold water. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. 1979, 57(8), 860-865 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0008-4212. Dostupné z: doi:10.1139/y79-131

FRANKS, C. M., F. StC. GOLDEN, I. F. G. HAMPTON a M. J. TIPTON. The effect of blood alcohol on the initial responses to cold water immersion in humans. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 1997, 75(3), 279-281 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s004210050161

FREUND, Beau J., Catherine O'BRIEN a Andrew J. YOUNG. Alcohol ingestion and temperature regulation during cold exposure. *Journal of Wilderness Medicine* [online]. 1994, 5(1), 88-98 [cit. 2021-11-26]. ISSN 09539859. Dostupné z: doi:10.1580/0953-9859-5.1.88

FRÜHBECK, Gema. Overview of Adipose Tissue and Its Role in Obesity and Metabolic Disorders. YANG, Kaiping, ed. *Adipose Tissue Protocols* [online]. Totowa, NJ: Humana Press, 2008, 2008, s. 1-22 [cit. 2021-11-26]. Methods in Molecular Biology. ISBN 978-1-58829-916-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-59745-245-8_1

FYFE, Jackson J., James R. BROATCH, Adam J. TREWIN, a kol. Cold water immersion attenuates anabolic signaling and skeletal muscle fiber hypertrophy, but not strength gain, following whole-body resistance training. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2019, 127(5), 1403-1418 [cit. 2021-11-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.00127.2019

GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005. ISBN isbn80-7262-311-7.

GLASGOW, Philip D., Roisin FERRIS a Chris M. BLEAKLEY. Cold water immersion in the management of delayed-onset muscle soreness: Is dose important? A randomised controlled trial. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2014, 15(4), 228-233 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2014.01.002

GOLOLOBOVÁ, B. *Začněte se otužovat a můžete běhat i v zimě*. Run the Word magazín,2009(10)

GRASGRUBER, Pavel a Jan CACEK. *Sportovní geny*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 9788025118733.

GREENBERG, Andrew S a Martin S OBIN. *Obesity and the role of adipose tissue in inflammation and metabolism*. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2006, 83(2), 461S-465S [cit. 2021-11-26]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/83.2.461S

GUNDLE, Leo a Amelia ATKINSON. Pregnancy, cold water swimming and cortisol: The effect of cold water swimming on obstetric outcomes. *Medical Hypotheses* [online]. 2020, 144 [cit. 2021-11-26]. ISSN 03069877. Dostupné z: doi:10.1016/j.mehy.2020.109977

GUYTON, Arthur C a John E HALL. *Textbook of Medical Physiology*. 11. vydání. Elsevier, 2006. 11; s. 782–784. ISBN 978-0-7216-0240-0.

HANSEN, Mark J.W., Anouk A.J.J. VAN DER LANS, Boudewijn BRANS, a kol. Short-term Cold Acclimation Recruits Brown Adipose Tissue in Obese Humans. *Diabetes* [online]. 2016, 65(5), 1179-1189 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0012-1797. Dostupné z: doi:10.2337/db15-

HOHENAUER, Erich, Jan TAEYMANS, Jean-Pierre BAEYENS, Peter CLARYS, Ron CLIJSEN a Stephen E ALWAY. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE* [online]. 2015, 10(9) [cit. 2021-11-26]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0139028

HOLMÉR, I a U BERGH. Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1974, 37(5), 702-705 [cit. 2021-11-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1974.37.5.702

HOWATSON, G., D. GAZE a K. A. VAN SOMEREN. The efficacy of ice massage in the treatment of exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]. 2005, 15(6), 416-422 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00437.x

HUPKA Jozef .Et al : *Fyzikálna terapia*, Martin: Osveta 1993. 554S. ISBN 80-217-0568 X

HUPKA, Jozef, Karel ŽALOUDEK a Juraj KOLESÁR. *Fyzikálna terapia: učebný text pre stredné zdravotnícke školy, odb. rehabilitačných pracovníkov*. Martin: Osveta, 1980.

CHAIYAKULI, S., Chaiba, S..Effects of Delayed Cold Water Immersion after High-Intensity Intermittent Exercise on Subsequent Exercise Performance in Basketball Players. 2021. *Sport Mont 19 (3)*, s. 3-8 Dostupné z: <https://lnk.sk/y139>

CHECINSKA-MACIEJEWSKA, Z. a kol. 2019. Regular cold water swimming during winter time affects resting hematological parameters and serum erythropoietin. In *Journal of Physiology and Pharmacology* [online]. s. 1-10 [cit. 2021-03-14]. DOI: doi:10.26402/jpp.2019.5.10.

INGRAM, Jeremy, Brian DAWSON, Carmel GOODMAN, Karen WALLMAN a John BEILBY. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2009, 12(3), 417-421 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2007.12.011

INOUE, Yoshimitsu, Mikio NAKAO, Tsutomu ARAKI a Hiroyuki UEDA. Thermoregulatory responses of young and older men to cold exposure. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. 1992, 65(6), 492-498 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.1007/BF00602354

JANÁKOVÁ Zuzana , VARGA Lukáš ,UKROPCOVÁ Barbara ,UKROPEC Jozef. Súčasná možnosti ovplyvnenia morfológických a funkčných vlastností bieleho a hnedého tukového tkaniva u pacientov s obezitou, 2017, *ObezitaEDUC 2017 Projekt Obezitologickej sekcie Slovenskej diabetologickej spoločnosti a časopisu Via Practica*, Dostupné z : <https://lnk.sk/inG4>

JANDOVÁ, Dobroslava. *Balneologie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2820-9.

JANSKÝ, L., D. POSPÍŠILOVÁ, S. HONZOVÁ, B. ULIČNÝ, P. ŠRÁMEK, V. ZEMAN a J. KAMÍNKOVÁ. Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. 1996, 72-72(5-6), 445-450 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.1007/BF00242274

JÄNIG, Wilfrid. Peripheral thermoreceptors in innocuous temperature detection. *Thermoregulation: From Basic Neuroscience to Clinical Neurology Part I* [online]. Elsevier, 2018, 2018, s. 47-56 [cit. 2021-11-26]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780444639127. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-63912-7.00002-3

JONES, Paul R, Christian BARTON, Dylan MORRISSEY, Nicola MAFFULLI a Stephanie HEMMINGS. Pre-cooling for endurance exercise performance in the heat: a systematic review. *BMC Medicine* [online]. 2012, 10(1) [cit. 2021-11-26]. ISSN 1741-7015. Dostupné z: doi:10.1186/1741-7015-10-166

KING, Monique a Rob DUFFIELD. The Effects of Recovery Interventions on Consecutive Days of Intermittent Sprint Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2009, 23(6), 1795-1802 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181b3f81f

KNECHTLE, Beat, Zbigniew WAŚKIEWICZ, Caio Victor SOUSA, Lee HILL a Pantelis T. NIKOLAIDIS. Cold Water Swimming—Benefits and Risks: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. 2020, 17(23) [cit. 2021-11-26]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph17238984.

KODEJŠKA, J., BALÁŠ, J., 2016 Zotavení ponořením do studené vody – přehled současných sportovních studií. *Česká kinantropologie*. Časopis České kinantropologie vol. 20, no. 3. ISSN 1211-9261). [online] [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://lnk.sk/jbfu>

KOLETTIS, T.M a M.T KOLETTIS. Winter swimming: healthy or hazardous? *Medical Hypotheses* [online]. 2003, 61(5-6), 654-656 [cit. 2021-11-26]. ISSN 03069877. Dostupné z: doi:10.1016/S0306-9877(03)00270-6

KOMAČEKOVÁ, D. a kol. Fyzikálna terapia. 2. vydanie. Martin: Vydavateľstvo Osveta, 2003, 363 s., ISBN 808063208.

KRALOVA LESNA, I., J. RYCHLIKOVA, L. VAVROVA a S. VYBIRAL. Could human cold adaptation decrease the risk of cardiovascular disease? *Journal of Thermal Biology* [online]. 2015, 52, 192-198 [cit. 2021-11-26]. ISSN 03064565. Dostupné z: doi:10.1016/j.jtherbio.2015.07.007.

KUČERA, Miroslav a Ivan DYLEVSKÝ. *Sportovní medicína*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-725-7.

LAVOY, Emily C.P., Brian K. MCFARLIN a Richard J. SIMPSON. Immune Responses to Exercising in a Cold Environment. *Wilderness & Environmental Medicine* [online]. 2011, 22(4), 343-351 [cit. 2021-11-26]. ISSN 10806032. Dostupné z: doi:10.1016/j.wem.2011.08.

LEEDER, Jonathan D. C., Ken A. VAN SOMEREN, Phillip G. BELL, John R. SPENCE, Andrew P. JEWELL, David GAZE a Glyn HOWATSON. Effects of seated and standing cold water immersion on recovery from repeated sprinting. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2015, 33(15), 1544-1552 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2014.

LEEDER, Jonathan, Conor GISSANE, Ken VAN SOMEREN, Warren GREGSON a Glyn HOWATSON. Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2012, 46(4), 233-240 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2011-090061

LEVITT, Steven D a John A LIST. Was There Really a Hawthorne Effect at the Hawthorne Plant? An Analysis of the Original Illumination Experiments. *American Economic Journal: Applied Economics* [online]. 2011, 3(1), 224-238 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1945-7782. Dostupné z: doi:10.1257/app.3.1.224. Dostupné z: <https://lnk.sk/ud34>

LEWIS, T. . Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. 1930. *Heart—A Journal for the Study of the Circulation*, 15, 177–208.

LINDSAY, Angus a Jonathan M. PEAKE. Muscle Strength and Power: Primary Outcome Measures to Assess Cold Water Immersion Efficacy After Exercise With a Strong Strength or Power Component. *Frontiers in Sports and Active Living* [online]. 2021, 3 [cit. 2021-11-26]. ISSN 2624-9367. Dostupné z: doi:10.3389/fspor.2021.655975

LIU, Weina, Hui SHENG, Yongjun XU, Yu LIU, Jianqiang LU a Xin NI. Swimming exercise ameliorates depression-like behavior in chronically stressed rats: Relevant to proinflammatory cytokines andIDO activation. *Behavioural Brain Research* [online]. 2013, 242, 110-116 [cit. 2021-11-26]. ISSN 01664328. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbr.2012.12.

LOW J, REED A. *Electrotherapy explained: principles and practice*. 2nd ed.1994 Oxford: Butterworth and Heinemann

MÁČEK, Miloš a Jiří RADVANSKÝ. *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-695-3..

MALTA, Elvis S., Yago M. DUTRA, James R. BROATCH, David J. BISHOP a Alessandro M. ZAGATTO. The Effects of Regular Cold-Water Immersion Use on Training-Induced Changes in Strength and Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine* [online]. 2021, 51(1), 161-174 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-020-01362-0

MANTONI Tiet, BELHAGE BO, PEDERSEN M Lars, POTT Frank Christian. *Reduced cerebral perfusion on sudden immersion in ice water: A possible cause of drowning*. *Aviation Space and Environmental Medicine* 78(4):374-6. May 2007 [cit. 2021-11-26]. Dostupné z: <https://lnk.sk/cjxp>

MARTIN, S., R. J. DIEWOLD a K. E. COOPER. Alcohol, respiration, skin and body temperature during cold water immersion. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1977, **43**(2), 211-215 [cit. 2021-12-03]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1977.43.2.211

MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1190-7.

MUZIK, Otto, Kaice T. REILLY a Vaibhav A. DIWADKAR. "Brain over body"—A study on the willful regulation of autonomic function during cold exposure. *NeuroImage* [online]. 2018, **172**, 632-641 [cit. 2021-11-26]. ISSN 10538119. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroimage.2018.01.067.

NAHÁCKY, M. Modely pro predikci tepelného pocitu a tepelného komfortu člověka. Brno: *Vysoké učení technické v Brně*, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 39 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Barbora Kopečková.

NEDERGAARD, Jan, Tore BENGTSSON a Barbara CANNON. *Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans*. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 2007, **293**(2), E444-E452 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.00691.2006.

NOVÁK, J., & ZEMAN, V. (1979). Metodika otužování. *Metodické listy č. 3/79*. Plzeň: Ústav tělovýchovného lékařství LK UF.

OUELLET, Véronique, Sébastien M. LABBÉ, Denis P. BLONDIN, a kol. Brown adipose tissue oxidative metabolism contributes to energy expenditure during acute cold exposure in humans. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 2012, **122**(2), 545-552 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0021-9738. Dostupné z: doi:10.1172/JCI60433

PADDON-JONES, D. a B. QUIGLEY. Effect of Cryotherapy on Muscle Soreness and Strength Following Eccentric Exercise. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 1997, **18**(08), 588-590 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2007

PEAKE, Jonathan M., James F. MARKWORTH, Kristoffer Toldnes CUMMING, Sigve N. AAS, Llion A. ROBERTS, Truls RAASTAD, David CAMERON-SMITH a Vandre C. FIGUEIREDO. The Effects of Cold Water Immersion and Active Recovery on Molecular Factors That Regulate Growth and Remodeling of Skeletal Muscle After Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology* [online]. 2020, **11** [cit. 2021-11-26]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2020.00737

PEAKE, Jonathan M., James F. MARKWORTH, Kristoffer Toldnes CUMMING, Sigve N. AAS, Llion A. ROBERTS, Truls RAASTAD, David CAMERON-SMITH a Vandre C. FIGUEIREDO. The Effects of Cold Water Immersion and Active Recovery on Molecular Factors That Regulate Growth and Remodeling of Skeletal Muscle After Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology* [online]. 2020, **11** [cit. 2021-11-26]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2020.00737

PEAKE, Jonathan M., James F. MARKWORTH, Kristoffer Toldnes CUMMING, Sigve N. AAS, Llion A. ROBERTS, Truls RAASTAD, David CAMERON-SMITH a Vandre C. FIGUEIREDO. The Effects of Cold Water Immersion and Active Recovery on Molecular Factors That Regulate Growth and Remodeling of Skeletal Muscle After Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology* [online]. 2020, 11 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2020.00737

PHUTTUNEN, P, N.G LANDO, V.A MESHTSHERYAKOV a V.A LYUTOV. Effects of long-distance swimming in cold water on temperature, blood pressure and stress hormones in winter swimmers. *Journal of Thermal Biology* [online]. 2000, 25(1-2), 171-174 [cit. 2021-11-26]. ISSN 03064565. Dostupné z: doi:10.1016/S0306-4565(99)00059-5

PODSIADŁO, Paweł, Agata SMOLEŃ, Sylwester KOSIŃSKI, a kol. Impact of rescue collapse on mortality rate in severe accidental hypothermia: A matched-pair analysis. *Resuscitation* [online]. 2021, 164, 108-113 [cit. 2021-11-29]. ISSN 03009572. Dostupné z: doi:10.1016/j.resuscitation.2021.04.019

ROBERTS, Llion A., Truls RAASTAD, James F. MARKWORTH, a kol. Post-exercise cold water immersion attenuates acute anabolic signalling and long-term adaptations in muscle to strength training. *The Journal of Physiology* [online]. 2015, 593(18), 4285-4301 [cit. 2021-11-26]. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/JP270570

ROEGGLA G., ROEGGLA M., BINDER M., ROEGGLA H. MUELLNER M., WAGNER A. Effect of alcohol on body core temperature during cold-water immersion, *Clinical Trial*, sep-oct 1995;(5): 239-40

ROKYTA, Richard. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV, 2000. Lékařství. ISBN 80-85866-45-5.

ROSS, Michael H. a Wojciech PAWLINA. *Histology: a text and atlas : with correlated cell and molecular biology*. 6th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, c2011. ISBN 978-1-4511-0150-8.

SELIGER, Václav. *Praktika z fyziologie pro studující tělesné výchovy*. 2. vyd. Praha: SPN, 1960. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).

SELLWOOD, K. L., P. BRUKNER, D. WILLIAMS, A. NICOL a R. HINMAN. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2007, 41(6), 392-397 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2006.033985

SEPA-KISHI, Diane M. a Rolando B. CEDDIA. White and beige adipocytes: are they metabolically distinct? *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation* [online]. 2018, 33(2) [cit. 2021-11-26]. ISSN 1868-1891. Dostupné z: doi:10.1515/hmbci-2018-0003

SIEMS, W.G. Improved antioxidative protection in winter swimmers. *QJM* [online]. 92(4), 193-198 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14602393. Dostupné z: doi:10.1093/qjmed/92.4.193

SMITH, R. M. a J. M. HANNA. Skinfolds and resting heat loss in cold air and water: temperature equivalence. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1975, 39(1), 93-102 [cit. 2021-11-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1975.39.1.93.

SPALDING, Kirsty L., Erik ARNER, Pål O. WESTERMARK, a kol. Dynamics of fat cell turnover in humans. *Nature* [online]. 2008, 453(7196), 783-787 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/nature06902

STEPHENS, Jessica M., Shona L. HALSON, Joanna MILLER, Gary J. SLATER a Christopher D. ASKEW. Influence of body composition on physiological responses to post-exercise hydrotherapy. *Journal of Sports Sciences* [online]. 2017, 36(9), 1044-1053 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2017.1355062

STOCKS, Jodie M., Mark J. PATTERSON, Dale E. HYDE, Karen D. MITTLEMAN a Nigel A.S. TAYLOR. *Metabolic Habituation Following Repeated Resting Cold-Water Immersion Is Not Apparent During Low-Intensity Cold-Water Exercise*. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science* [online]. 2001, 20(5), 263-267 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1345-3475. Dostupné z: doi:10.2114/jpa.20.263

SUN, Kai, Christine M. KUSMINSKI a Philipp E. SCHERER. *Adipose tissue remodeling and obesity*. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 2011, 121(6), 2094-2101 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0021-9738. Dostupné z: doi:10.1172/JCI45887

SVAČINA, Štěpán. *Obezitologie a teorie metabolického syndromu*. Praha: Triton, 2013. Lékařské repetitorium. ISBN 978-80-7387-678-4.

ŠRÁMEK, P., M. ŠIMEČKOVÁ, L. JANSKÁ, J. ŠAVLÍKOVÁ a S. VYBÍRAL. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2000, 81(5), 436-442 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s004210050065

ŠTAIFOVÁ, Alena. *Otužování dětí*. Praha: Avicenum, 1989. Rodinný kruh.

ŠTEINER, T. *Kryoterapia ako liečebná a regeneračná metóda a jej využitie*, 2010, Bakalárska práca, [cit. 2021-07-26] (online: <https://is.muni.cz/th/c0isq/diplomka.pdf>),

ŠVÁBOVÁ, M. *Vybrané kapitoly ze zdravotní propedeutiky - otužování, alkohol a kouření u adolescentu ve věku 16-19 let*, bakalárska práca, 2013, české budejovice.[cit. 2021-07-26] Dostupné z: https://theses.cz/id/ktoqig/vbov_Marie.pdf

ŠVEDOVÁ Milena, BENKOVÁ Eva, DZUROV VARGOVÁ Tünde, UHER Ivan. *Managing the quality of life by identifying health aspects* ,in: management and the world in motion, challenges, opportunities and threats Prešov : Bookman, 2018. - ISBN 978-80-8165-300-1. - ISBN 978-80-8165-301-8. - S. 707-712.

ŠVEDOVÁ Milena. *Význam pohybovej aktivity a jej dopad na pokles stresových situácií u jedinca*. In: Identifikácia interpersonálnych zručností z hľadiska zvládania náročných situácií v manažérskom prostredí, Nekonenčný vedecký zborník recenzovaných štúdií. Prešov, Bookman, 2019. - ISBN 978-80-8165-368-1. - S. 136-146.

T J Doubt 1, S S Hsieh, Additive effects of caffeine and cold water during submaximal leg exercise, *Comparative Study Med Sci Sports Exerc.* 1991 Apr;23(4):435-42. online: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2056901/>

TABBEN, Montassar, Mohammed IHSAN, Nihel GHOUL, Jeremy COQUART, Anis CHAOUACHI, Helmi CHAABENE, Claire TOURNY a Karim CHAMARI. Cold Water Immersion Enhanced Athletes' Wellness and 10-m Short Sprint Performance 24-h After a Simulated Mixed Martial Arts Combat. *Frontiers in Physiology* [online]. 2018, 9 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2018.01542

TAJIMA, F., S. SAGAWA, J. IWAMOTO, K. MIKI, J. R. CLAYBAUGH a K. SHIRAKI. *Renal and endocrine responses in the elderly during head-out water immersion*. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* [online]. 1988, 254(6), R977-R983 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0363-6119. Dostupné z: doi:10.1152/ajpregu.1988.254.6.R977

TIKUISIS, P., I. JACOBS, D. MOROZ, A. L. VALLERAND a L. MARTINEAU. Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2000, 89(4), 1403-1411 [cit. 2021-11-26]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.2000.89.4.1403

TIPTON, M. J., GOLDEN, F. S. C., HIGENBOTTAM, C., MEKJAVIC, I. B., & EGLIN, C. M. . Temperature dependence of habituation of the initial responses to cold-water immersion. 1998. *European Journal of Applied Physiology*, 78(3), 253–257. doi:10.1007/s004210050416

TIPTON, M. J., N. COLLIER, H. MASSEY, J. CORBETT a M. HARPER. Cold water immersion: kill or cure? *Experimental Physiology* [online]. 2017, 102(11), 1335-1355 [cit. 2021-11-26]. ISSN 09580670. Dostupné z: doi:10.1113/EP086283

TIPTON, Michael, Clare EGLIN, Mikael GENNSER a Frank GOLDEN. Immersion deaths and deterioration in swimming performance in cold water. *The Lancet* [online]. 1999, 354(9179), 626-629 [cit. 2021-11-26]. ISSN 01406736. Dostupné z: doi:10.1016/S0140-6736(99)07273-6

TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.

TUČEK M., CIKRT M., PELCLOVÁ D. *Pracovní lékařství pro praxi*. Grada publishing,a.s. 2005. ISBN 80-247-0927-9

- VAILE, J., B. STEFANOVIC, C. O'HAGAN, M. WALKER, N. GILL a C. ASKEW. Effect of cold water immersion on recovery and limb blood flow following high-intensity cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. 2009, 12 [cit. 2021-11-26]. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2008.12.059
- VAILE, J., S. HALSON, N. GILL a B. DAWSON. Effect of Hydrotherapy on Recovery from Fatigue. *International Journal of Sports Medicine* [online]. 2008, 29(7), 539-544 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2007-989267
- VAILE, Joanna M., Nicholas D. GILL a Anthony J. BLAZEVIČH. The Effect of Contrast Water Therapy on Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2007, 21(3), R-19355 [cit. 2021-12-02]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/R-19355.1
- VAILE, Joanna M., Nicholas D. GILL a Anthony J. BLAZEVIČH. The Effect of Contrast Water Therapy on Symptoms of Delayed Onset Muscle Soreness. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2007, 21(3), R-19355 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/R-19355.1
- VAN TULLEKEN, Christoffer, Michael TIPTON, Heather MASSEY a C Mark HARPER. Open water swimming as a treatment for major depressive disorder. *BMJ Case Reports* [online]. , bcr-2018-225007 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1757-790X. Dostupné z: doi:10.1136/bcr-2018-225007
- VERNON RAYNER, D. The sympathetic nervous system in white adipose tissue regulation. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2001, 60(3), 357-364 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: doi:10.1079/PNS2001101
- VERSTRAETEN, Valerie L. R. M., Johan RENES, Frans C. S. RAMAEKERS, a kol. Reorganization of the nuclear lamina and cytoskeleton in adipogenesis. *Histochemistry and Cell Biology* [online]. 2011, 135(3), 251-261 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0948-6143. Dostupné z: doi:10.1007/s00418-011-0792-4
- VIRTANEN, Kirsi A., Martin E. LIDELL, Janne ORAVA, a kol. Functional Brown Adipose Tissue in Healthy Adults. *New England Journal of Medicine* [online]. 2009, 360(15), 1518-1525 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJMoa0808949
- VYBÍRAL, S., I. LESNÁ, L. JANSKY a V. ZEMAN. Thermoregulation in Winter Swimmers and Physiological Significance of Human Catecholamine Thermogenesis. *Experimental Physiology* [online]. 2000, 85(3), 321-326 [cit. 2021-11-26]. ISSN 09580670. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-445X.2000.01909.x
- WAJCHENBERG, Bernardo Léo. *Subcutaneous and Visceral Adipose Tissue: Their Relation to the Metabolic Syndrome*. *Endocrine Reviews* [online]. 2000, 21(6), 697-738 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0163-769X. Dostupné z: doi:10.1210/edrv.21.6.0415

WANG, Wenshan a Patrick SEALE. Control of brown and beige fat development. *Nature Reviews Molecular Cell Biology* [online]. 2016, 17(11), 691-702 [cit. 2021-12-13]. ISSN 1471-0072. Dostupné z: doi:10.1038/nrm.2016.96

WARREN, Gordon L., Dawn A. LOWE a Robert B. ARMSTRONG. Measurement Tools Used in the Study of Eccentric Contraction??Induced Injury. *Sports Medicine* [online]. 1999, 27(1), 43-59 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-199927010-00004

WHITE, Gillian E a Greg D WELLS. Cold-water immersion and other forms of cryotherapy: physiological changes potentially affecting recovery from high-intensity exercise. *Extreme Physiology & Medicine* [online]. 2013, 2(1) [cit. 2021-11-26]. ISSN 2046-7648. Dostupné z: doi:10.1186/2046-7648-2-26., Dostupné z : <https://lnk.sk/fmx1>

WILCOCK, Ian M, John B CRONIN a Wayne A HING. Physiological Response to Water Immersion. *Sports Medicine* [online]. 2006, 36(9), 747-765 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200636090-00003

WILSON, Laura J., Lygeri DIMITRIOU, Frank A. HILLS, a kol. Cold Water Immersion Offers No Functional or Perceptual Benefit Compared to a Sham Intervention During a Resistance Training Program. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2021, Publish Ahead of Print [cit. 2021-11-26]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000004097

WRONSKA, A. a Z. KMIEC. Structural and biochemical characteristics of various white adipose tissue depots. *Acta Physiologica* [online]. 2012, 205(2), 194-208 [cit. 2021-11-26]. ISSN 17481708. Dostupné z: doi:10.1111/j.1748-1716.2012.02409.x

YANAGISAWA, Osamu, Mamoru NIITSU, Hiroshi YOSHIOKA, Kazushige GOTO, Hiroki KUDO a Yuji ITAI. The use of magnetic resonance imaging to evaluate the effects of cooling on skeletal muscle after strenuous exercise. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2003, 89(1), 53-62 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-002-0749-

YONESHIRO, Takeshi, Sayuri AITA, Mami MATSUSHITA, Takashi KAYAHARA, Toshimitsu KAMEYA, Yuko KAWAI, Toshihiko IWANAGA a Masayuki SAITO. Recruited brown adipose tissue as an antiobesity agent in humans. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 2013, 123(8), 3404-3408 [cit. 2021-11-26]. ISSN 0021-9738. Dostupné z: doi:10.1172/JCI67803

ZAK, Roksana B., B. M. HASSENSTAB, L. K. ZUEHLKE, M. W. S. HEESCH, R. J. SHUTE, T. L. LAURSEN, D. T. LASALLE a D. R. SLIVKA. Impact of local heating and cooling on skeletal muscle transcriptional response related to myogenesis and proteolysis. *European Journal of Applied Physiology* [online]. 2018, 118(1), 101-109 [cit. 2021-11-26]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-017-3749-

ZEMAN, Václav. *Adaptace na chlad u člověka: možnosti a hranice*. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-7262-331-1.

ZVONÁR, J. et al. *Termoterapia, hydroterapia, Balneoterapia a klimatoterapia*, Martin, Osveta. 2005, 191s. ISBN 80-8063-175-1

INTERNETOVÉ ZDROJE

BUCHTA Dávid. *9 Důvodů, proč byste měli začít se studenou sprchou ještě dnes*. 2015, [online], [cit. 2021-06-26], (online: <https://lnk.sk/fpsi>)

Český svaz plaveckých sportů, *Pravidlá zimního plávání technické dokumenty, 2020/2021*, [online], [cit. 2021-08-26] (online: <https://lnk.sk/cpeu>)

Fyziológia výmeny tepla, Prednáška UPJŠ, [online], [cit. 2021-08-27], (online: <https://lnk.sk/wh12>)

IWSA,. Water classification. 2021 [online], [cit. 2021-02-05] (online: <https://iwsa.world/water-classification>)

JANČOKOVÁ Ľudmila, *Biorytmy v športe*, 2000, ISBN 80-8055-395-5. [online], [cit. 2021-08-27] (online: <https://lnk.sk/jy25>)

KOMÁREK , Vladimír. *Jak se otužovat*. (2000). [cit. 2021-08-25], (online: <http://www.otuzilci.cz/>)

KOVÁČIK, Samuel. 2021. *Pocit tepla a chladu*, [online], [cit. 2021-08-26] (online: <https://vedator.space/pocit-tepla-a-chladu/>)

KRÁLOVÁ, Magda. *Vnímání teploty*. Eduportál Techmania. 2021. [online], [cit. 2021-02-05]. (online: <https://lnk.sk/hj36>)

MAKAI Jozef, *Čo by mal otužilec vedieť*, 2012 , [online], [cit. 2021-07-26] (online: <https://lnk.sk/rqu6>)

MORAN David, *Forget Heat Index. Wet Bulb Globe Temperature Is Where It's At*. 2017, [online], [cit. 2021-09-26] (online: <https://lnk.sk/xws4>)

National weather service, *WetBulb Globe Temperature*. 2021, [online], [cit. 2021-11-26] (online: <https://www.weather.gov/tsa/wbgt>)

NOVOTNÝ, Matúš, *Vybrané aspekty kvality života zimných plavcov*, 2019, Olomouc, Diplomová práca, [online], [cit. 2021-11-26] (online: <https://lnk.sk/zgs2>)

Športové otužovanie. *Pravidlá súťažného zimného plávania v SK* 2019. [online] [cit. 2021-02-05] (online: http://sportoveotuzovanie.sk/?page_id=237)

Ústav telesnej výchovy a športu

Odborná monografia

Autor: Mgr. Dávid Kaško, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Počet strán: 92

Rozsah: 6,04 AH

Vydanie: prvé

DOI: <https://doi.org/10.33542/OSV2021-0069-1>

ISBN 978-80-574-0069-1 (e-publikácia)

