UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Fyziologické aspekty potápění

Termoregulace, zvláštnosti termoregulace při potápění, ztráty tepla

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Zpracovala:

Prof. Ing.Václav Bunc Csc. Kateřina Kozáková

duben 2009

ABSTRAKT

Název: Fyziologické aspekty potápění - Termoregulace, zvláštnosti termoregulace při potápění, ztráty tepla

Cíle práce:

Cílem práce je objasnit problematiku termoregulace. Nejdříve bude zaměřena na termoregulaci všeobecně. Poté na hlavní náplň práce - termoregulaci pod vodou, kde se budu zabývat již jen rozdílnými podmínkami vodního prostředí a jejich vlivem na termoregulaci. Především jejich vlivem na tepelné ztráty.

Dalším řešeným problémem bude vysvětlit rozdíly mezi ztrátami tepla na souši a pod vodou, jakými mechanismy se nejvíce teplo ztrácí v každém z těchto prostředí.

Hypotézy:

1) Ztráty tepla jsou ovlivněny podmínkami a vlastnostmi vodního prostředí
2) Mechanismy tepelných ztrát se liší ve vodě a na souši

Metoda:

Zvolila jsem metodu metaanalýzy. Zároveň bude hledána nejoptimálnější a nejpodloženější možnost vysvětlení.

Druhou metodou bude vyvození – dedukce. Publikace budou hodnoceny na základě způsobu zpracování a na základě relevantnosti zpracovávaných dat. Data byla čerpána z odborných publikací a internetu. Vybírána byla na základě klíčových slov v názvu, někdy podle klíčových slov v celém textu.

Snahou bude vysvětlit, že ve vodě dochází k větším ztrátám tepla a později v diplomové práci dokázat, zdali tomu tak opravdu je. Tepelné ztráty jsou důležitým problémem potápěčů. Kvůli chladu se musí chránit speciálními obleky, dodržovat určitá pravidla výživy, ale hlavně přizpůsobit délku ponoru teplotě okolí.

Svou bakalářskou práci jsem pojala jako přípravu a úvod k práci diplomové. Cílem práce je tedy teoretický přehled o tématu.

Klíčová slova:

Termoregulace, ztráty tepla, potápění, vodní prostředí, odolnost proti chladu

ABSTRACT

Title: Physiological aspects of diving – Thermoregulation, specificity of thermoregulation in diving, heat loss

Objective:

The aim of this work is to clarify issues of thermoregulation. Firstly will focus on termoregulation generally. Then on the main work - termoregulation under water, where I will deal with different conditions of the aquatic environment and their impact on termoregulation. In particular, their impact on heat loss.

Another problem will be addressed to clarify the differences between heat losses on land and under water, such mechanisms are the most heat lost in each of these environments.

Hypoteses:

1) Heat losses are influenced by the conditions and characteristics of the aquatic environment.
2) Mechanisms of heat loss is different in water and on land.

Methods:

I chose the method of metaanalysis. It will be searched the most optimal and best option of explanation.

The second method is to draw - illation. Publications will be evaluated on the basis of the treatment and the relevance of processed data. Data were drawn from professional publications and the Internet. Was selected on the basis of keywords in the title, sometimes by keyword throughout the text.

The aim will be to explain that in water leads to greater heat loss and later in the thesis to prove whether this really is. Heat loss is an important problem for divers. Due to cold must be protected with special clothes, comply with certain rules of nutrition, but mainly have to adjust the length of draft to ambient temperature.

I took my bachelor thesis as a preparation for dissertation work. The aim of this work is a theoretical overview of the topic.

Keywords:

Thermoregulation, heat losses, diving, aquatic environment, resistence against cold

Touto cestou bych chtěla poděkovat V. Buncovi za odborné vedení práce a D. Vondráškovi za praktické i teoretické rady a možnost využití jeho zkušeností v problematice sportovního přístrojového potápění.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a použila jsem literaturu uvedenou v seznamu bibliografické citace.

Kateřina Kozáková

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům. Prosím aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatelů, kteří jsou povinni zdroj převzaté literatury řádně citovat.

Jméno a příjmení:	Číslo obč. průkazu:	Datum vypůjčení:

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ **10**
SEZNAM TABULEK **11**
SEZNAM GRAFŮ **12**
ÚVOD **13**
OBECNÁ ČÁST **15**
1. TĚLESNÁ TEPLOTA **15**
1.1. Homoiotermie 15
1.1.1. Teplota tělesného jádra 15
1.1.2. Teplota kožní 16
1.2. .Ideální teplota 18
1.3. Kolísání tělesné teploty 21
1.3.1. Denní doba 22
1.3.2. Aktivita organismu 22
1.3.3. Sekrece hormonů 23
1.3.4. Zevní vlivy okolí 23
1.3.5. Věk 24
2. TERMOREGULACE **25**
2.1. Tvorba tepla 26
2.1.1. Tvorba tepla při fyzickém zatížení 26
2.2. Výdej tepla 27
2.2.1. Výměna tepla mezi jádrem a slupkou 28
2.2.2. Výdej tepla z povrchu těla do okolí 28
2.3. Typy termoregulace 32
2.3.1. Chemická termoregulace 32
2.3.2. Fyzikální termoregulace 35
2.4. Termoregulace u kojence 36
2.5. Termoregulace starších lidí 37
2.6. Termoregulační chování 37
2.7. Termoregulace při fyzickém zatížení 38
2.8. Řízení termoregulace 38
2.9. Vliv zvýšené teploty okolního prostředí 40
2.9.1. Aklimatizace na teplo 41
2.10. Vliv snížené teploty prostředí 43
2.10.1. Aklimatizace na chlad 44

2.11. Poruchy termoregulace 47
2.11.1. Přehřátí organismu - Hypertermie 47
2.11.2. Podchlazení organismu – Hypotermie 49
SPECIALIZOVANÁ ČÁST – POTÁPĚNÍ 56
1. Vlastnosti vody 56
1.1. Teplota vodního prostředí 56
1.2. Hustota vody 58
1.3. Tepelná vodivost 60
1.4. Tepelná kapacita 60
2. Výdej a ztráty tepla pod vodou 61
2.1. Ztráty tepla vedením 61
2.2. Ztráty tepla prouděním 61
2.3. Ztráty tepla zářením 62
2.4. Ztráty tepla odpařováním 62
2.5. Další způsoby ztrát tepla 63
2.6. Kritické segmenty těla z pohledu tepelných ztrát 64
2.6.1. Hlava 64
2.6.2. Rozkrok a oblast stehen 65
2.7. Diving reflex 65
3. Podchlazení při potápění 67
3.1. Faktory ovlivňující pobyt v chladné vodě 68
3.1.1. Tělesné složení 69
3.1.2. Povrch těla 69
3.1.3. Výživa 70
3.1.4. Hydratace organismu 70
3.1.5. Teplota vody, podmínky, termokliny 70
3.1.6. Izolační obleky 70
3.1.7. Další faktory ovlivňující dobu pobytu pod vodou 71
DISKUZE A VÝSLEDKY 81
POUŽITÁ LITERATURA 87
ELEKTRONICKÉ ZDROJE 88

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č.1 Kožní teplota v různých teplotních podmínkách (5 °C a 30 °C) (Bartůňková, 2006)……..……..18
Obr. č.2 Místa měření a velikost oblastí, ve kterých byla měřena teplota při stanovení průměrné tělesné teploty člověka (Jánský, 1990) ……...19
Obr. č.3 Schematické znázornění teploty jádra těla (šrafováno) a jednotlivých částí těla v podmínkách vnější teploty 5 °C (a), 20 °C (b) a 30 °C (c) (Dvořáková, 2005) ……...25
Obr. č.4 Řízení tělesné teploty (Bartůňková, 2006) ……41
Obr. č.5 Teplota okolí vzhledem k teplotnímu komfortu člověka (Oyhenart – Mioulane, 2004) ……..58
Obr. č.6 Teploty vody v půběhu roku (Holzapfel, 2004) ……59
Obr. č.7 Rozložení vody podle hustoty, skoková vrstva (Schinckovi, 2007) ……..60
Obr. č.8 Teplotní zlomy vody – termokliny (Scuba Diving International, 2002) …....60
Obr. č.9 Ztráty tělesného tepla při potápění (Schinckovi, 2007) ……..63
Obr. č.10 Podchlazení zaviněné zvýšeným výdejem tepla z oblasti jádra a povrchové zóny (Schinckovi, 2007)……69

SEZNAM TABULEK

Tabulka č.1 Rozmezí hodnot tělesné teploty (Bartůňková, 2006)……20
Tabulka č.2 Složení potu u trénovaných a netrénovaných (Bartůňková, 2006)……....32
Tabulka č.3 Tepelné vodivosti různých látek (Jánský, 1990) ….……61

SEZNAM GRAFŮ

Graf č.1 Teploty okolí na kožní teplotu třech oblastí těla člověka (Jánský, 1990)….22
Graf č.2 Změny tělesné teploty u homoioterma s denní aktivitou – člověka (Jánský, 1990)…….23
Graf č.3 Vztah rektální tělesné teploty a spotřeby kyslíku při fyzickém zatížení (Havlíčková a kol., 1997)……....28
Graf č.4 Vliv teploty okolí na různé cesty tepelných ztrát z těla člověka (Jánský, 1990)…….33
Graf č.5 Fáze podchlazení, pokles tělesné teploty a opatření první pomoci (Dobeš, 2005)……....55

ÚVOD

Planetě,na které žijeme, se říká „Modrá planeta“. Je to proto, že je její povrch tvořen ze 70% z vody. Jsou to jak oceány a moře, tak řeky, jezera, rybníky a další. Tato obrovská vodní plocha nám poskytuje mnoho potřebného pro život. Je zdrojem potravy, pro některé se stala i pracovním prostředím a v neposlední řadě nám poskytuje podmínky pro sport a zábavu. Všechny tyto činnosti probíhali nejdříve na hladině. Protože je přirozenou vlastností člověka objevovat a zkoumat záhady světa, začal prozkoumávat i dění pod hladinou. Vodní prostředí je, nebo spíše bylo, tajemným a lákavým. Lákavým zůstává nadále. Tak jako začaly první pokusy o létání, začaly i první pokusy o pobyt ve vodním prostředí. V mnoha fantastických knihách nebo filmech najdeme náměty života pod vodou. Tyto náměty se pomalu stávaly skutečností a v dnešní době už nikomu nepřijde divné se pod vodou pohybovat.

V poslední době hodně vzrostl zájem o přístrojové potápění. Není již záležitostí jen profesionálů, jak jsme na to byli dříve zvyklí. Dnes se může potápění věnovat každý, kdo chce objevit jeho krásy, mezi něž patří nepopsatelný pocit beztíže, který ve vodě nastává, život vodních živočichů, zvláštní, ale nádherný pocit dýchání pod vodou. Další a asi nejkrásnější pocit pro potápěče je, že se stává součástí podvodního světa.

Pod vodou vnímáme mnohem intenzivněji své tělo a pocity, které máme. Je to úplně jiný svět, svět plný klidu. Slyšíme jen svůj dech a občas tlukot srdce. Nemáme kam spěchat. Pobyt pod vodou můžeme brát jako únik od reality dnešního komerčního a uspěchaného světa. Tento sport uchvátil milióny lidí a stále se další příznivci přidávají.

Je úžasné a fascinující, co všechno dokázali lidé vymyslet. Jedním z těchto fantastických objevů je i zmíněný pobyt ve vodním prostředí. Dnes už nemusíme přemýšlet o tom, jak pod vodou přežít nebo vydržet určitou dobu. Dnes už řešíme specializované problémy a zkoumáme, jak přesně na náš organismus voda a její vlastnosti působí a vyvíjíme nové a nové technologie, které nám pomáhají tyto

problémy řešit. Z obrovského množství problémů, které potápění skýtá, jsem si vybrala tepelnou stránku.

Potápění se prakticky věnuji a otázka chladu a tepelného diskomfortu mi téměř pokaždé působila problém. Nenašla jsem žádnou publikaci, kde by byly vysvětleny všechny tyto problémy souhrnně. Všude je zmínka jen o částech této problematiky. Autoři se většinou zabývají jinou fyziologií, jako jsou například dekompresní nemoci, otázky tlaku a podobně. Podle U. S. Navy diving manual (Sládek, 2009) je časový limit pro pobyt pod vodou ovlivněn více tolerancí (snášenlivostí) na chlad než vlivem sníženého parciálního tlaku kyslíku, nebo dobou dekomprese. Z toho jasně vyplývá, že podchlazení je pro potápěče zásadní problém. Je dobré vědět, jak dlouhou dekompresní přestávku má potápěč provést. Jestliže mu ale bude hrozit podchlazení, na dekompresi mu nezbude čas. Proto jsem se rozhodla toto téma zpracovat a vytvořit tak přehled, který by pomohl potápěčům, a samozřejmě i lidem, kteří se nepotápí, objasnit a lépe pochopit otázku termoregulace a termoregulace pod vodou. Jak a proč k tepelným ztrátám dochází a jak se jich co nejvíce vyvarovat.

V dnešní době není problém pořídit si dobré vybavení a tím prodloužit délku pobytu pod vodní hladinou. Technologie se neustále posunuje směrem kupředu. Ne vše ale záleží jen na ní. Důležitou součástí je i přístup potápěče, jeho znalosti a zkušenosti. K prohloubení znalostí o termoregulaci a tepelných ztrátách by měla pomoci tato bakalářská práce.

OBECNÁ ČÁST

1. TĚLESNÁ TEPLOTA

1.1. Homoiotermie

V přírodě najdeme 2 typy živočichů z hlediska tělesné teploty, teplokrevné a chladnokrevné. Člověk se řadí do 1. skupiny, je tedy živočich teplokrevný nebo-li homoiotermní. To znamená, že si musí nepřetržitě udržovat stálou tělesnou teplotu. „Naproti tomu poikilotermie je schopnost udržovat stálou tělesnou teplotu (+ - 2°C) i při velkých změnách teploty okolí.“ (Jánský, 1990) Na teplotě závisí všechny biochemické pochody v organismu. Podle toho, jestli se teplota zvyšuje nebo snižuje, se zrychlují nebo zpomalují metabolické procesy. Ať jsou změny velké nebo malé a některá čísla se zdají být až zanedbatelná, pro náš organismus jsou velmi významné a musí se s nimi vyrovnávat. Vyrovnává se s nimi vědomě i nevědomě. Nevědomě pokud jsou změny malé a není třeba vyvinout velkou aktivitu nebo změnu fungování.

Tělesnou teplotu dělíme na **teplotu tělesného jádra** a teplotu periferie, občas zvanou jako slupka nebo také **teplotu kožní**. Mezi hodnotami obou teplot je teplotní gradient, tj. teplotní rozdíl. Teplota tělesného jádra je vždy vyšší než teplota kožní. Obě teploty se neustále vzájemně ovlivňují.

1.1.1. Teplota tělesného jádra

Teplota tělesného jádra je relativně konstantní, neměnná, protože na ní přímo nepůsobí vlivy okolí. Je to teplota v dutině břišní, hrudní a lební, tedy vnitřní orgány, a

mozek a vnitřní část svalů. Považujeme ji za směrodatnou v ohledu na správnou činnost organismu.

Literatura uvádí, že se její hodnota pohybuje mezi 36-37 °C a kolísá v rozmezí + - 4 °C (Havlíčková, 1997). Toto kolísání, jak se dozvíme později, už však koreluje s přehřátím či podchlazením. Z jiného zdroje jsem se dozvěděla, že teplota tělesného jádra kolísá mezi 35,8-37 °C (Martiník, 2007). Nejčastěji uváděná hodnota je 37 °C. V jiné literatuře je uvedena jako průměrná teplota tělesného jádra též hodnota 37 °C (Vrbovský a kol.) Osobně bych se přiklonila k hodnotě 37 °C. Hodnota v játrech, tedy přímo v jádru, se pohybuje mezi 39-41 °C. Játra by se daly označit jako "centrum tělesného tepla".

„Hodnotu teploty tělesného jádra měříme lékařskými teploměry nebo rychloběžkami" (Bartůňková, 2006). Nejnižší hodnoty jsou v podpaží, což je klasická domácí metoda zjišťování teploty, vyšší jsou v dutině ústní a ještě přesnější výsledek získáme měřením v konečníku, tzv.rektální teplota. Nejpřesnější hodnota tělesné teploty by byla teplota naměřená v jícnu na úrovni srdce neboť má nejblíže k teplotě arteriální nebo venózní krve, jejíž hodnota nejvíce odpovídá průměrné teplotě tělesného jádra. Je to však velmi složité měření téměř nepoužitelné pro bdělé pacienty. Teplota v ústní dutině je ovlivněna dýcháním a teplotou okolí. „Je zpravidla o 0,5 až 1,5 °C nižší, než jsou teploty rekta" (Jánský, 1990). Měření teploty v rektu závisí na hloubce umístění čidla – teploměru. Rektální teplota se shoduje s teplotou vaginální.

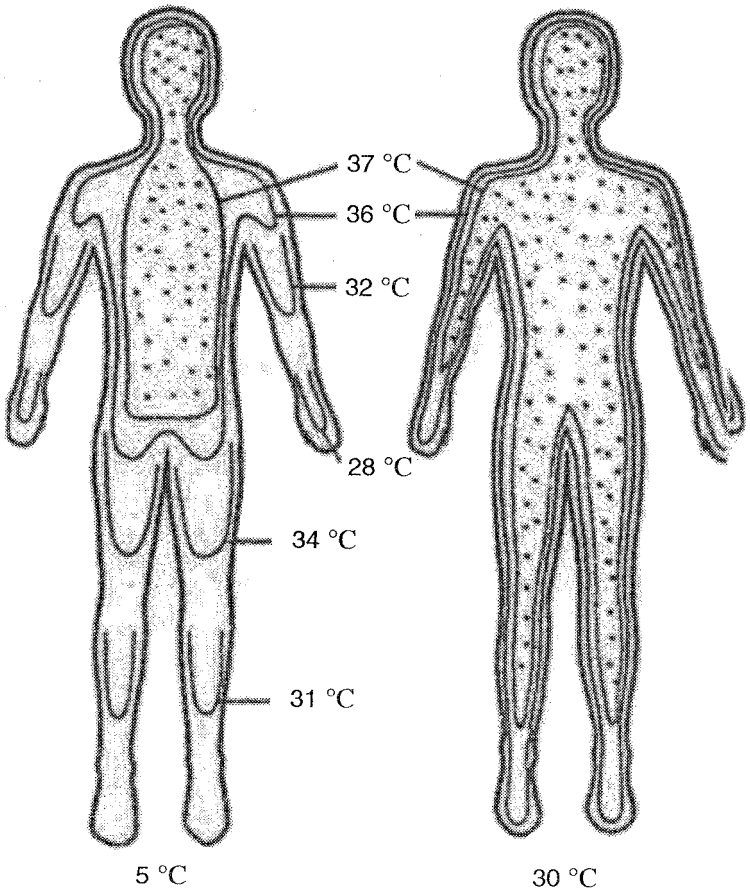
Teplota jádra není přímo ovlivňována teplotou okolního prostředí, neboť je od něj izolována kůží, podkožím vazivem a tukovou vrstvou.

1.1.2. Teplota kožní

Můžeme ji také nazvat, jak bylo zmíněno výše, teplota slupky. Slupkou rozumíme ty části těla, které jsou ovlivňovány vlivy vnějšího prostředí - okolí, jsou s ním v přímém styku. Jsou to horní a dolní končetiny, hlava a povrchové části těla. Teplota kožní se tedy na rozdíl od teploty tělesného jádra mění vlivem okolí.

Jak už napovídá sám název, hlavní roli zde bude mít kůže. Největší význam má její kontakt s okolím.

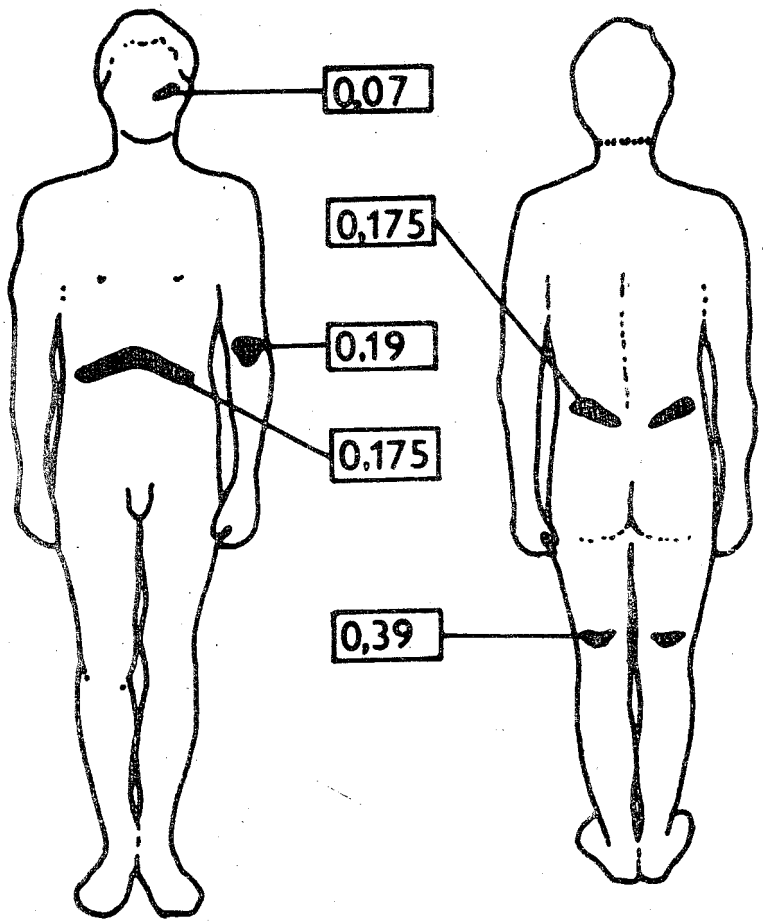
Obrázek č.1: Kožní teplota v různých teplotních podmínkách (5 °C a 30 °C) (Bartůňková, 2006)



Měření kožní teploty se provádí nejlépe na těchto částech těla: horní čelisti, loketní jamka, oblast nad pupkem, oblast kosti křížové a podkolenní jamka. „Při pokojové teplotě 20 °C se její hodnota pohybuje kolem 33 až 34 °C“ (Bartůňková 2006).

Při fyziologických měřeních se používá takzvaná průměrná kožní teplota. Získáme ji měřením teploty na tváři, předloktí, na břiše, na zádech a pod kolenem.

Obrázek č.2: Místa měření a velikost oblastí, ve kterých byla měřena teplota při stanovení průměrné tělesné teploty člověka (Jánský, 1990)



1.2. .Ideální teplota

Ideální teplotu můžeme také rozdělit na dva různé okruhy, které spolu velmi úzce souvisí a navzájem se ovlivňují: **ideální tělesnou teplotu** a ideální **teplotu okolí**. Pokud se zvýší teplota okolí, lidský organismus bude svou teplotu snižovat a naopak.

1.2.1. Ideální tělesná teplota

Pokud uvážíme optimální hodnotu obou teplot, tělesného jádra i teplotu kožní, výsledná celková tělesná teplota se ideálně pohybuje v rozmezí 36-37 °C. „Snížená nebo zvýšená tělesná teplota lidský život neohrozí jen tehdy, nepřesáhne-li určité hranice“ (Dobeš, 2005). Při teplotě -1 °C dochází k nenávratnému poškození buňky. V buňce se při této teplotě tvoří krystalky ledu. Při 45 °C zase dochází ke koagulaci (srážení) bílkovin.

Rozmezí hodnot tělesné teploty:

44-45°C ireverzibilní denaturace proteinů, smrt
41-44°C úpal, zranění mozku (ztráta termoregulace)
38-41°C horečka, těžká práce nebo cvičení
36-38°C normální aktivita zdravého člověka
33°C ztráta vědomí a hypotermie
30°C ztráta termoregulačních schopností
28°C poruchy srdeční činnosti, smrt (Bartůňková 2006)

Tabulka č.1: Rozmezí hodnot tělesné teploty (Bartůňková, 2006)

°C	
40	– těžká fyzická práce
38	– emoce
37	– obvyklý rozsah
36	– časně ráno

1.2.2. Ideální teplota okolí

Je to taková teplota, kterou nazýváme teplota neutrální. Neutrální znamená, že teplota okolí je taková, že organismus nemusí uplatňovat žádné termoregulační mechanismy. Nemusí tedy zvyšovat výdej ani tvorbu tepla a opačně.

Pro mírně oděného člověka se jako neutrální uvádí teplota okolí kolem 20 °C. Pro svlečeného člověka nevyvíjejícího žádnou fyzickou aktivitu je to 28 °C. Záleží také na typu okolí. Zásadní okolí pro tuto práci je vodní prostředí. Vodní prostředí s sebou přináší spoustu odlišností od normálního suchozemského. „Voda v důsledku odlišných fyzikálních vlastností odvádí tělesné teplo mnohem účinněji než vzduch. O neutrální teplotě vodního prostředí proto hovoříme teprve při minimálně 35 °C“ (Vrbovský a kol.).

„V literatuře se dozvídáme, že asi 95 % lidí , kteří se věnují v běžném oděvu práci v kanceláři, vyhovuje prostředí, v němž je teplota vzduchu a stěn okolo 23 °C, rychlost proudění vzduchu < 0,1 m/s a relativní vlhkost vzduchu asi 50 %. Tepelná pohoda závisí na všech těchto ukazatelích“ (Martiník, 2007). Ve vodě navíc působí jako faktor ovlivňující tepelnou pohodu tloušťka podkožní tukové vrstvy, která slouží jako izolace.

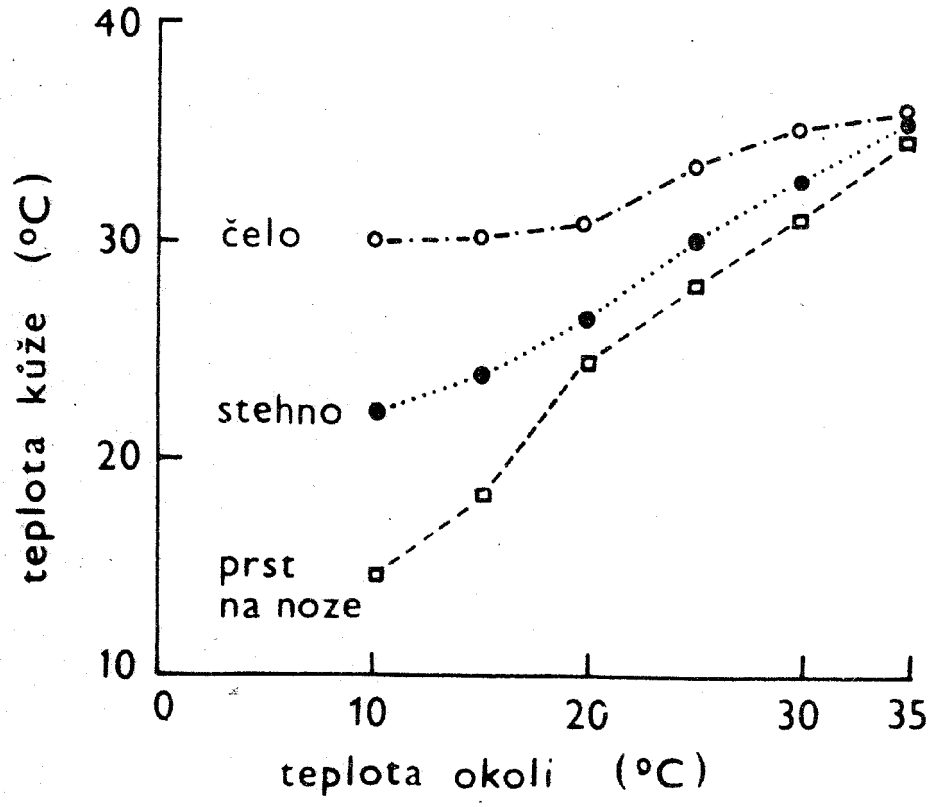
Pokud uvažujeme ideální teplotu okolí z hlediska fyzické aktivity, je zde omezení jak ve vysokých hodnotách teploty zevního prostředí tak v nízkých. Dále musíme rozlišit typ vykonávané činnosti. Například pro běh na 10000 m je jiná ideální teplota než pro běh na 100 m. Pro lehkou práci se doporučuje 20 °C. Pro činnosti vytrvalostního typu jen 15 °C.

Při 28 °C by se neměla provozovat žádná fyzicky velmi náročná činnost. To samé platí i o teplotě nízké hodnoty. Havlíčková a kol. (1997) uvádí, že při teplotě 29 °C by mělo být přerušeno veškeré sportovní soutěžení a teplota 27 °C by měla být kontraindikací pro závody na dlouhých tratích (závody vytrvalostního charakteru). V hygienických pravidlech jsou uvedeny minimální a maximální teploty okolí pro daný sport. Nejčastěji se to týká vytopení tělocvičen.

Na druhé straně, člověk dokáže přežít i ve velmi extrémních podmínkám odlišných od neutrální teploty. Havlíčková a kol. (1997) uvádí - 70 až + 100 °C. Sportovní činnost může být také vykonávána v nepříznivých podmínkách - 50 až + 50 °C. Není to však pro organismus dobré.

Pro některé sporty jsou však extrémní podmínky charakteristické. Jde například o horolezecké expedice, polární výpravy, motoristické závody v poušti a další. Samozřejmě se do extrémních podmínek dá zařadit i potápění, kde se člověk musí často vyrovnávat s nízkými teplotami a diskomfortem a silným pocitem chladu.

Graf č.1: Vliv teploty okolí na kožní teplotu třech oblastí těla člověka (Jánský, 1990)



1.3. Kolísání tělesné teploty

Jak už bylo zmíněno, tělesná teplota není pořád stejná, ale stále kolísá v kladných i záporných hodnotách kolem průměrné tělesné teploty 37 °C. Tento fyziologický jev je opět ovlivňován, stejně jako všechny ostatní životní funkce, několika faktory:

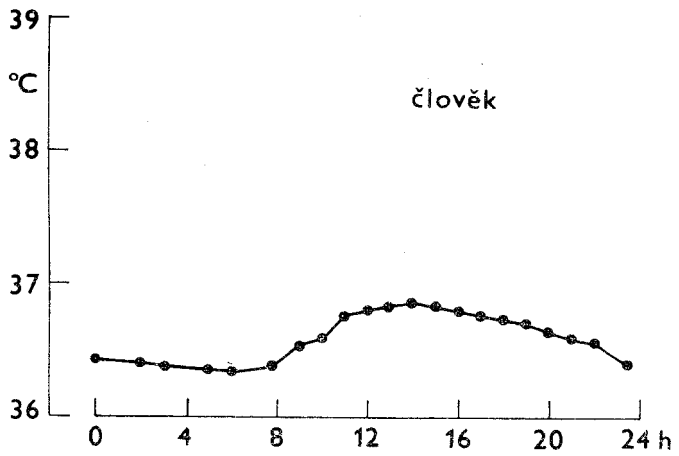
- Denní dobou
- Aktivitou organismu – fyzická zátěž
- Sekrecí hormonů
- Zevními vlivy okolí
- Věkem

(podle Bartůňkové, 2005)

1.3.1. Denní doba

V průběhu celého dne se mění naše tělesná teplota. Nejnižší je kolem třetí až čtvrté hodiny ranní. Pak postupně stoupá a nejvyšší hodnoty dosahuje pozdě odpoledne přibližně v šest hodin. Poté se znovu snižuje.

Graf č.2: Změny tělesné teploty u homoioterma s denní aktivitou – člověka (Jánský, 1990)



1.3.2. Aktivita organismu

Při aktivní fyzické práci se zvyšuje metabolismus a tím i tvorba tepla. Hlavním zdrojem tepla při fyzické práci jsou svaly.

1.3.3. Sekrece hormonů

U žen dochází k takzvanému menstruačnímu kolísání teploty. Vlivem progesteronu se po ovulaci zvyšuje vaginální teplota o 0,5 °C.

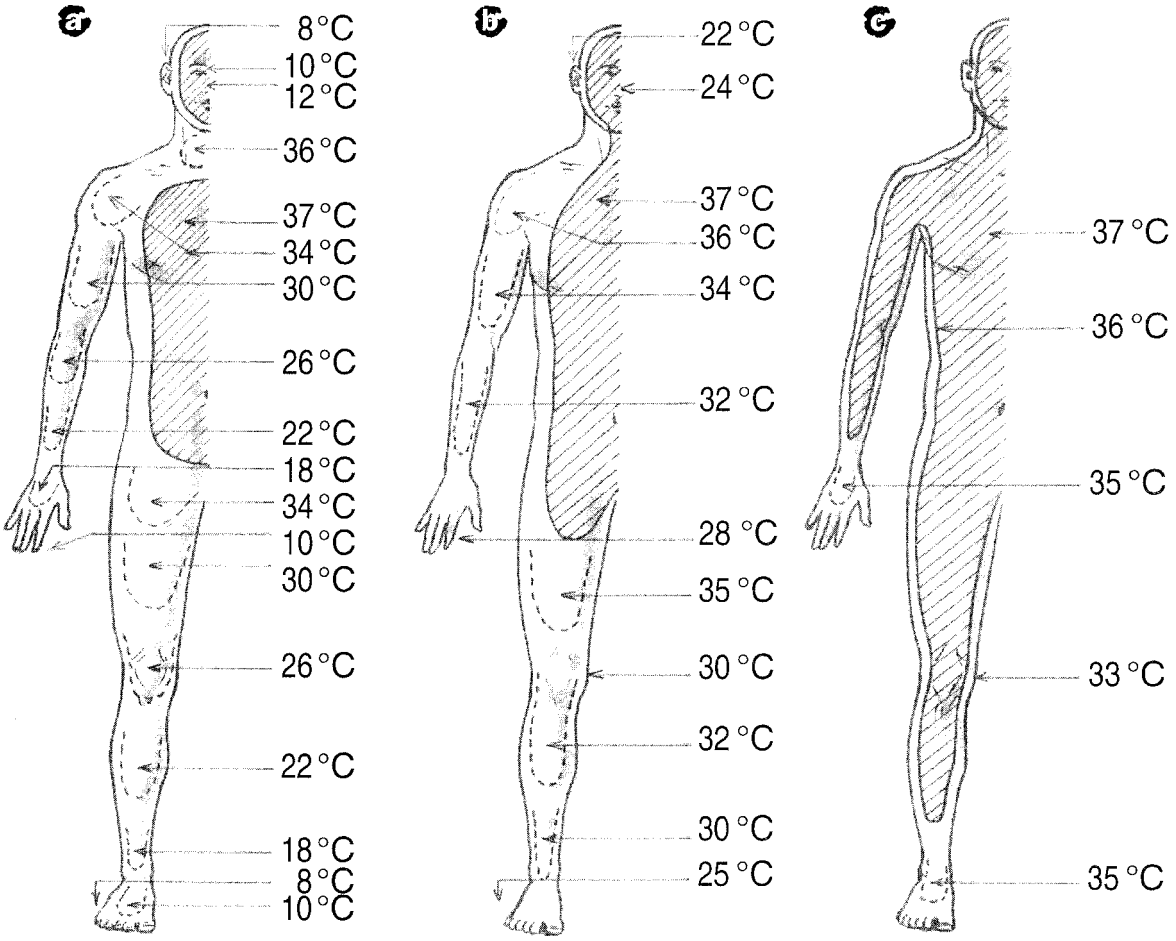
Tělesnou teplotu zvyšují i jiné hormony jako růstový hormon, testosteron, adrenalin a noradrenalin.

1.3.4. Zevní vlivy okolí

Největší vliv na tělesnou teplotu člověka má teplota okolí a podmínky, ve kterých se zrovna vyskytuje. Jinak se bude organismus chovat v 15 °C za slunečného počasí a jinak při prudkém větru. Působí zde tedy nejen teplota, ale také fyzikální jevy, jako třeba proudění vzduchu. Jednoduše řečeno je to vítr, déšť, jasno, vlhkost vzduchu.

Jestliže je teplota okolí nízká, to znamená pod neutrální teplotou, musí organismus tuto situaci vyřešit zvýšením tvorby tepla nebo snížením jeho výdeje do okolí. Jestliže teplota okolí stoupne nad neutrální hodnotu, organismus tvorbu tepla sníží a zvýší jeho výdej do okolí. Působí zde tedy snížená teplota okolí a zvýšená teplota okolí. Tato problematika bude podrobně probrána v kapitole termoregulace.

Obrázek č.3: Schematické znázornění teploty jádra těla (šrafováno) a jednotlivých částí těla v podmínkách vnější teploty 5 °C (a), 20 °C (b) a 30 °C (c) (Dvořáková, 2005)



1.3.5. Věk

Dalším faktorem ovlivňujícím tělesnou teplotu je věk člověka. „Lidský plod má asi o 0,6 °C vyšší teplotu než matka. Po porodu dochází obvykle k poklesu teploty novorozence o 2 až 3 °C“ (Jánský, 1990).

2. TERMOREGULACE

Člověk si neustále udržuje homeostázu, nebo-li stálost vnitřního prostředí. Vnitřní prostředí je tvořeno extracelulární (mimobuňěčnou) tekutinou, což je krev, míza a tkáňový mok. Dělá to pomocí mnoha složitých mechanismů, které reagují na různé změny. Jednou ze složek, kterou udržují homeostatické mechanismy je i tělesná teplota. „K tomu, aby tělesná teplota nevybočovala z fyziologicky daného rámce, slouží její udržování v mezích uvedených výše“ (Vrbovský a kol.). „Na teplotě závisí všechny biochemické pochody v organismu. Metabolické procesy se zrychlují nebo zpomalují podle toho, jestli se teplota zvyšuje, nebo snižuje“ (Martiník, 2007). „Se zvyšující se teplotou životní děje zrychlují. Podobně při poklesu teploty se látková výměna zpomaluje“ (Dvořáková, 2005).
„Změny tělesné teploty vyvolávají změny na buněčných strukturách, ovlivňují enzymatické pochody a zasahují do řady chemicko-fyzikálních procesů“ (Havlíčková a kol., 1997).

Stejně jako u všech ostatních životních funkcí zde funguje to, že když se něco tvoří, musí se stejné množství odvádět z těla pryč. Jako příklad lze uvést příjem a výdej energie. Pokud má člověk větší příjem než výdej, bude obézní. Pokud je to naopak bude podvyživený. Stejně tak to funguje s tvorbou a výdejem tepla. Jestliže bude vyšší tvorba tepla, dojde k přehřátí organismu, jestliže bude převažovat výdej, dojde k podchlazení. Více v kapitole Poruchy termoregulace.

Termoregulace je tedy schopnost organismu udržovat stálou optimální tělesnou teplotu. „Jde o velmi složitý mechanismus založený na zvýšené tvorbě tepla v případě ohrožení organismu chladem, nebo naopak na zvýšeném výdeji tepla do okolí na ochranu před přehřátím“ (Vrbovský a kol.). Za normálních podmínek, tedy při neutrální teplotě, se tvorba tepla rovná výdeji, to znamená, že jsou v rovnováze. Pokud v rovnováze nejsou, nastupují termoregulační mechanismy.

„Na udržování tělesné teploty se podílí celá řada mechanismů sloužících jak ke zvýšení výdeje tepla, tak k jeho zadržování v těle. Patří mezi ně mechanismy mimovolné, jako například pocení a změny prokrvení tkání, ale i vědomé způsoby chování jako oblékání, větrání, vytápění a podobně“ (Dobeš, 2005). S tím souvisí

termín teplotní pohoda. Teplotní pohoda je subjektivní vnímání termoneutrální zóny, kdy se člověk vyrovnává se zvýšenou nebo sníženou okolní teplotou pouze změnou prokrvení. Člověk tuto změnu vůbec neregistruje. Teplotní pohoda se pohybuje v rozmezí 35,8 - 37,4 °C.

Za normálních okolností je tvorba a výdej tepla v rovnováze a udržuje se v rámci již zmíněné teplotní pohody. Termoregulace nastupuje až po překročení jejích hranic. Pokud mám stručně shrnout co termoregulace je a co do ní patří, tak je to udržování stálé tělesné teploty pomocí mechanismů na tvorbu a výdej tepla.

2.1. Tvorba tepla

Teplo se během látkové přeměny tvoří v organismu neustále jako vedlejší produkt metabolických dějů, může se však tvořit i cíleně. Na jeho tvorbě se podílí několik mechanismů. Jde zejména o pochody chemické. Tvorba tepla probíhá hlavně v tělesném jádře a odtud je pak teplo vedeno do periferie - slupky. Více v kapitole Výměna tepla mezi jádrem a slupkou.

Hlavní a nejvýznamnější tvorbu tepla zajišťují kosterní svaly, tedy svalový metabolismus. Dalším významným producentem tepla jsou játra.

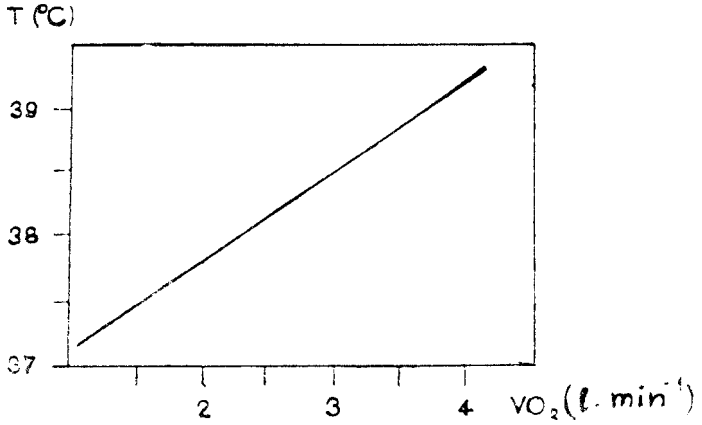
Z hlediska typu termoregulace zajišťuje tvorbu tepla termoregulace chemická. Hlavní roli zde hraje zvýšení metabolismu, kterým dojde ke zvýšení teploty. To se děje například při fyzickém zatížení.

2.1.1. Tvorba tepla při fyzickém zatížení

„Při fyzickém zatížení se zvyšuje svalový metabolismus. Stoupá intenzita oxidačních reakcí. Pouze malá část chemické energie (20 %) se využívá pro mechanickou práci. 80 % této energie se uvolňuje ve formě tepla. Při intenzivní pohybové činnosti vzniká ve svalech 20x více tepla než při bazálním metabolismu. Zvýšení tělesné teploty je pro člověka do určitého stupně příznivé, neboť se zvyšuje aktivita enzymatických systémů,

zvyšuje se rychlost uvolňování energie a sportovec je schopen podat vyšší výkon. Při fyzické práci stoupá teplota nejdříve ve svalech. Teprve později, s určitým zpožděním, se teplo prostřednictvím krve rozvádí do celého organismu a teplota celého jádra stoupá. Dochází potom k prohřátí obalových vrstev, prostoupení tepla na povrch. Při déletrvající intenzivní práci se musí uplatňovat mechanismy fyzikální termoregulace, protože kumulací tepla by v organismu hrozilo přehřátí. Kdyby tyto mechanismy nefungovaly, zvýšila by se teplota každých 5 minut o 1°C. Mezi tělesnou teplotou a intenzitou pohybového zatížení (vyjádřenou spotřebou kyslíku) existuje přímo úměrná závislost“ (Havlíčková a kol., 1997).

Graf č.3: Vztah rektální tělesné teploty a spotřeby kyslíku při fyzickém zatížení (Havlíčková a kol., 1997)



2.2. Výdej tepla

Tak jako se v našem těle nepřetržitě vytváří teplo, tak musí být také odváděno z těla pryč do okolí. Kdyby tomu tak nebylo, došlo by k přehřátí organismu.

Výdej tepla zajišťují dva hlavní procesy. Prvním z nich je převod tepla z tělesného jádra ke kůži-slupce, který je v literatuře často opomíjen a je v ní uveden pouze druhý z nich, všeobecně známější, převod tepla z povrchu těla do okolí.

Z hlediska typu termoregulace zajišťuje výdej tepla do okolí termoregulace fyzikální. Představuje několik způsobů odvodu tepla:

- Vyzařováním
- Vedením
- Prouděním
- Odpařováním

2.2.1. Výměna tepla mezi jádrem a slupkou

Aby mohlo být teplo odvedeno z těla, musí být nejdříve přesunuto z tělesného jádra k povrchu těla, odkud už je odváděno do okolí několika způsoby. Tento přenos zajišťuje zejména oběhový systém. Jednou z funkcí krve je totiž přenos tělesného tepla. Krev je tedy hlavní zprostředkovatel tepelné výměny. Množství odváděného tepla je přímo úměrné prokrvení. Krev můžeme nazvat jako spoj mezi vnitřním a vnějším prostředím. Zajišťuje přenos tepla prouděním. Další, ale o mnoho menší část odváděného tepla, je přenášena vedením přes tkáně. U tohoto přenosu hraje velkou roli tloušťka tukové vrstvy. Teplo se přes tukovou vrstvu špatně dostává a ta tím pádem slouží jako izolace.

2.2.2. Výdej tepla z povrchu těla do okolí

„Ztráty tepla slupkou velice úzce souvisejí s podmínkami v okolí organismu“ (Martiník, 2007). Čím větší jsou rozdíly mezi kožní teplotou a teplotou zevního prostředí, tím větší jsou tepelné ztráty. Výdej tepla probíhá několika různými způsoby:

Vyzařováním (sáláním, radiací)

Každé těleso, které má vyšší teplotu než je absolutní nula, vyzařuje infračervené paprsky. To znamená, že i naše tělo je vyzařuje a teplo se v podobě infračervených

paprsků ztrácí. Každé těleso, stejně tak i lidské tělo, ale na druhou stranu záření od okolí přijímá. „Každé těleso, které výrazně pohlcuje teplo, má současně také vysokou schopnost teplo vyzařovat. Proto lidský organismus dokonale vyzařuje teplo. Lidské tělo vydává záření odpovídající středu infračerveného spektra (10000 nm.). Poněvadž vlnová délka viditelného světla leží mezi 450 až 700 nm, není záření lidské kůže vidět“ (Jánský, 1990). Tímto způsobem je z organismu odváděno pouze malé množství tepla podle Bartůňkové 1 - 10 % tepla.

Přenos tepla vyzařováním probíhá na dálku, tedy bez přímého kontaktu předmětů.

Vedením (kondukcí)

Takto je podle Bartůňkové (2006) z našeho organismu odváděno 50 – 60 % tepla. Záleží na tom v jakém prostředí s jakými vodivými vlastnostmi se nacházíme. Jednoduše jak dobrý vodič je okolí, ve kterém zrovna jsme. Záleží tedy na vodivosti látek. Pro naše případy se budeme později zabývat vodním prostředím. Vodní prostředí vede teplo o hodně lépe než vzduch. Pro potápěče to není žádná výhoda, ale naopak handicap.

Vedení znamená, že se teplo předává z organismu do okolí, s nímž je organismus v kontaktu, v podobě kinetické energie. Okolím, se kterým jsme v blízkém kontaktu může být židle, podložka a podobně. Proto bychom po náročném fyzickém výkonu neměli ležet na zemi. Okolí může mít charakter pevný, kapalný nebo plynný.

Prouděním (konvekcí)

Přenos tepla prouděním je umožněn pohybem molekul tekutiny (vody), nebo plynu (vzduchu). Voda bude podrobně probrána v dalších kapitolách.

Kolem našeho těla se tvoří tenká vrstvička teplého vzduchu (vrstvička izolace). Vlivem proudění se teplý vzduch vymění za studený. K větším tepelným ztrátám tímto způsobem dochází při větru (silném proudění vzduchu). Tento princip funguje i ve vodním prostředí. Je to další negativní jev pro potápěče. Podle Bartůňkové (2006) je takto odváděno 7 – 17 % tepla.

Odpařováním – pocením (evaporací)

Odpařování je nejúčinnější způsob výdeje tepla. Je to zároveň jediný způsob, který funguje i když je teplota okolí vyšší než teplota těla. Dá se tedy říct, že je to způsob nejdůležitější. Jak už napovídá název, jedná se zde o odpařování potu.

Pot je vyloučen na kůži a na jejím povrchu mění skupenství z kapaliny na páru. Tím odebírá kůži určité množství tepla. Podle Bartůňkové (2006) se takto uvolňuje 20-27 % tepla. Odpařování je limitováno vlhkostí vzduchu. Čím větší je vlhkost vzduchu, tím menší je účinek pocení. Typickým příkladem jsou deštné pralesy, kde vlhkost vzduchu dosahuje 90 %. Při takové hodnotě se pot nemůže odpařovat a musí nastoupit jiný způsob výdeje tepla. Podobný případ nastává opět u potápění. Člověk je ve vodním prostředí, to znamená 100 % vlhkost. Je tedy jasné, že odpařování nemůže fungovat. To ale potápěče vůbec netrápí, neboť alespoň nedochází k dalším ztrátám tepla, které jsou už tak dost velké. Může dojít pouze k přehřátí.

„Výdej tepla odpařováním stoupá jak při zvyšující se intenzitě zatížení, tak i při stoupající teplotě zevního prostředí“ (Havlíčková a kol., 1997).

Existuje několik typů pocení v závislosti na příčině. Hlavním z nich, o kterém zde byla řeč, je pocení termické, tedy způsobené teplotou. Jiným druhem je pocení emoční. A posledním je kombinace obou typů, pocení námahové. Při fyzické zátěži na nás působí jak zvýšená teplota, tak i stres, který rovněž přispívá k pocení.

V činnosti i ve výskytu, z hlediska četnosti, potních žláz nacházíme mezi jedinci rozdíly. Jsou to takzvané interindividuální rozdíly. Někteří jedinci mají potních žláz více, jiní méně.

Další rozdíly v pocení jsou způsobeny úrovní trénovanosti nebo také aklimatizace na horké prostředí. U trénovaných jedinců nastupuje pocení dříve než u netrénovaných. Mění se i složení potu. Při pocení dochází k velkým ztrátám iontů. Trénovaní jedinci mají v potu méně iontů. Tím je zabráněno jejich nadměrné ztrátě a s tím spojenému narušení homeostázy.

Tabulka č.2: Složení potu u trénovaných a netrénovaných (Bartůňková, 2006)

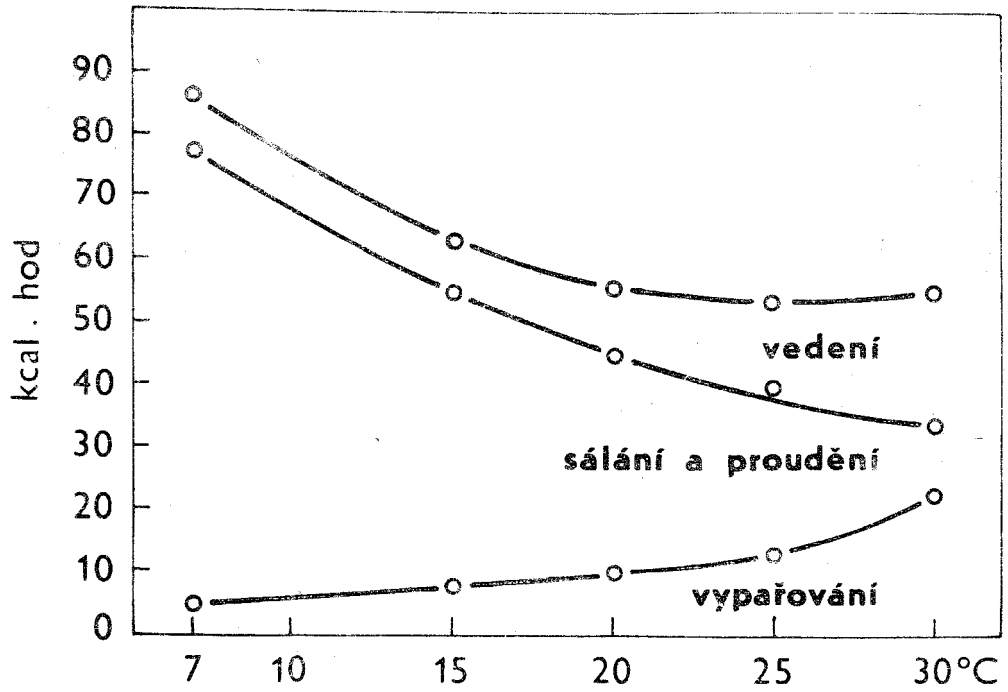
Muži	netrénovaní	Na^+ (mmol.l^{-1})	Cl^- (mmol.l^{-1})	K^+ (mmol.l^{-1})
Muži	netrénovaní	90	60	4
	trénovaní	35	30	4
Ženy	netrénované	105	98	4
	trénované	62	47	4

Kromě potu se odpařuje také tekutina z plic a sliznic. „Za normálních podmínek takto ztrácíme kolem 400 – 800 ml tekutiny denně“ (Martiník, 2007). Při potápění je opět hodnota zvýšená. Dýchání suchého vzduchu způsobuje mnohem větší odpařování a je zde velké nebezpečí dehydratace. Proto je nesmírně důležité tělo při tomto sportu hydratovat, dodržovat pitný režim a některé stravovací zásady.

„Zbytek tělesného tepla se ztrácí ohříváním vzduchu při dýchání, odstraňováním odpadních produktů (moč, stolice), a malé množství tepla se spotřebuje k ohřívání studených pokrmů v žaludku“ (Áč a kol.,1972). „Ztráty tepla dýcháním se zvyšují v závislosti na frekvenci dýchání (polypnoe), při zvýšení celkového metabolismu prací a chladovou termogenezí“ (Jánský, 1990).

„Při různě velké produkci tepla se výdej zářením a vedením téměř nemění, při stoupající teplotě okolí se množství tepla odváděného těmito způsoby dokonce snižuje“ (Havlíčková a kol., 1997).

Graf č.4: Vliv teploty okolí na různé cesty tepelných ztrát z těla člověka (Jánský, 1990)



2.3. Typy termoregulace

Z hlediska tvorby a výdeje tepla dělíme termoregulaci na chemickou a fyzikální.

2.3.1. Chemická termoregulace

Termoregulace chemická představuje mechanismy tvorby tepla. Jsou to mechanismy aktivované chladem. Přeměňuje chemickou energii na teplo. Chemická energie je uložena v makroergních fosfátech, ATP,CP, a odtud je chemickou termoregulací měněna na teplo.

Pokud chceme zvýšit tělesnou teplotu, musíme udělat dvě věci, jednak **snížit výdej tepla** a na druhé straně **zvýšit jeho tvorbu**. To mají na starosti Mechanismy aktivované chladem.

Mechanismy aktivované chladem

a) Snížení výdeje tepla provádí organismus několika způsoby:

Vasokonstrikce cév

Jak už bylo řečeno, hlavní přenos tepla zajišťuje krev. Je to nejdříve přenos tepla z jádra ke slupce a poté ze slupky do okolí. Proto dojde při nedostatku tepla ke stažení cév – vasokonstrikci. Tím se sníží průtok krve a tím pádem i množství přenášeného tepla.

Schoulení

Když nám je zima, snažíme se co nejvíce zmenšit povrch těla, choulíme se do klubíčka. Se snížením povrchu těla se sníží odvod tepla prouděním. Teplo se odvádí z menší plochy, a proto je ho odváděno méně. To je problém pro lidi s nadváhou a obezitou, protože mají větší povrch těla.

Piloerekce

Piloerekce, nebo-li husí kůže, je významnější u zvířat než u člověka. Znamená to postavení chlupů. Mezi chlupy se vytvoří vrstvička vzduchu, která slouží jako izolace. U zvířat je samozřejmě účinnější, neboť mají chlupů podstatně více a vrstva teplého vzduchu se tím pádem lépe udrží.

b) Zvýšení tvorby tepla probíhá také více způsoby:

Zvýšení svalové činnosti

V kapitole tvorba tepla se hovoří o tom, že při aktivní práci svalů se tvoří až 20x více tepla než když je organismus v klidu. Zvýšením svalové činnosti tedy rozumíme aktivní svalovou práci - pohyb nebo svalový třes. Tyto funkce jsou řízeny somatomotorickým nervovým systémem.

Zvýšení adrenalinu, noradrenalinu a tyroxinu

Všechny tyto hormony zvyšují metabolismus buněk, tím vzniká větší množství odpadního tepla. Sekreci hormonů do krve řídí autonomní nervový systém.

Hlad

Pocit chladu v nás podněcuje chuť k jídlu. Přijímáním potravy získáváme energii a ta může být dále přeměněna na teplo. Pokud ale přijímáme víc energie než jsme schopni vydat, ať už na tvorbu tepla nebo na aktivní činnost, dochází k jejímu ukládání v podobě tuků. Tím je způsobená obezita.

Chemickou termoregulaci můžeme dále dělit na třesovou a netřesovou.

Třesová termoregulace

„Je zajišťována spinálním a supraspinálním motorickým systémem. Centrum v hypotalamu zvýší svalový tonus, dochází ke střídavému uplatnění napínacího reflexu u agonistů a antagonistů, vzniká tak svalový třes“ (Bartůňková, 2006).

Netřesová termoregulace

„Je zprostředkována přes sympatickou nervovou soustavu. Dochází ke zvýšení buněčného metabolismu (zejména cukrů a tuků) prostřednictvím noradrenalinu. Aktivují se mastné kyseliny, které umožňují odpojení oxidačních fosforylací v mitochondriích, netvoří se ATP, ale teplo“ (Bartůňková, 2006).

2.3.2. Fyzikální termoregulace

Termoregulace fyzikální zajišťuje výdej tepla. Zajišťuje ho způsoby zmíněnými v kapitole výdej tepla. Jsou to: vyzařování, vedení, proudění a opařování.

Stejně jako u termoregulace chemické jsou zde dva hlavní úkoly. Prvním z nich je **zvýšení výdeje tepla** a druhý je **snížení jeho tvorby**. To mají na starosti mechanismy aktivované horkem.

Mechanismy aktivované horkem:

a) Zvýšení výdeje tepla:

Vasodilatace cév

Funguje na opačném principu než vasokonstrikce. To znamená, že se cévy vasodilatují, roztáhnou se, a tím se zvýší průtok krve a s ním i množství přenášeného tepla, které je vydáváno do okolí. „Uvádí se, že vasodilatací se zvýší výdej tepla do okolí až 8x“ (Martiník, 2007).

Pocení s odpařováním potu

Viz. kapitola výdej tepla.

Polypnoe

Polypnoe nebo-li zrychlení dechu také významně přispívá k výdeji tepla. Dýcháme rychleji, tím pádem ohříváme více vzduchu, a tím ztrácíme více tepla.

b) Snížení tvorby tepla:

Funguje jako přesný opak zvýšení tvorby tepla. Patří do ní:

Snížení svalové činnosti
Snížení adrenalinu, noradrenalinu a tyroxinu
Nechutenství

2.4. Termoregulace u kojence

Novorozenci nemají ještě vyvinutou schopnost třesové termoregulace. Mají relativně velký povrch těla vzhledem k jeho objemu a menší izolační tukovou vrstvu. Proto je u nich větší riziko podchlazení. Jako doplněk tvorby tepla jim slouží **netřesová termogeneze** zajišťovaná hnědou tukovou tkání. Hnědá tuková tkáň se vyskytuje na šíji, nad hrudní kostí a mezi lopatkami a kolem důležitých orgánů. Funguje na principu netřesové termoregulace. Tento způsob tvorby tepla, tedy využití hnědé tukové tkáně je funkční asi do půl roku života. Ideální teplota prostředí pro novorozence je o něco vyšší než u dospělých jedinců, 32 – 34 °C.

Dalším problémem u kojenců je, že neumí ztrácet teplo pocením. Nemají ještě vyvinuty receptory v potních žlázách. „Normální novorozenci se potí jen na hlavě, předčasně narození se nepotí vůbec“ (Jánský, 1990).

2.5. Termoregulace starších lidí

Staří lidé postupně ztrácejí schopnost řídit tělesnou teplotu. „To se děje především u lidí starších 70ti let v důsledku zhoršení autonomních a behaviorálních odpovědí. Zatímco mladí jedinci jsou schopni rozlišit změny teploty vzduchu v rozsahu 1 °C, starší lidé reagují až na změnu o 2,5 °C. Proto u nich často dochází k podchlazení“ (Jánský, 1990). Zde se opět musím zmínit o potápění. Každý potápěč starší 40ti let je povinen absolvovat pravidelné lékařské vyšetření. Starší lidé mají také zhoršenou schopnost vazokonstrikce a třesovou termoregulaci. „Snižuje se u nich i produkce potu. Počet potních žláz je však zachován“ (Jánský, 1990).

2.6. Termoregulační chování

Termoregulační chování je chování člověka, kterým napomáhá termoregulaci chemické a fyzikální. Je to chování naprosto vědomé a cílené. Člověk si tak zpříjemňuje pobyt v prostředí, ve kterém se vyskytuje.

Díky termoregulačnímu chování, může fungovat v nepříznivých až extrémních podmínkách. Například na horách využíváme spoustu termoregulačního oděvu jako tepelnou izolaci. Polární výpravy nebo jiné sporty prováděné v mrazivých podmínkách by bez technologie vyrobené právě k těmto účelům nemohly existovat. Opět se sem řadí i potápění. Aby mohli potápěči prodloužit svůj pobyt ve vodním prostření, využívají různé izolační obleky, zahřívací pomůcky.

Samozřejmě nejde jen o podporu termoregulace v chladu. I v horkém počasí a vysokých teplotách si člověk vytvořil technologie, které mu pobyt v horku usnadňují, zpříjemňují.

Do termoregulačního chování patří oblékání, vytápění, tepelná izolace, větrání a další.

2.7. Termoregulace při fyzickém zatížení

Při fyzickém zatížení se zvyšuje metabolismus a tím i tělesná teplota a tím samozřejmě i nároky na termoregulaci. Tělo se musí nějak vypořádat s nadměrným množstvím tepla.

Termoregulaci při zatížení můžeme rozdělit na tři části:

1) snížení kožní teploty
2) zvýšení kožní teploty
3) snížení kožní teploty

„Na začátku práce dochází v rámci redistribuce k přesunu krve k činným orgánům (svalům) při současné vasokonstrikci kožního cévního řečiště“ (Havlíčková a kol., 1997). Kožní teplota tedy nejdříve klesá a teplo je využíváno k práci svalů.

Později, když už jsou svaly a jádro zahřáté, je třeba teplo odvádět pryč, aby se organismus nepřehřál. „Teplo vznikající ve svalech se přenáší krví k povrchu těla a kožní cévy se opět rozšiřují – vasodilatují. Díky výraznému prokrvení kožní teplota stoupá“ (Havlíčková a kol., 1997).

V poslední části je vzestup kožní teploty přerušen pocením. Kůže se tedy znovu ochlazuje vlivem odpařování potu.

„Po skončení výkonu teplota jádra rychle klesá (po 1-2 minutách). Proto je třeba zabránit zvýšeným ztrátám tepla odváděním. Při sezení, ležení na zemi po výkonu hrozí nebezpečí prochlazení“ (Havlíčková a kol., 1997).

2.8. Řízení termoregulace

Termoregulace je stejně jako všechny ostatní životní funkce řízena z mozku. Jejím přesným centrem je mezimozkek, konkrétně hypotalamus – area praeopatica. „Hypotalamus je termostat nastavený na 37 °C“ (Bartůňková, 2006). Porovnává aktuální hodnotu jádra s náležitou (37 °C). Pokud se teplota jádra sníží nebo zvýší, to

znamená, že dojde k nějaké odchylce, spustí termoregulační mechanismy. Informace o tělesné teplotě dostává z termoreceptorů. „Jsou to tepelné senzory, detektory teploty, důležité pro fungování zpětnovazebního systému“ (Martiník, 2007). „Tyto receptory vnímají buď vzestup teploty nad normální úroveň – **teplové receptory**, nebo její pokles pod normální úroveň – **chladové receptory**. Uvádí se, že existují i receptory vnímající současně obě modality (teplo i chlad)“ (Jánský, 1990).

Z hlediska umístění existují **termoreceptory centrální** a **termoreceptory periferní - kožní.**

Termoreceptory centrální

Tyto senzory jsou umístěny, jak napovídá název, v tělesném jádru – centru. Některé jsou v samotném hypotalamu, jiné v cévách. Registrují teplotu jádra.

Termoreceptory periferní

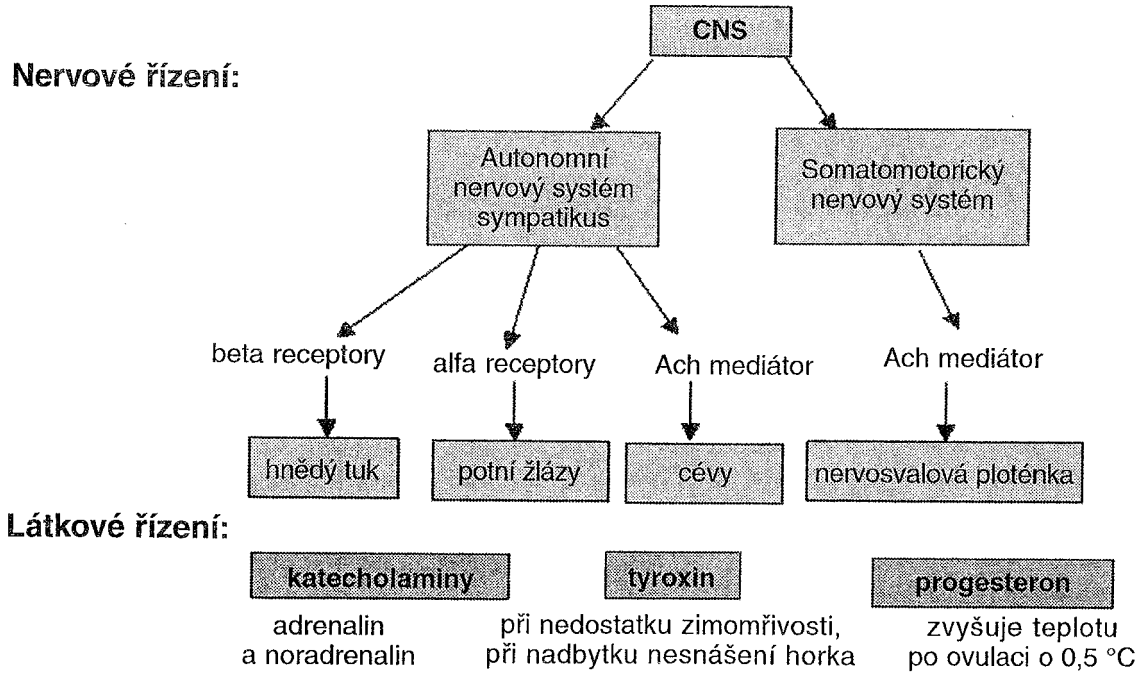
Můžeme je rozdělit na periferní hluboké, nacházející se v míše, dutině břišní, kolem velkých cév, a periferní povrchové. Periferní povrchové najdeme v kůži. Mají tedy přímý kontakt s okolním prostředím.

„Kožní receptory jsou koncentrovány do teplových a chladových bodů, které mají plochu menší než 1 mm². Jsou nerovnoměrně uloženy po celém těle. Nejvíce je jich na obličeji (rtech). Zde najdeme 16-19 chladových bodů / cm². Na ruce je 1-5 chladových bodů / cm² a jen 0,4 teplových bodů / cm². Na periferii těla se tedy nacházejí především chladové body“ (Jánský, 1990).

„Další centrum tvorby a výdeje tepla je také v prodloužené míše“ (Bartůňková, 2006).

Řízení tělesné teploty je dvojího druhu, **nervové** a **látkové**.

Obrázek č.4: Řízení tělesné teploty (Bartůňková, 2006)



2.9. Vliv zvýšené teploty okolního prostředí

„Při práci v horku se zvyšuje tělesná teplota. Dochází k dilataci kožního řečiště. Na venózním návratu se podílejí především povrchové žíly, které jsou rovněž dilatovány. Vedení tepla tkáněmi stoupá, stoupá i teplota kůže. Jeli-li teplota okolí nižší než teplota kožní, dochází ke ztrátám tepla vedením a zářením. Přesáhne-li však teplota okolí kritickou hranici, začnou se aktivovat potní žlázy“ (Havlíčková a kol., 1997). Tyto způsoby výdeje tepla již byly popsány v kapitole Výdej tepla.

Jestliže se člověk často vyskytuje v prostředí se zvýšenou teplotou, začíná si na ni zvykat. Respektive si na ni zvyká jeho organismus a termoregulační mechanismy. Delší pobyt v teplém prostředí vede k **aklimatizaci na teplo**. Další příčinou aklimatizace je

adaptace organismu na práci v teple. Tělesná teplota se tak zvyšuje prací i teplotou okolí.

V horkém prostředí často může dojít k dehydrataci. Podle Havlíčkové a kol. (1997) se ztráty vody pohybují v rozsahu 1 až 5 litrů za hodinu. „Větší ztráty vznikají v prostředí s velkou vlhkostí (v tropech, subtropech, v našich zemích v menší míře před bouřkou). Při ztrátách vody činících 2 % tělesné hmotnosti se dostavuje pocit žízně. U trénovaných jedinců se pocit žízně dostavuje rychleji než u netrénovaných. Při ztrátách 4 % hmotnosti (asi 4 l vody) klesá diuréza, objevuje se slabost, zvýšená dráždivost až agresivita. I když klesá výkon, není tělesná a psychická výkonnost ještě vážně narušena. Přesáhnou-li však ztráty vody více než 6 % hmotnosti, dochází k přerušení výkonu. Přestože se ztrácí hypotonická tekutina, nastávají při pocení také ztráty iontů, převážně Na+, Cl-, Mg++ a K+. Při ztrátách činících 0,5 g/kg hmotnosti (35 g soli) se objevuje únava, slabost, závratě a lehké křeče. Při ztrátách 0,5 - 0,75 g/kg (35 – 53 g soli) se objevuje nausea (pocit na zvracení), hypotenze, křeče a je možný kolaps (mdloba), který se dá zvládnout polohováním vleže. Při ztrátách větších než 0,75 g/kg (více než 53 g soli) nastává těžká hypotenze s kolapsem (pokles systolického krevního tlaku pod 8 kPa, tj. 60 torrů).

2.9.1. Aklimatizace na teplo

„Adaptace na teplo představuje zlepšení tepelné regulace“ (Bartůňková, 2006). Projevuje se zvýšenou efektivitou termoregulačních mechanismů. Při stejné intenzitě zatížení má adaptovaný jedinec zvýšené pocení, nižší teplotu a nižší oběhovou reakci (nižší srdeční frekvenci). Při vyšší teplotě okolí se adaptovaní jedinci začínají potit dříve při nižším stupni tělesné teploty a jsou po delší dobu schopni podávat sportovní výkony.

„Již samotný trénink při normální teplotě okolí (15 – 20 °C) zvyšuje odolnost proti horku. Avšak pouze tehdy, stoupá –li při tréninku tělesná teplota“ (Havlíčková a kol., 1997).

Jiná situace je opět u potápění a plavání, neboť jsou provozovány ve vodě. Adaptace na teplo se nemůže dostavit, protože tělesná teplota při tréninku nestoupá vlivem chladné vody.

Adaptace se dostavuje až po nějaké době expozice. Havlíčková a kol. (1997) uvádí, že nastupuje po 8-10 dnech, s podmínkou, že je vypocená tekutina doplňována. Množství vody v těle se tímto způsobem zvyšuje o 2 %. Tyto 2 % vody navíc se využijí pro termoregulaci – pro zvýšené pocení. Jak je vidět, všechny popsané jevy spolu nesmírně souvisí a vzájemně se ovlivňují. Adaptace na teplo po nějaké době, co se nevyskytujeme v teplém prostředí, mizí. Podle Havlíčkové a kol. (1997) je to po 2-3 týdnech.

„Bylo zjištěno, že toleranci na práci v teple zvyšuje vyšší přísun vitaminu C“ (Havlíčková a kol., 1997).

Pro aklimatizaci jsou charakteristické tyto jevy:

1) Zvýšená sekrece potu
2) Snížený obsah iontů v potu
3) Rychlejší nástup pocení
4) Dřívější pocit žízně
5) Nižší tělesná teplota

Zvýšená sekrece potu

Sekrece potu stoupá s teplotou okolí a se stupněm adaptace organismu na teplo. Stoupá také se stupněm trénovanosti. U osob trénovaných a aklimatizovaných na vysokou teplotu okolí nastupuje pocení rychleji, tím umožňuje našemu organismu rychlejší ochlazení, snížení tělesné teploty, která v těchto podmínkách roste.

Snížení obsahu iontů v potu

„Adaptace na teplo spolu s adaptací na fyzické zatížení vede ke snížení koncentrace iontů v potu, zejména Na a Cl, přestože se intenzita pocení zvyšuje“ (Havlíčková a kol., 1997).

Rychlejší nástup pocení

Viz kapitola Ztráty tepla.

Dřívější pocit žízně

U adaptovaných a trénovaných osob se pocit žízně dostavuje rychleji. Je to stejné jako s nástupem pocení. Jestliže má jedinec žízeň dříve, hrozí mu menší riziko dehydratace. Tím, že se napije, doplňuje vodu a tím umožňuje organismu větší pocení.

Nižší tělesná teplota

Osobám trvale nebo po určitý čas vystaveným vysoké teplotě prostředí se postupem času snižuje tělesná teplota. Posunují se tedy hranice tepelné pohody směrem k vyšším hodnotám. Organismus si zvykne na podmínky ve kterých žije a nemusí tolik aktivovat regulační mechanismy při vyšší teplotě prostředí. Například člověk žijící v Africe, má teplotní pohodu a optimální tělesnou teplotu v rozmezí jiných hodnot než třeba Eskymák, který je vystaven nízkým teplotám okolí.

2.10. Vliv snížené teploty prostředí

Při práci v chladném prostředí se tělesná teplota snižuje. Organismus se musí vyrovnat s poklesem tělesné teploty. Dochází k vasokonstrikci kožního řečiště a tím k zamezení ztrátám tepla sáláním a vedením. „Nejvýrazněji se projevuje na prstech rukou a nohou, kde je pozorována až stonásobná změna v prokrvení“ (Havlíčková a kol., 1997). Vedení tepla tkáněmi klesá, klesá i teplota kůže. Všechno tedy funguje jako přesný opak vlivu teplého prostředí.

V chladném prostředí se nejprve zvyšuje teplota jádra. Teplota kožní se začíná zvyšovat, teprve když je jádro již zahřáté. Teplota jádra je pro organismus o mnoho důležitější, neboť v jádru nacházíme všechny orgánové soustavy, které by mohly být chladem poškozeny. V akrálních partiích může dojít k lokálnímu poškození chladem na úkor zahřívání jádra. Ve srovnání je to však o mnoho menší porucha. Při pobytu v chladném prostředí tedy častěji dochází k místnímu poškození a omrznutí než

k celkovému podchlazení. Jiný případ je opět potápění, kde prochládá celý organismus. Dochází tedy k celkovému podchlazení, což je mnohem více životu nebezpečné.

„Chladový podnět zvyšuje cévní odpor, tedy i krevní tlak a může vyvolávat i stahy koronárních cév“ (Havlíčková a kol., 1997).

„Chladová expozice ovlivňuje některé fyziologické funkce. Mírně zvyšuje srdeční frekvenci, více systolický objem srdeční a tedy i minutový objem srdeční. Zvyšuje i spotřebu kyslíku (důležitý jev pro potápění) a arteriovenózní diferenci. Nízké teploty -5 až -20 °C vedou k poklesu svalové síly, k omezení schopnosti podat vytrvalostní výkon. Příčinou bývá pokles aktivity oxidativních enzymů. Expozice extrémního chladu tedy zkracuje dobu podávaného výkonu“ (Havlíčková a kol., 1997).

Chlad lépe snášejí jedinci s větším množstvím podkožního tuku. Podkožní tuk funguje jako izolační vrstva a zpomaluje výdej tepla do okolí. Obézní jedinci proto snášejí chlad lépe než hubení. Dalo by se tedy říct, že potápění je pro obézní jedince vhodný sport. Na druhé straně, Martiňák (1977) uvádí, že: „Klesá-li teplota, organismus se nejprve ohřívá spalováním cukrů“. Pro obézní jedince je důležité spalovat tuky, ne cukry.

Stejně tak snášejí chlad lépe mladší osoby než osoby starší. Starší lidé mají nižší stupeň metabolismu a horší schopnost vasokonstrikce cév. Jiný případ je u malých dětí, jak už bylo popsáno v kapitole Chemická termoregulace-termoregulace u kojence.

Jestliže se člověk často vyskytuje v prostředí se sníženou teplotou, začíná si na ni zvykat. Stejně tak jako si organismus zvyká na teplé prostředí. Delší pobyt v chladném prostředí vede k **aklimatizaci na chlad**.

2.10.1. Aklimatizace na chlad

Aklimatizace na chlad slouží k lepšímu subjektivnímu pocitu a k ulehčení života v chladných podmínkách. Trvá však nějakou dobu než se aklimatizace vytvoří, to znamená, že musíme v chladných podmínkách nějakou dobu žít, než si na ně zvykneme nebo se jim opakovaně vystavovat.

Potápění je opět výjimkou. Potápěč provádí svou činnost v chladné vodě, ale nemůže v ní být souvisle 2 týdny, což by byla zhruba doba potřebná k aklimatizaci. Určitou aklimatizaci však pociťuje. Zvyká si na chladnou vodu, ale v menším rozsahu. Získává

aklimatizaci přivykáním (habituace). U potápěčů se často tvoří tuková vrstva, sloužící jako tepelná izolace.

Mezinárodní komise pro termální fyziologii rozdělila chladovou adaptaci do čtyř skupin:

1) aklimatizace genetická
2) aklimatizace na komplex sezónních a klimatických změn
3) aklimatizace na jeden faktor prostředí
4) přivykání (habituace) – zmenšení reakcí či citlivosti na opakované podněty

(Bartůňková, 2006)

Lidé aklimatizovaní na chlad mají :

1) snížené vedení tepla tkáněmi
2) snížení třesu
3) pokles produkce tepla
4) zpožděný vzestup tvorby tepla
5) snížení teploty končetin
6) zvýšení izolace

Snížené vedení tepla tkáněmi

Snížené vedení tepla přes tkáně sníží množství tepla přiváděného z tělesného jádra ke kůži a tím z kůže do okolí. Jednoduše řečeno snižují se ztráty tepla.

Snížení třesu

Člověk aklimatizovaný na chlad bude pociťovat chlad později. Například místo při 5 °C pocítí zimu až při 0 °C. Třesová termoregulace se tedy spustí později.

Pokles produkce tepla

Pokles produkce tepla souvisí se snížením třesu. Člověku není taková zima, proto nemá potřebu tvořit si více tepla. Navíc tak šetří energii. Čím více tepla vytvoří, tím víc ho vydá do okolí.

Zpožděný vzestup tvorby tepla

Opět se opakuje, že je člověk zvyklý – adaptovaný na chladnější podmínky, a proto začíná teplo tvořit později.

Snížení teploty končetin

V končetinách dochází k menšímu prokrvení, aby se zamezilo ztrátám tepla. Výjimkou je lokální adaptace. Končetiny dokáží snížit svou teplotu až na úroveň okolí.

Celkové snížení tělesné teploty

„I tímto způsobem se může projevit adaptace na chlad. Poklesem tělesné teploty klesne i rozdíl teplot mezi tělem a okolím, a tak tělo nemusí tolik topit. I jeho energetické ztráty jsou tedy nižší. To se rovněž projeví při hladovění. Již po pěti dnech může dojít k poklesu tělesné teploty“ (Sieger, 2006).

Zvýšení izolace

Zvýšením izolace rozumíme vytvoření si větší tukové vrstvy, která má dobré izolační vlastnosti. Teplo přes ni špatně prochází do kůže a tím pádem i do okolí. Výhodu mají v tomto směru obézní lidé, kteří mají silnou tukovou vrstvu a snášejí nižší teploty lépe.

Výjimkou je lokální adaptace. Jestliže někdo pracuje v chladném prostředí a má ruce vystavené chladu, pak se u něj po čase vytvoří lokální adaptace na chlad. Jinak se jí říká

i „účelová adaptace“. Ruce budou mít vyšší prokrvení kůže. Bude docházet k větším ztrátám tepla, ale díky lepšímu prokrvení bude možná lepší pracovní výkonnost.

Člověk může mít buď zvýšený metabolismus (častější), to znamená, že při pocitu chladu bude práce organismu vyšší a tím se vytvoří více tepla, nebo snížený metabolismus (snížená vnímavost chladu), tím se omezí ztráty tepla. Buď si vytvoříme tepla více a více ho také ztratíme, nebo ho méně vytvoříme a méně ztratíme.

Všechny jevy byly popsány jako pravý opak v kapitole Vliv zvýšené teploty prostředí a Aklimatizace na teplo.

2.11. Poruchy termoregulace

Ne na všechny přírodní podmínky naše termoregulační mechanismy stačí. „V situacích, ve kterých tepelné nároky prostředí přesáhnou regulační možnosti organismu, se tělesná teplota buď zvyšuje, pak hovoříme **o přehřátí**, nebo snižuje, což je stav označovaný jako **podchlazení**“ (Dobeš, 2005). Můžeme tedy říct, že náš organismus se nevyrovná buď s příliš vysokou teplotou, nebo příliš nízkou. „Příkladem první situace může být vliv práce svalů, příkladem druhé pobyt v chladné vodě“ (Dobeš, 2005). Pro tuto práci má zásadní význam hypotermie - podchlazení organismu. Hypertermii proto popíši jen stručně, pro přehled.

Zvýšené riziko obou těchto poruch nastává u dětí, starších osob a osob s kardiovaskulárním onemocněním a jinými vážnými onemocněními.

2.11.1. Přehřátí organismu - Hypertermie

Příčiny vzniku hypertermie vyplývají z kapitol výše, proto je již zde nebudu rozebírat. Popíši jen rozdíl mezi horečkou a ostatními hypertermiemi.

Při horečce nastávají specializované změny v řízení tělesné teploty. „Horečkou postižení jedinci řídí tělesnou teplotu jinak, než jedinci zdraví“ (Jánský, 1990). Ostatní hypertermie nastávají během usilovné práce, za stresových podmínek nebo při pobytu v horkém prostředí. „Podstatou ostatních hypertermií je dočasná nedostatečnost

výkonných termoregulačních procesů na periferii (pocení, vasomotorika), zatímco podstatou horečky je změna činnosti centrálních regulačních dějů“ (Jánský, 1990).

Přehřátí můžeme rozdělit na více druhů:

1) Vyčerpání z horka
2) Úžeh
3) Úpal
4) Horečka

Vyčerpání z horka a úpal je problém i pro potápěče. Může se zdát, že s horkem se při potápění nemusíme zaobírat. Při potápění v horkých mořských oblastech musíme dávat na horko pozor. Platí to však i pro naše podmínky. Potápěči jsou vystaveni horku před ponorem. Proto by se měli zdržovat ve stínu, dodržovat pitný režim, aby nedošlo k dehydrataci. Těsně před samotným ponorem, tím myslím už samotné oblékání izolačního obleku a výstroje, by se potápěč měl zdržovat na sluníčku nebo se vystavovat horku jen po dobu nezbytnou k přípravě. „Potápěčským oblekem se nemůže odpařovat pot. Tělo se tak příliš zahřeje, což může vést až k vyčerpání horkem a úpalu“ (Schinkovi, 2007)

Je tedy několik zásad, které by se měly dodržovat. „Při oblékání potápěčské výstroje přizpůsobit tempo partnerovi, aby se zabránilo zbytečnému čekání. Nenosit potápěčský oblek dlouho před ponorem ani po něm, případně ho vydatně navlhčit a zdržovat se ve stínu. Je nutné vyhnout se náročným pěším přesunům s plnou výstrojí a dlouhému čekání na zbytek skupiny“ (Schinkovi, 2007)

Pokud už k přehřátí dojde, je nezbytné znát první pomoc. „Postižený se musí co nejdříve zchladit na dobře větraném stinném místě. Musí si svléknout potápěčský oblek (pokud jde o potápěče), postříkat se studenou vodou, eventuálně přikládat studené obklady, které je nutné stále vyměňovat. Měl by ponořit lýtka nebo předloktí do studené vody. Podle stavu vědomí uložíme postiženého do stabilizované polohy na boku“ (Schinkovi, 2007).

2.11.2. Podchlazení organismu – Hypotermie

Jak už víme z předchozích kapitol, podchlazení vzniká přílišnými ztrátami tepla a vlivy chladného prostředí. Výdej tepla z těla převažuje nad jeho tvorbou a tím klesá tělesná teplota. Pokud klesne příliš, nastává podchlazení organismu. Jinými slovy je podchlazení neboli hypotermie stav, kdy teplota organismu poklesne pod úroveň potřebnou pro běžný metabolismus a fungování.

Podchlazení můžeme rozdělit podle více faktorů. Podle místa působení ho dělíme na **celkové** a **místní**. Podle příčiny vzniku na **akutní** a **chronické**.

Podchlazení podle příčiny vzniku:

Akutní podchlazení

Akutní podchlazení vzniká prudkým ochlazením organismu během několika sekund nebo minut. Dochází k prudkému snížení tělesné teploty. Nejčastěji se tak stává pádem do ledové vody (prolomení ledu). Dalším příkladem může být pád do ledovcové trhliny.

Nejprve nastává vasokonstrikce cév, aby se zamezilo ztrátám tepla. Chlad vyvolá svalový třes, který je v tomto případě dost bolestivý. Svalovým třesem se rychle vyčerpají zdroje energie, protože ochlazení je příliš velké. Zrychluje se dechová frekvence, tepová frekvence. Postižený je nejdříve neklidný a úzkostný. Doporučuje se raději se nehýbat, aby nedošlo k dalším zbytečným ztrátám tepla. Později začne být postižený unavený a apatický. Po 12ti až 15ti minutách nastává smrt. Smrt může nastat i okamžitě po pádu v důsledku poruchy srdeční činnosti (reflexní porucha srdečního rytmu).

Akutní podchlazení je o mnoho více nebezpečné než podchlazení chronické.

Chronické podchlazení

Chronické podchlazení je pozvolná a obvyklejší forma podchlazení. Dochází k němu při působení chladu na organismus po delší časové období. Tělesná teplota se snižuje

postupně a organismus má tak větší možnost využít svých termoregulačních mechanismů.

„Příčinou bývá kombinace fyzického vyčerpání a nepříznivých klimatických podmínek (vítr, zima, vlhko), nedostatečné nebo nevhodné oblečení, ztráta tělesných tekutin a cukru, nedostatečná výšková aklimatizace, těžší poranění se ztrátou krve, ale také požití léků a alkoholu“ (Sekyrová, 2001). Důležitou roli hraje také trénovanost, podkožní tuk, výživa, psychický stav.

Jak bylo napsáno, k chronickému podchlazení dochází při působení chladu na organismus po delší časové období a tělesná teplota se snižuje postupně. Řadíme sem podchlazení celkové a místní.

Podchlazení podle místa působení:

Celkové podchlazení

Vzniká dlouhodobým působením chladu na celý organismus. Tělo prochládá jako celek včetně tělesného jádra. Stává se tak často u potápěčů.

Nejprve prochládá periferie a jádro si po co nejdelší dobu snaží udržet svou optimální teplotu. Později však klesá i teplota tělesného jádra. Podchlazení je definováno jako pokles teploty tělesného jádra pod určitou hodnotu. Nejčastěji uváděná hodnota v literatuře je pokles teploty tělesného jádra pod 35 °C.

„Celkové podchlazení přímo ohrožuje na životě a jeho léčení má absolutní přednost před ošetřením místního podchlazení – omrzlin“ (Společnost horské medicíny ČR, 2007).

V literatuře najdeme různý popis průběhu tohoto podchlazení. Někde je popisováno pomocí stadií. Ne všude se však stadia shodují. Některá literatura uvádí stádií více, jiná méně, nebo s jinými názvy. Jiná literatura popisuje průběh celkového podchlazení pomocí stupňů Celsia, jiná zase podle příznaků. Vybrala jsem si metodu popisu pomocí stadií:

1. stadium: Obranné reakce (Excitace)

Tělesná teplota se pohybuje kolem 35,5 – 35 °C. Dostavuje se vasokonstrikce a svalový třes jako pokus organismu o tvorbu tepla. Postižený má jasné vědomí, zvýšenou srdeční a dechovou frekvenci.

2. stadium: Mírné podchlazení (Vyčerpání)

Tělesná teplota klesá pod 35 °C. Postižený je stále při plném vědomí, je mu jasně rozumět. Pokračuje silný svalový třes, až bolestivý, zrychlené dýchání a srdeční frekvence. Kůže postiženého modrá, zejména rty, ostatní obličejové části, prsty nohou a rukou.

Tento stupeň podchlazení zažil nejspíše každý. Typickým příkladem je zabloudění v lese na běžkách, kdy padne tma a člověk má jenom slabou větrovku. Jinou možností je nevhodné oblečení, například při lyžování, nebo jen nevhodné oblečení do chladného počasí.

Organismus se dokáže zahřát přesunem do vytopené místnosti a podáváním teplých nápojů. Hospitalizace a odborná lékařská pomoc je nutná jen v případě komplikací.

3. stadium: Těžké podchlazení (Ochrnutí)

Teplota klesá pod 34 °C (34 – 30 °C). Literatura opět uvádí různé hodnoty. Pacient může nejdříve pociťovat vzrušení. Projevuje se klamavým pocitem tepla (selhání chladové vasokonstrikce a zvýšení prokrvení kůže). Pacient paradoxně svléká oděv. Později začne být apatický. „Veškeré palivo je spotřebováno, teplo nelze produkovat a tělesná teplota se dále snižuje“ (Schinckovi, 2007). Mizí třes, postižený začíná mumlat – špatná artikulace, mluvení a myšlení je pomalejší, neuvažuje logicky, ztrácí koordinaci pohybů, padá, žádá o odpočinek. Nastupují poruchy vědomí, postižený usíná, reakce jsou zpomalené, můžou přijít halucinace a dezorientace. Ochabují tělesné funkce. Postižený pociťuje bolest v končetinách, je

bledý, vyčerpaný, nemusí být schopen pohybu. Dochází k angiospazmu. Angiospazmus způsobí křečové stažení krevních cév vedoucích do paží a nohou. Tím má organismus ochránit před dalším ochlazením.

Tento stupeň podchlazení již vyžaduje hospitalizaci a odbornou lékařskou pomoc.

4. stadium: Zdánlivá smrt

V této fázi je těžké poznat, zda postižený ještě žije. Hlavní zásadou tedy je neprohlašovat ho za mrtvého a vyhledat odbornou lékařskou pomoc. Až po zahřátí těla zjistíme, jestli je mrtvý nebo ne, jestli se s podchlazením dokáže vyrovnat. Platí zde pravidlo, že nikdo není mrtvý dokud ho nezahřejeme a není mrtvý.

Postižený je v bezvědomí. V důsledku zpomalení životních funkcí má velmi slabý dech a nehmatný tep. Reakce zornic na světlo jsou pomalé. Může se nám proto zdát mrtvý.

5. stadium: Biologická smrt

Pokud tělesná teplota klesá dál, nastává biologická smrt. Pro každého člověka je to při jiné teplotě. Nejčastěji se uvádí, že je to při poklesu tělesné teploty pod 20 °C. Každý člověk je ale jinak odolný. Proto se tato hodnota nedá přesně určit. Jsou známi případy kdy člověk přežil podchlazení na 10 – 12 °C.

První pomoc při celkovém podchlazení:

První pomoc je nesmírně důležitá. Případy osob, kterým nebyla první pomoc při podchlazení poskytnuta včas, končí fatálně. Je nutné postupovat uváženě a sledovat životní funkce postiženého.

Vždy nejprve zahříváme tělesné jádro, kde jsou uloženy životně důležité orgány. Periferii ohříváme až poté. Musíme si uvědomit, že k ohřátí je třeba několika hodin. Musíme tedy postupovat pomalu a trpělivě. U. S. Navy diving manual (Sládek, 2009) píše, že postiženého zahříváme tak dlouho, dokud se nezačne potit.

Jako první musíme zabránit dalším ztrátám tepla. Postiženého oblečeme do suchého a teplého oděvu, pokud je to možné, přemístíme ho do vytopené místnosti. Pokud zajišťujeme první pomoc venku, používáme různých izolačních pomůcek jako například alu-folie. Je dobré zabránit zbytečným pohybům končetin.

Při lehkém podchlazení podáváme teplé slazené nápoje (slazené proto, aby se doplnily zásoby cukru vyčerpané svalovým třesem). Vhodná je i teplá sprcha.

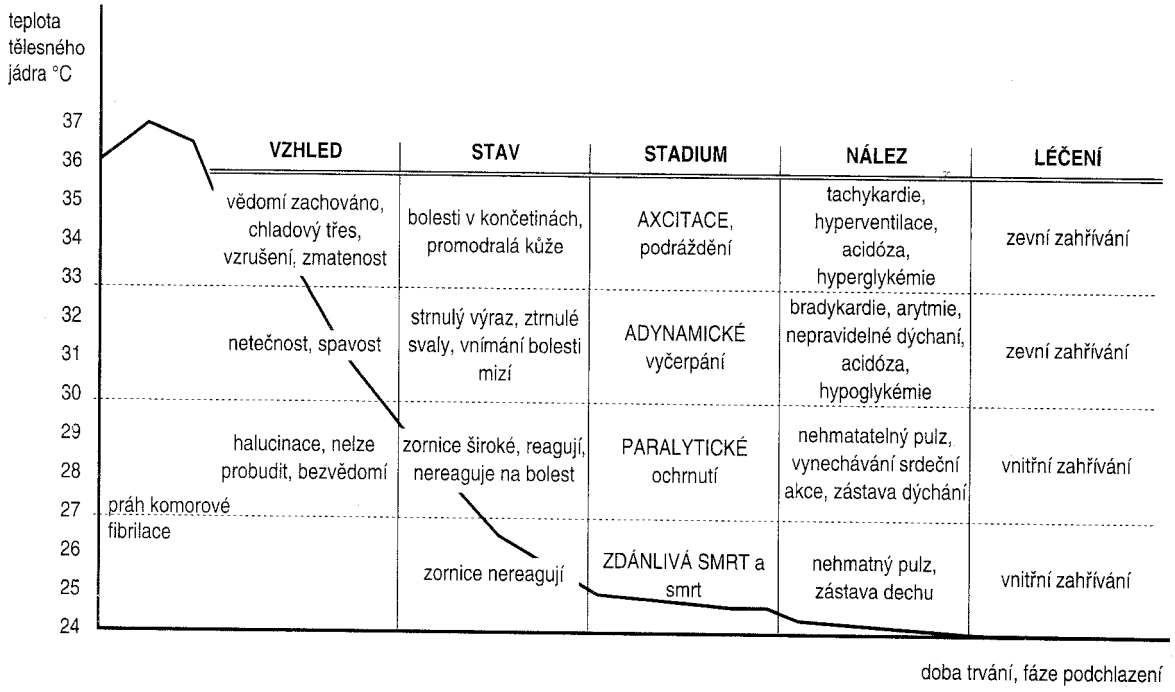
Při těžších formách podchlazení je vždy lepší vyhledat lékařskou pomoc. Postiženého můžeme zabalit do teplých přikrývek nebo zahřát v horké lázni. Musíme ale ponořit do vody jen tělesné jádro. To znamená nechat nejdříve končetiny v chladu, aby se zahřálo jádro, a pak je teprve také ponoříme. Některé zdroje horkou lázeň doporučují, jiné přímo zakazují. Osobně bych se k ní přiklonila, pokud jí provádí odborně vyškolená osoba.

V žádném případě nepodáváme postiženému alkohol nebo kofein, nemasírujeme mu končetiny, neponořujeme ho celého do horké lázně. Alkohol navozuje falešný pocit tepla. Jestliže postiženému masírujeme končetiny, ponoříme ho celého do horké lázně nebo mu podáváme zmíněný alkohol a kofein, uvolní se angiospazmus vyvolaný podchlazením. Studená krev se dostane z periferie do tělesného jádra, tedy do oblasti srdce, plic a mozku. Tím dochází k vážným poruchám a smrti. Hovoříme o „smrti ze zachránění“.

Prevence celkového podchlazení:

Celkovému podchlazení můžeme samozřejmě určitým způsobem předcházet. Důležité jsou pravidelné lékařské prohlídky, tělesná zdatnost, ale i duševní. Dobré je otužování a aklimatizace na chladné podmínky, správná výživa, příjem vitaminů. Pokud víme, že se budeme vyskytovat v podmínkách, ve kterých je riziko podchlazení, je třeba se na ně předem připravit. Zvolit vhodné oblečení, přizpůsobit dobu pobytu v těchto podmínkách, nepodnikat nic sami, mít dobré vybavení a nouzové vybavení. Měli bychom průběžně sledovat svůj zdravotní stav. Důležité je zamezit velkým ztrátám tepla. Nejvíce tepla uniká pokožkou hlavy. Proto bychom měli mít pokrývku hlavy a tyto ztráty omezit.

Graf č.5: Fáze podchlazení, pokles tělesné teploty a opatření první pomoci (Dobeš, 2005)



Lidský organismus snáší mnohem lépe nízké teploty než vysoké. Proto je vyšší pravděpodobnost zotavení při podchlazení než při přehřátí organismu.

Celkového podchlazení se využívá v lékařství při operacích. Organismus se uměle podchladí, tím se sníží metabolismus a základní funkce, na teplotu jádra pod 20 °C i méně. U zvířat dochází k takzvané hibernaci (zimnímu spánku). Jejich tělesné funkce klesnou na minimum a upadají do hlubokého spánku.

Místní podchlazení – lokální

Podle názvu je jasné, že podchlazení působí jen na určitém místě. Prochládá pouze některá část těla, nejčastěji jsou to akrální části, což jsou části okrajové (prsty rukou a nohou, uši, nos, tváře). Akrální oblasti jsou schopné snížit svou teplotu až na úroveň teploty okolí, aby pomohly udržet stálou tělesnou teplotu jádra. Místní podchlazení

tedy způsobuje místní poškození. Tento typ podchlazení si nejlépe představíme ve formě omrzlin. Omrzliny mají stejně jako celkové podchlazení svá stadia a příznaky.

Při potápění k místnímu podchlazení nedochází. Místní podchlazení, nebo-li lokální, postihuje často horolezce, různé polární výpravy a podobné sporty provozované v chladných podmínkách.

SPECIALIZOVANÁ ČÁST – POTÁPĚNÍ

1. Vlastnosti vody

Voda má odlišné fyzikální vlastnosti než vzduch. Proto jsme při potápění vystaveni tolika jiným podmínkám, které musíme brát v úvahu a vyrovnávat se s nimi. Na některé z nich si dokonce vytváříme určitou adaptaci.

Odlišné vlastnosti se týkají také tepla, tvorby a výdeje tělesného tepla, regulace tepla a tepelných ztrát. Dvořáková (2005) říká, že udržování tělesné teploty při potápění je obtížné právě kvůli fyzikálním vlastnostem vodního prostředí a že chlad nejvýrazněji ovlivňuje pobyt potápěče pod vodou.

Všechny další kapitoly se budou týkat tepelné problematiky a budou vysvětlovat zvláštnosti, lépe řečeno odlišnosti, termoregulace pod vodou.

1.1. Teplota vodního prostředí

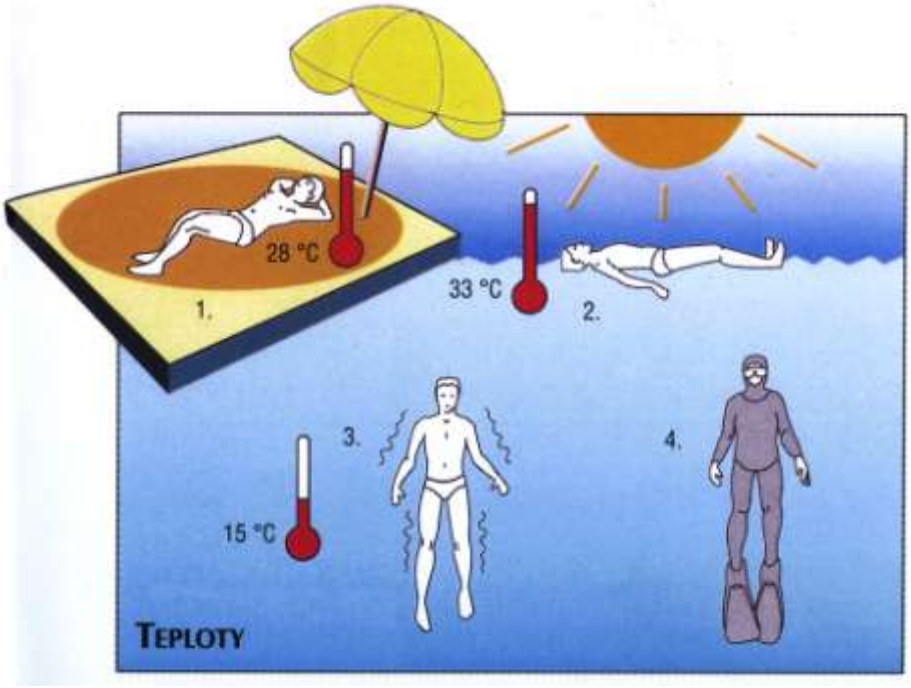
Teplota vody v přírodě je vždy nižší než by byla teplota odpovídající našemu tepelnému komfortu. Je vždy nižší než tělesná teplota člověka. Výjimkou jsou horké prameny, které však jako prostředí pro potápěčskou činnost nepřipadají v úvahu. Platí zde tedy všechno, co bylo popsáno v kapitole Vlivy snížené teploty prostředí.

Jak už víme, teplota se přenáší z místa vyšší teploty do místa teploty nižší. Jestli je teplota vody nižší než naše tělesná teplota, musí zákonitě docházet k tepelným ztrátám z těla do okolí. Při potápění tedy dochází k tepelným ztrátám neustále, pokud neprovedeme ochranná opatření. Ochranným opatřením se myslí izolační oblek nebo různá vyhřívání.

„Ani při maximech nepřesahuje teplota našich vod hodnotu 25 °C“ (Valníček, 1978). Nejvyšší hodnoty jsou na hladině, ale potápěči musí počítat s nižší teplotou v hloubce. „V letním období teplota našich vod v hloubce 10 m nepřesahuje 10 – 15 °C“ (Áč a

kol., 1972). Teplota moří je o něco vyšší, ale také ne dostatečná. Oyhenart a Mioulane (2004) shodně s U. S. Navy diving manual (Sládek, 2009) uvádějí jako ideální teplotu vody pro pobyt neoblečeného člověka hodnotu 33 °C a říkají, že od 36 °C výš již pociťujeme horko. „Při teplotě 33 °C pociťujeme příjemný pocit. Je to teplota odpovídající vlažné koupeli“ (Oyhenart – Mioulane, 2004). Tato teplota se však v přírodních podmínkách vhodných pro potápění téměř nevyskytuje. „Teplé tropické vody dosahují maximálně 30 °C na hladině, ale průměrná teplota se pohybuje mezi 26 – 28 °C. To je obvyklá teplota udržovaná v krytých bazénech“ (Oyhenart – Mioulane, 2004).

Obrázek č.5: Teplota okolí vzhledem k teplotnímu komfortu člověka (Oyhenart – Mioulane, 2004)

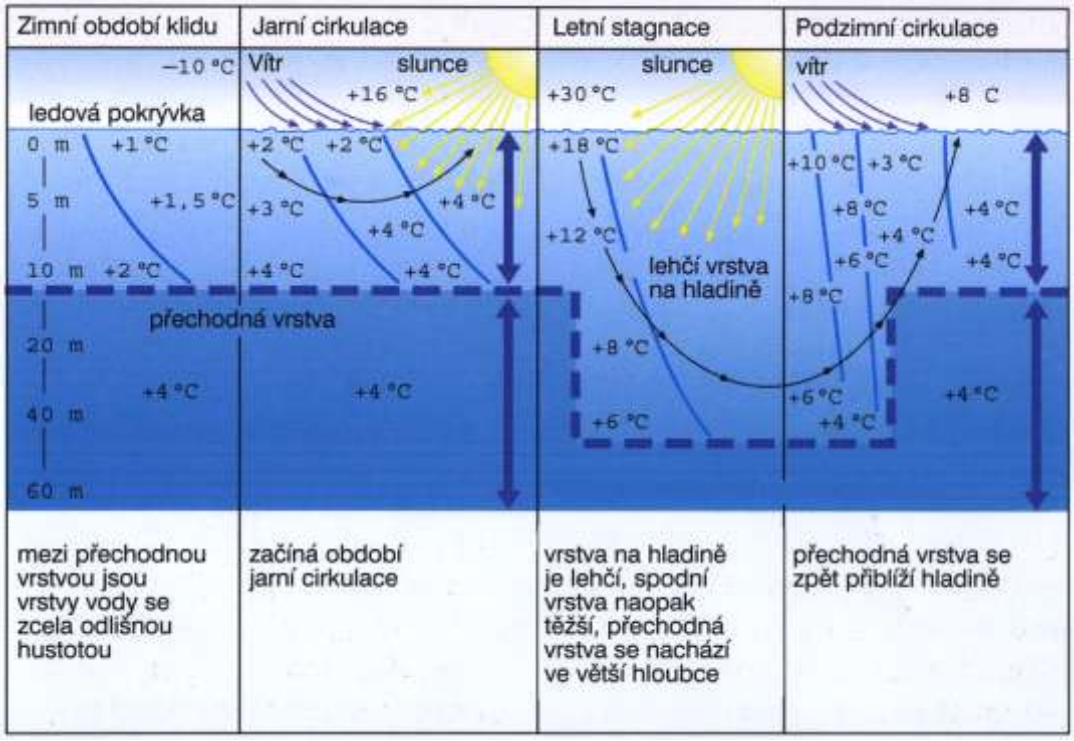


Teplota vody má své zvláštnosti. Můžeme se setkat se změnami teploty v závislosti na hloubce. Teplá voda zpravidla stoupá vzhůru a studená se drží v hloubce. To se týká spíš hustoty vody. Věnuji ji vlastní kapitolu.

1.2. Hustota vody

„Vodstva naší zeměpisné šířky vykazují výrazné teplotní výkyvy mezi vrchními a spodními vrstvami vody“ (Holzapfel, 2004). V průběhu roku dochází také k takzvané obměně vody. Zajišťuje ji jarní a podzimní cirkulace.

Obrázek č.6: Teploty vody v půběhu roku (Holzapfel, 2004)

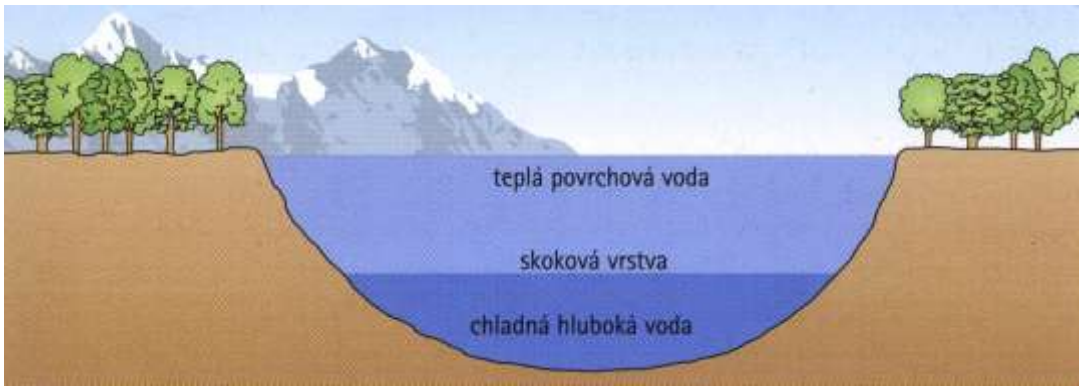


Voda se liší svými vlastnostmi nejen od vzduchu, ale také od ostatních kapalin. „Hustota kapalin zpravidla vzrůstá tím více, čím více klesá teplota. Voda dosahuje nejvyšší hustoty a hmotnosti při 4 °C. Když se voda zahřeje, snižuje se její hustota a tím i hmotnost“ (Schinckovi, 2007). Proto se voda o 4 °C drží u dna a teplejší voda stoupá vzhůru – je lehčí. To samé platí, když se voda ochladí. „Při ochlazení se voda nepatrně rozpíná“ (Holzapfel, 2004). Voda o teplotě 0 °C se mění v led a ten se díky své specificky nižší hmotnosti drží na hladině.

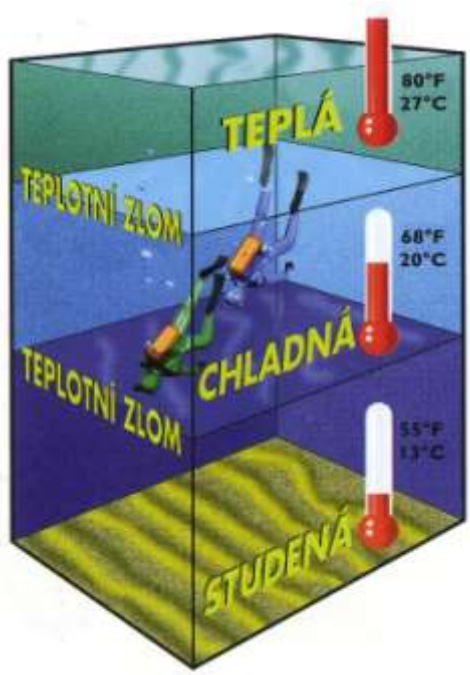
„Předěl mezi teplou a studenou vodou nazýváme skoková vrstva“ (Schinkovi, 2007). Skoková se jí říká proto, že ke změně teplot dochází náhle – skokem. Tato prudká

změna teplot na rozhraní se jinak nazývá termoklina. „Termokliny se mohou vytvářet v jakémkoli typu vody“ (Scuba Diving International, 2002). Mohou být rušeny vnějšími činiteli, jako jsou proud, vítr, sezónní cirkulace vody.

Obrázek č.7: Rozložení vody podle hustoty, skoková vrstva (Schinckovi, 2007)



Obrázek č.8: Teplotní zlomy vody – termokliny (Scuba Diving International, 2002)



1.3. Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je klíčová vlastnost vody ve spojitosti se ztrátami tepla. Voda vede teplo o mnoho lépe než vzduch. Většina zdrojů shodně uvádí, že vede teplo 25krát rychleji než vzduch. Dvořáková (2005) říká, že dokonce 30krát.

Tabulka č.3: Hodnoty tepelné vodivosti různých látek (Jánský, 1990)

	$J / cm^2 . s . {}^oC$
tuková tkáň	0,00205
vzduch	0,00239
sval	0,00280 - 0,00385
helium	0,01460
voda	0,60000

1.4. Tepelná kapacita

Tepelná kapacita vody je stejně jako vodivost vyšší. Dobeš (2005) říká, že tepelná kapacita vody je až 3200krát vyšší než vzduchu. Dvořáková (2005) v tomto případě uvádí menší hodnotu, a to 3000, a říká, že tolikrát více tepla je potřeba k ohřátí 1 kg vody o 1°C v porovnání se vzduchem. Voda je tedy schopna pojmout mnohem více tepla než vzduch, a proto nám více tělesného tepla odebírá.

Vypadá to, že ztráty tepla jsou mnohonásobně vyšší než na vzduchu. „Ve skutečnosti tělo ztrácí jen dvakrát až třikrát více tepla než na vzduchu, díky zúžení krevního řečiště v podkoží vlivem termoregulace“ (Dobeš, 2005).

2. Výdej a ztráty tepla pod vodou

Jak už víme, tepelné ztráty jsou vyšší než na vzduchu. Teplo ztrácíme různými způsoby, které budou popsány zde.

2.1. Ztráty tepla vedením

Voda je dobrý vodič, o mnoho lepší než vzduch. Kůže je v přímém styku s chladnou vodou a její teplo je do vody odváděno. Můžeme tedy říct, že tělo otepluje vodu, se kterou je v kontaktu a samo tak teplo ztrácí, ochlazuje se. To úzce souvisí s odvodem tepla prouděním. Kdyby nedocházelo k proudění, kolem těla by se vytvořila vrstvička ohřáté vody a nedocházelo by k dalším ztrátám vedením.

2.2. Ztráty tepla prouděním

Potápěč svým tělem ohřívá vrstvičku vody kolem sebe. Vlivem proudu a potápěčovu pohybu je teplá vrstva vody vyměňována za studenou. Voda je vyměňována také proto, že teplá voda je lehčí a stoupá vzhůru k hladině. Potápěč tedy ohřívá novou vrstvu vody a tím ztrácí velké množství tepla. Proces se neustále opakuje. Tento jev tedy vzniká díky ohřátí vody, tím snížení její hmotnosti a stoupáním k hladině, vzájemnému pohybu potápěčova těla a pohybu vody – proudění. I kdyby voda byla zcela klidná, potápěč je v pohybu a tím dochází k proudění. Na druhou stranu může být nehybný potápěč v proudu vody a efekt bude stejný. Záleží na rychlosti proudění vody a rychlosti pohybu potápěče. Čím bude voda proudit rychleji a čím rychleji se bude potápěč pohybovat, tím rychleji se bude vyměňovat ohřátá vrstva vody se studenou a tím rychlejší budou ztráty tepla. „Oteplená voda má menší hustotu, stoupá vzhůru a k tělu se dostává nová chladná voda a odebírá mu další teplo“ (Holzapfel, 2004).

Podle Oyhenarta a Miuolaneho se nechráněné tělo v extrémním případě ochladí ve vodě až 150krát rychleji než na vzduchu.

Obrázek č.9: Ztráty tělesného tepla při potápění (Schinckovi, 2007)

2.3. Ztráty tepla zářením

Vyzařování tepla je pro potápěče zanedbatelné.

2.4. Ztráty tepla odpařováním

Odpařování funguje na principu změny skupenství. Pot kapalného skupenství se mění na páru a odpařuje se z povrchu těla. Tím pokožku ochlazuje a odvádí teplo. „Může se ale odpařovat jen v prostředí, které není nasyceno vodními parami“ (Dvořáková, 2005). Voda je zcela nasycena vodními parami a k odpařování tím pádem nedochází. Tvorba potu však přerušena není. Tím může dojít k přehřátí organismu. „Při práci v teplých vodách je vyřazena možnost ochlazování organismu pocením“ (Dvořáková, 2005). Odpařování tedy pro potápěče není nebezpečné ztrátami tepla, ale přehřátím.Může dojít k vyčerpání z horka a úpalu. Ve vodách o teplotě 35 °C a více by měli potápěči využívat tepelně izolační obleky proti přehřátí. Doba ponoru je omezena stejně jako při nebezpečí podchlazení.

2.5. Další způsoby ztrát tepla

Při potápění dochází k ještě dalším tepelným ztrátám, které je nutno zmínit. Nejsou tak velké jako ztráty prouděním a vedením, ale mají také svůj význam.

K nejvýraznějším a nezkušenými potápěči často zanedbávaným ztrátám tepla dochází dýcháním. Při potápění dýcháme suchý stlačený vzduch, který se spolu s hloubkou ochlazuje. Ztráty tepla dýcháním se také zvyšují s nárůstem hustoty vzduchu. Hustota vzduchu stoupá stejně jako chlad s hloubkou. „Ztráty tepla dýcháním se zvyšují v závislosti na frekvenci dýchání (polypnoe), zvýšením celkového metabolismu prací a chladovou termogenezí“ (Jánský, 1990). „Pokusně bylo zjištěno, že u lidí, kteří byli 20 minut ve vaně s vodou teplou 12 °C (pro člověka je to voda dost chladná), se spotřeba kyslíku na konci 20. minuty zvýšila tři až čtyřikrát“ (Áč a kol., 1972). Čím větší chlad na nás působí, tím více se dostáváme do stresové situace, zrychluje se nám dech a tím se ztrácí více tepla. Dobeš (2005) uvádí, že v klidu na hladině tvoří ztráty tepla dýcháním asi 10 % všech tepelných ztrát a s přibývající hloubkou se mohou zvýšit až na 40%.

„V dýchacích cestách potápěče dochází k přirozenému ohřívání vdechovaného studeného vzduchu z lahve. Tento mechanizmus ztrát tepla je velmi nebezpečný a zákeřný, neboť o teplo okrádá přímo tělesné jádro. Není divu, že ohřev vdechovaných plynů, zejména směsí na bázi helia je u profesionálních potápěčů zcela běžnou praxí“ (Novomeský, 200-).

Ztráty tepla, pocit chladu a podchlazení jsou dále ovlivněny psychikou a zároveň psychiku ovlivňují. „Aktivací nervů dochází ke zvýšení spotřeby kyslíku (zrychlené dýchání), a tím i ke zvýšenému vylučování adrenalinu, což vede k rozvoji stresu. Tento proces se uplatňuje již v první fázi snižování tělesné teploty“ (Dobeš, 2005). Při stresu se zrychlují tělesné funkce, zrychlí se vyčerpávání energie a tím klesá i odolnost proti chladu. Je to vlastně takový zamotaný kruh. Potápěč začne zmatkovat, vyčerpává tím energii, to způsobí ještě větší paniku. Riziko podchlazení je tím větší.

„Ke ztrátě tepla vede také silnější nucení na moč vyvolané tlakem a chladem“ (Schinckovi, 2007).

2.6. Kritické segmenty těla z pohledu tepelných ztrát

Na našem těle najdeme části, které vydávají více tepla a jiné, které ho vydávají méně. „Je třeba upozornit na dvě oblasti, které jsou z hlediska výdeje tepla mimořádně významné“ (Dobeš, 2005) Těmito oblastmi jsou hlava a oblast stehen a rozkroku. Novomenský (200-) uvádí, že soudobá potápěčská medicína pokládá již za vědecky prokázáno, že lidské tělo, biomechanicky článkový systém hlavy, trupu a končetin, má dvě anatomicky dobře definované lokality, které jsou z hlediska vyzařování tepla do okolí při potápění zcela kritické. Jsou to hlava a oblast rozkroku a stehen.

2.6.1. Hlava

Důležitou funkcí hlavy je mechanická a tepelná ochrana mozku. V tomto případě se budeme zabývat tepelnou ochranou. Mozek má pro naši existenci zásadní význam. Je tedy třeba ho řádně chránit. „Lebka je zvenku pokryta souvislou vrstvou kůže s minimem drobných plochých svalů“ (Novomenský, 200-). Nenajdeme zde téměř žádný podkožní tuk. Lebka má tedy jen velmi slabou izolační vrstvu. Proto je nesmírně důležité neustálé prokrvení.

„V podkoží i samotné kůži se nachází bohatě rozvětvená síť cév, větvících se až na vlásečnice. Toto bohatě rozvětvené krevní řečiště má za úkol neustálým průtokem teplé krve poskytovat mozku dobrou ochranu proti jeho ochlazování.“ (Dobeš, 2005). Zmíněné krevní řečiště oblasti lebky, má jednu specifickou vlastnost, nebo spíše jednu fyziologickou vlastnost postrádá. Tou vlastností je schopnost vasokonstrikce. Cévy nejsou schopny provést kontrakci a zúžit tak svůj okamžitý průřez a tím omezit průtok krve. Novomenský (200-) píše že, z aspektu tepelné ochrany mozku je tato vlastnost zmíněných cév výhodná a i při klesající teplotě okolí je mozek po jistý čas poměrně kvalitně tepelně izolován.

Pro potápěče však nastává problém. Kvůli neschopnosti cév se kontrahovat uniká z oblasti hlavy obrovské množství tepla. Novomenský (200-) shodně s Dobešem (2005) uvádějí, že je to až 40 % celkových tepelných ztrát.

URL:<http://potapeni.isweb.cz/potapeni/hypotermie.html> [cit. 2009-04-12] se s nimi neshoduje a uvádí hodnotu až 80 %. Proto si potápěči musí chránit především hlavu vhodnými izolačními obleky a to i v teplé vodě. Novomenský (200-) nakonec uvádí pěkné heslo: „Potápějme se s chladnou hlavou, ale držme si ji v teple.“

2.6.2. Rozkrok a oblast stehen

Z břišní dutiny jsou do této oblasti vedeny velké tepenné a žilní svazky, které zásobují krví dolní končetiny. Tyto velké cévy jsou právě v oblasti rozkroku a stehen vedeny ne moc hluboko pod kůží. Proto jsou druhým místem největších tepelných ztrát našeho těla při ponoření pod vodu. Literatura neuvádí procento, jako u oblasti hlavy. Potápěčské izolační obleky jsou již uzpůsobeny těmto fyziologickým vlastnostem. Nohavice svrchních izolačních obleků (neoprenových) jsou až ke kolenům, ne jako dříve plavkového střihu. Poskytují nám tedy zvýšenou ochranu této oblasti proti tepelným ztrátám.

Na stejném principu se větší množství tepla ztrácí ještě z oblasti krku. Tak jako jsou dolní končetiny zásobovány krví cévami vedoucími oblastí stehen, hlava je zásobována krví vedenou cévami na krku. Je tedy třeba si chránit i krk.

2.7. Diving reflex

Na začátku ponoru dochází k takzvanému diving reflexu. Je to přirozený reflex, který má každý člověk. Dá se ale, jako mnoho ostatních funkcí organismu, natrénovat. U pokročilých potápěčů a hlavně u freediverů je vyvinut tréninkem více něž u začátečníků.

Je to vlastně reakce organismu na ponoření do studené vody (ponoření celého těla, ale hlavně ponoření obličeje). „Dochází ke stažení periferních cév a snížení srdeční frekvence, krevní tlak zůstává stejný“ (Holzapfel, 2004). Snižuje se i metabolismus. Díky tomu vzniká úspora spotřeby kyslíku a energie.

MedHunters (2006) píší že, diving reflex je fyziologický reflex, který pomáhá našemu tělu šetřit energii, když jsme pod vodou. Probíhá na třech úrovních. První je ponoření těla pod vodu. Druhá úroveň představuje vasokonstrikci periferních cév a třetí ujištění se, že krev je vedena hlavně k orgánům tělesného jádra a mozku.

Jde o přirozenou obranu těla proti podchlazení. Stažením cév se tělo brání úniku tepla z povrchu těla do okolí. Jak už bylo zmíněno, někteří trénovaní jedinci mají tuto reakci delší, ale stejně nedokáže zabránit riziku podchlazení. Diving reflex je mnohem lépe pozorovatelný v chladné vodě než v teplé.

Mondofacto (2008) na rozdíl od Holzapfela (2004) hovoří o změně krevního tlaku. Říká, že se krevní tlak zvyšuje. Děje se tak proto, že průtok krve v periferiích se snižuje. Proto se na druhou stranu jako přirozená reakce organismu zvyšuje krevní tlak. Tento mechanismus může působit i opačně. Na krku jsou četná zakončení čidel pro řízení krevního tlaku. Vlivem zvýšeného tlaku vody na potápěčovo tělo nebo tlakem špatně padnoucího nebo příliš těsného neoprenu může dojít k tlaku na tyto body. Organismus vyhodnotí situaci jako zvýšený krevní tlak a sníží srdeční činnost, tedy sníží množství protékající krve. S množstvím krve se ale samozřejmě snižuje i množství tepla a organismus prochládá. Popsaný děj může vyvolat i pocit nepohodlí a závratě až bezvědomí.

K diving reflexu může dojít i během ponoru. Děje se tak při ztrátě masky, kdy je obličej v kontaktu s chladnou vodou.

Diving reflexu se využívá při lékařských prohlídkách potápěčů. Vyšetřovaný jedinec se ponoří do vody buď celý nebo jen obličej a zadrží dech. Lékař pomocí přístrojů sleduje zejména činnost srdce, jestli nedochází k nějakým nežádoucím poruchám rytmu a podobně.

3. Podchlazení při potápění

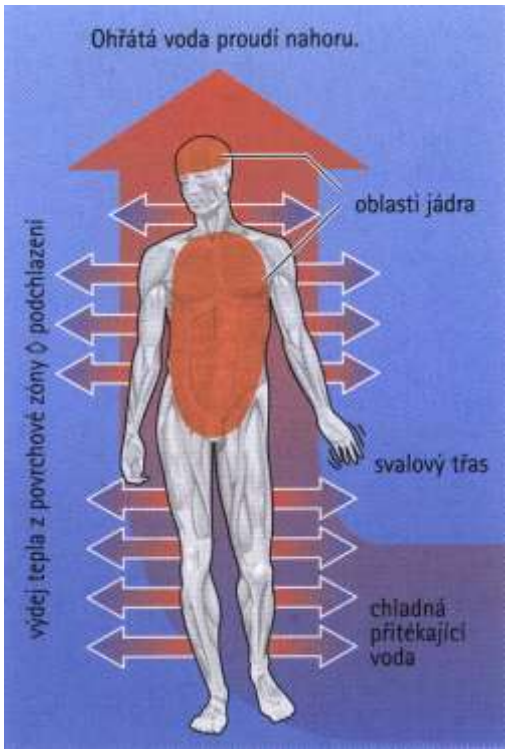
Z předchozích kapitol je jasné, proč je pro potápěče chlad tak nebezpečný. Podchlazení je z potápěčského hlediska jedno z největších možných ohrožení. Sládek (2009) uvádí, že časový limit pro pobyt pod vodou je ovlivněn více tolerancí (snášenlivostí) na chlad než vlivem sníženého parciálního tlaku kyslíku nebo dobou dekomprese. Z toho jasně vyplývá, že podchlazení je nejdůležitějším problémem. Podchlazení při potápění vzniká tehdy, je-li rozdíl mezi teplotou vody a teplotou potápěčova těla. Tělo se v případě menšího množství tepla ochlazuje a dochází k podchlazení.

Při potápění dochází zásadně k podchlazení chronickému, konkrétně celkovému. Potápěčovo tělo prochládá komplexně. Podchlazení má stejný průběh jako na souši, kde jsou pro nás přirozené podmínky k životu. Má stejné fáze, příznaky a vše co bylo popsáno v kapitole Podchlazení.

Zde se pokusím popsat průběh podchlazení více z potápěčského hlediska. Nejdříve dochází k takzvanému prochlazení. „Projeví se nepříjemným pocitem chladu a bledostí kůže v důsledku nižšího prokrvení periferie“ (Áč a kol., 1972). Následuje zmodrání kůže a rtů v důsledku ochrnutí cévních svěračů. Objevuje se „husí kůže“. Toto jsou první příznaky a zároveň varování, abychom opustili chladné vodní prostředí. Není dobré tyto náznaky podceňovat. Neopustíme-li chladné vodní prostředí, tělo začíná s tvorbou tepla mimovolně - svalový třes. Třes netrvá moc dlouho. Při dalším ochlazování nastává zhoršení koordinace pohybů, pocitu únavy, vyčerpanosti, snižuje se dráždivost, vodivost a labilita nervové soustavy. Potápěč neovládá své pohyby, jejichž přesnost a rozvážnost je při tomto sportu nesmírně důležitá. Není schopen logicky uvažovat, má halucinace a poruchy všech dalších smyslů, omezenou hybnost a ztrácí kontrolu sám nad sebou. Není schopen se sám zachránit. Postupně klesá krevní tlak a potápěč může upadnout do bezvědomí. Jestliže upadneme do bezvědomí z podchlazení na souši, máme o hodně větší šanci přežít. Při takové nehodě pod vodou je šance o mnoho menší. Potápěč v bezvědomí se téměř rovná mrtvému potápěči. Jestliže je člověk v bezvědomí, znamená to, že dýchá a má zachovány ostatní životní funkce. Pod vodou je dýchání o něco složitější a musíme ho provádět aktivně. Když jsme

v bezvědomí, nemůžeme dech kontrolovat, může nám například vypadnout automatika z úst. Nekontrolujeme své pohyby, ztrácíme koordinaci. Může nastat zmatenost, potápěč si snadno splete směry a místo na hladinu plave ke dnu nebo již zcela své pohyby neovládá a jeho tělo ke dnu klesá. S hloubkou přicházejí další potíže, o kterých by se dalo také mnoho napsat.

Obrázek č.10: Podchlazení zaviněné zvýšeným výdejem tepla z oblasti jádra a povrchové zóny (Schinckovi, 2007)



3.1. Faktory ovlivňující pobyt v chladné vodě

S podchlazením při potápění jasně nastává otázka, jak dlouho vlastně pod vodou můžeme být. Za jak dlouho podchlazení nastává? Po jaké době bychom měli z vody vylézt? Existuje mnoho studií a výzkumů chladové expozice. Také existuje mnoho faktorů, které ji ovlivňují. U každého člověka je odolnost proti chladu jiná. Holzapfel

(2004) píše, že přesnou dobu, kterou podchlazený člověk může přežít, není možné stanovit.

3.1.1. Tělesné složení

Nejvíce záleží na tělesném složení. Je známo, že lidé s větší tukovou vrstvou odolávají chladu déle a lépe. Tuková vrstva funguje jako izolace. Jánský (1990) píše, že velikost tepelných ztrát je dána nejen velikostí teplotního rozdílu mezi tělem a prostředím, ale závisí i na velikosti těla a na izolačních vlastnostech tělního povrchu. Není třeba diskutovat o tom, že nadměrné množství tuku v organismu je zdraví škodlivé. Co se ale týče potápění, má tuková vrstva své výhody. Potápěč se sice chrání proti chladu obleky, ale tuková vrstva mu může k tepelnému komfortu dopomoci. Obézní jedinci pociťují chlad později než lidé s váhou v normě. Zkušenější potápěči si postupně vytvářejí adaptaci na chlad, ale také se u nich tvoří silnější podkožní tuková vrstva jako obranná reakce organismu. Mám na mysli sportovní přístrojové potápěče. Nemusí vyvíjet velkou fyzickou aktivitu. Někdy jen leží v proudu a nechají se unášet. Mají podstatně jiné postavy a tělesné složení než například jejich kolegové freediveři. Nemyslím tím, že přístrojoví potápěči nemusí mít dobrou fyzickou kondici, jen mají jiný způsob pohybu pod vodou. Jsou vystaveni chladu po celou dobu pobytu ve vodě a nemůžou s ním bojovat jinak než dobrou izolací. Proto se jim vytváří více tuku v podkoží. Z předchozího textu vyvstává otázka, jestli je přístrojové potápění vhodný sport pro obézní jedince. Tento předpoklad bych chtěla dokázat pomocí měření v následující diplomové práci.

3.1.2. Povrch těla

Jak uvádí Jánský (1990), množství tepelných ztrát závisí i na povrchu těla. Člověk s větším povrchem bude mít jasně vyšší ztráty než člověk s povrchem menším.

3.1.3. Výživa

Správná výživa hraje také velkou roli. Potápěči by měli upřednostňovat stravu bohatou na živiny, zejména cukry. Je to právě kvůli chladu. Při svalovém třesu se spalují právě cukry. Na to aby se začaly spalovat tuky je svalový třes příliš krátký. Tady nastává problém pro obézní lidi. Při potápěčské aktivitě nedochází ke spalování tuků. Tím pádem nemůže dojít k redukci hmotnosti a množství tuku v těle. Poslední jídlo by mělo být zhruba 2 hodiny před ponorem. Potápět se s plným žaludkem není dobré. Tělo nestihne potravu zpracovat. Zpracovává ji tedy během ponoru a tím se ztrácí další množství tepla.

3.1.4. Hydratace organismu

Hydratace je pro potápěče velmi důležitá, zvláště v horkých tropických oblastech. Naše tělo je při potápění poměrně hodně dehydratováno. Správná hydratace před ponorem je nesmírně důležitá i z hlediska udržování tělesné teploty.

3.1.5. Teplota vody, podmínky, termokliny

Je třeba si ponor předem dobře naplánovat. Měli bychom si zjistit místní podmínky, počasí, teplotu vody, teplotní rozdíly jednotlivých vrstev vody. Důležité je používat zdravý rozum a nepřeceňovat své možnosti .

3.1.6. Izolační obleky

Sládek (2009) uvádí, že délka pobytu potápěče pod vodou záleží na stupni adaptace na chlad a odolnosti proti chladu a na stupni tepelné ochrany – izolace, a že potápěč bez jakékoli ochrany proti chladu začíná velmi rychle teplo ztrácet.

Izolační obleky jsou vyrobeny tak, aby co nejvíce zabránily ztrátám tělesného tepla. V dnešní době jsou obleky na vysoké úrovni a existuje mnoho druhů, které se dělí na:

1) Mokré
2) Polosuché
3) Suché

Každý z nich má nějaké výhody a nějaké nedostatky. Záleží na nás, v jakých podmínkách se budeme potápět a jaký izolační oblek si vybereme. V každém případě musí potápěči dobře sedět, jinak nebude jeho izolační schopnost úplná. „Oblek izoluje za předpokladu dobrého přilnutí na tělo tím, že zmenšuje ztráty tepla vedením v materiálu obleku, protože bublinky plynu v materiálu obleku značně snižují tepelnou vodivost“ (Dobeš, 2005).

Nejčastěji využívané obleky jsou obleky mokré. Nejsou vodotěsné, ale přiléhají těsně na tělo. Tím zabraňují cirkulaci vody, která pronikne pod oblek. Voda pod oblekem se po chvíli zahřeje na tělesnou teplotu, neproudí (necirkuluje) a tím významně zabraňuje tepelným ztrátám.

Mimo izolační obleky využívají potápěči i různé systémy vyhřívání. V dnešní době jen dva systémy. Systém chemický a elektrické vyhřívání na principu odporu.

3.1.7. Další faktory ovlivňující dobu pobytu pod vodou

Dobu pobytu pod vodou dále ovlivňují:

- fyzická kondice
- věk potápěče
- zkušenosti potápěče
- stupeň adaptace na chlad
- životospráva
- zdravotní stav
- únava, stres a další

I zdánlivé maličkosti mají v této problematice svůj význam. Všechny faktory se navíc vzájemně ovlivňují. Vzájemné ovlivňování faktorů lze uvézt na příkladu zkušeného potápěče. Jestliže je potápěč zkušený, zvládne naplánovat ponor vzhledem ke svým možnostem, ví, co může od svého těla očekávat, má lépe vyvinutou adaptaci na chlad díky mnoha předešlým ponorům atd. Samozřejmě má i jisté nevýhody jako je věk a podobně. Takto bychom mohli jmenovat další a další možnosti: nezkušený potápěč, obézní potápěč, mladý potápěč…

Jak dlouho tedy může potápěč ve vodě být, je extrémně těžké určit. Jestliže chceme určit tuto dobu, je třeba si stanovit podle jakého kritéria to budeme provádět. Nejčastější metodou určování možné doby pro pobyt ve vodním prostředí je podle teploty vody a stupně izolační ochrany potápěče. Áč a kol. (1972) uvádí tyto hodnoty:

Doba pobytu ve vodě pro potápěče bez izolačního obleku

- při teplotě vody 12 až 13 °C je 10 minut
- při teplotě vody 14 až 16 °C je 20 minut
- při teplotě vody 16 až 18 °C je 30 minut

Je- li nutné se znovu ponořit, musí se dodržovat určité přestávky

- při teplotě vody 12 až 13 °C nejméně 2 hodiny
- při teplotě vody 14 až 16 °C nejméně 1,5 hodiny
- při teplotě vody nad 16 °C nejméně 1 hodina

(přestávky mezi ponory jsou nutné k znovuobnovení energetických zdrojů, a nahrazení tepelných ztrát)

Holzapfel (2004) zase zmiňuje, že při teplotě vody 15 až 20 °C má oblečený člověk šanci přežít 12 hodin, ve výjimečných případech 2 až 3 dny. Při teplotě vody 1 až 4 °C má oblečený člověk šanci přežít 1 hodinu, neoblečený asi 5 minut.

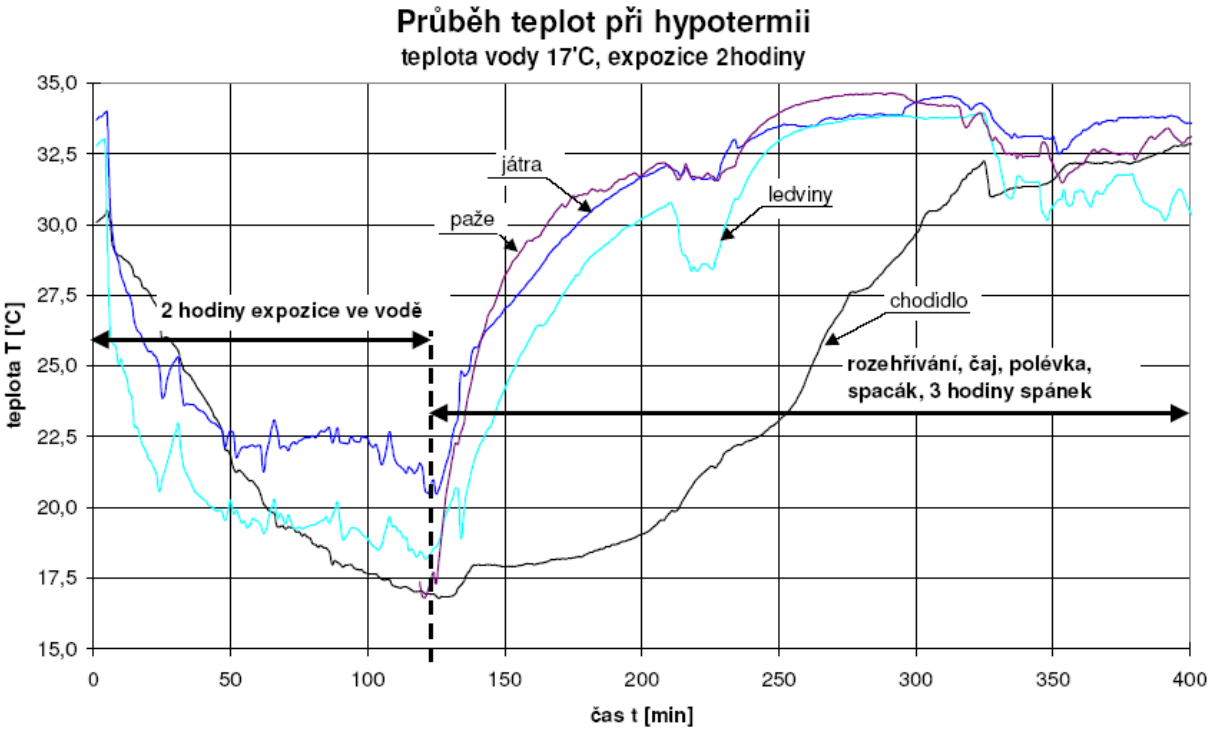
V publikaci od Dvořákové (2005) najdeme tento popis: „Ve vodě 6 °C teplé bude muž průměrného vzrůstu bezmocný zhruba během 30 minut a zemře za 1 hodinu. Bude-li mít na sobě oděv, tyto časy se přibližně zdvojnásobí“.

Bartůňková (2005) uvádí, že při teplotě vody kolem 15 °C přežije člověk kolem 5 hodin a 30 minut, při teplotě 5 °C jenom 1 hodinu a 30 minut. Dále píše, že trénovaní a adaptovaní jedinci (dálkoplavci přes kanál La Mance) plavou i při teplotě vody kolem 15 °C asi 12 až 20 hodin.

PŘÍLOHY

V příloze jsou uvedeny grafy průběhu tělesných teplot různých částí těla v průběhu hypotermie a při následném zahřívání organismu.

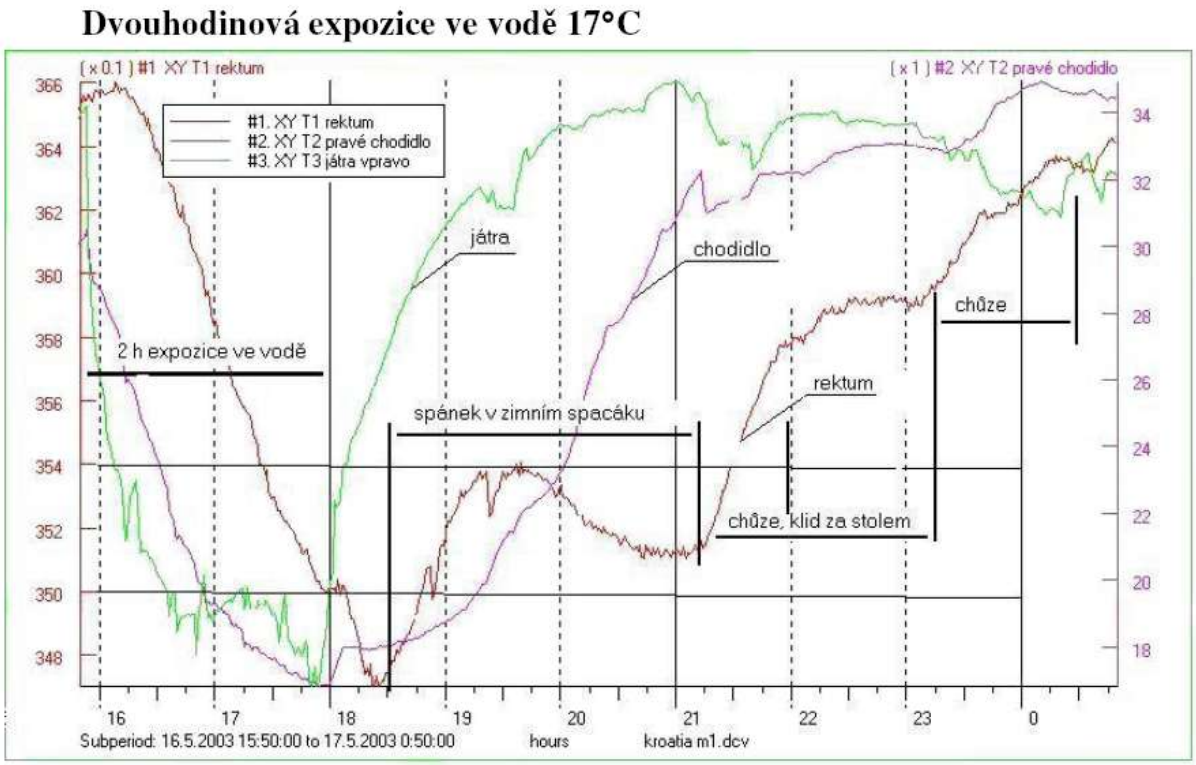
Graf č.1: Průběh teplot při hypotermii, dvouhodinová expozice ve vodě teplé 17°C a následné rozehřívání (Společnost horské medicíny ČR, 2007)



V grafu č.1 je vidět pokles povrchové teploty kůže po dobu expozice ve vodě (120 minut) na teplotu vody (17 °C). Při pasivním rozehřívání došlo k nárůstu teploty kůže trupu (paže, játra, ledviny) ne ovšem jádra. Teplota nohou se neměnila následujících 90 minut. Pak teprve začala stoupat. Nejrychleji se obnovil krevní oběh v pažích a kůži trupu, nejpomaleji v nohou. Pro paže a kůži trupu, lze hovořit o časové konstantě □30-40 minut (nárůst teploty na 67 % maximální hodnoty), nohy vykazují typické chování soustavy s dopravním zpožděním. Při pasivním rozehřívání měla pokusná osoba na

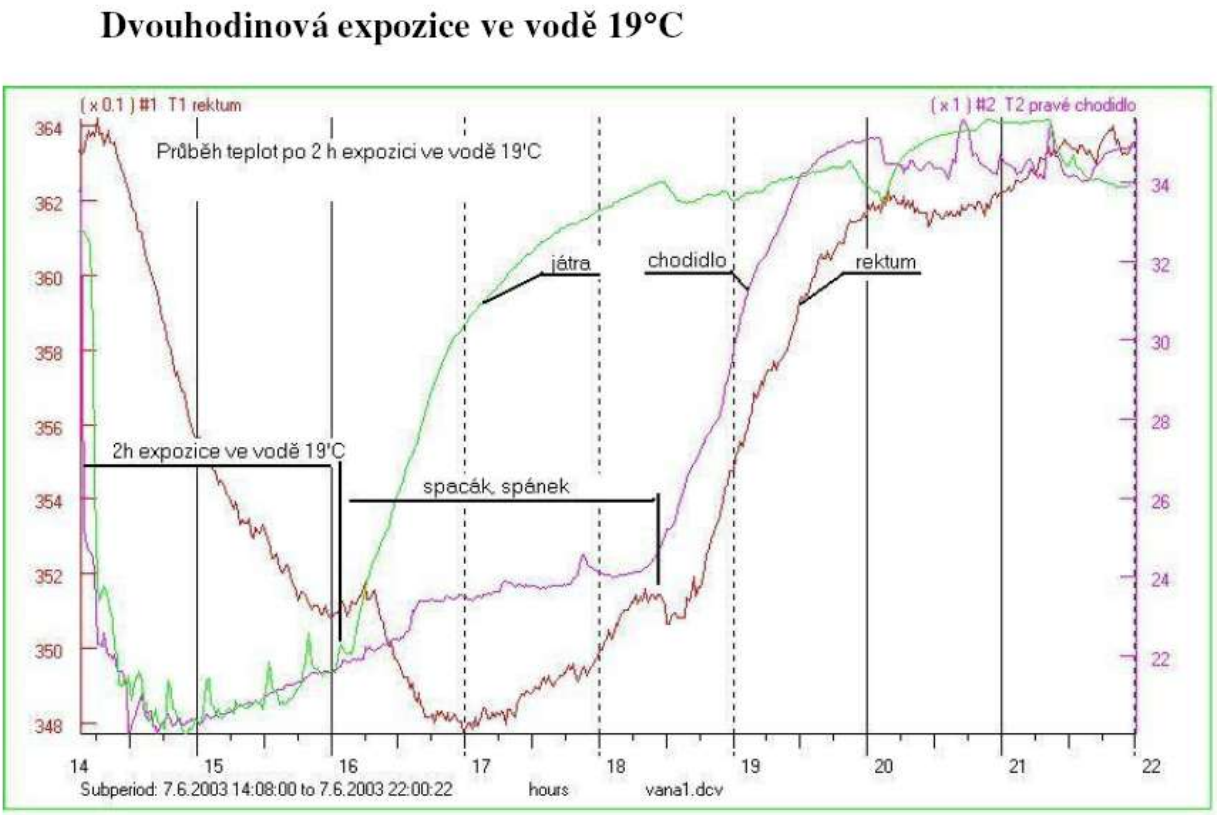
nohou tlusté zimní ponožky, bivakovací boty, fleecové tepláky 200g m^{-2} dále košile, fleecová bunda 200g m^{-2} zimní spacák. Uložena v kajutě lodi při teplotě vzduchu 22 °C (Společnost horské medicíny ČR, 2007).

Graf č.2: Průběh teplot při hypotermii, dvouhodinová expozice ve vodě teplé 17 °C a následné rozehřívání (Společnost horské medicíny ČR, 2007)



Graf ukazuje pokles teploty jádra po ukončení 2 hodinové expozice vodou o teplotě 17 °C. Na obrázku je to v 18h, kdy pokusná osoba byla vytažena z moře, převlečena do suchého a uložena do zimního spacáku. Začala stoupat teplota kůže trupu, teplota chodidla stoupla o 1 °C a teplota jádra dále začala klesat. Pak následoval 3hodinový spánek, při němž teplota jádra začala stoupat o 0,7 °C na 35,4 °C a pak opět začala klesat. Teplota jádra se dostala na svoji původní hodnotu (36,6 °C) až po sedmi hodinách od vytažení z vody a pasivním rozehřívání (Společnost horské medicíny ČR, 2007).

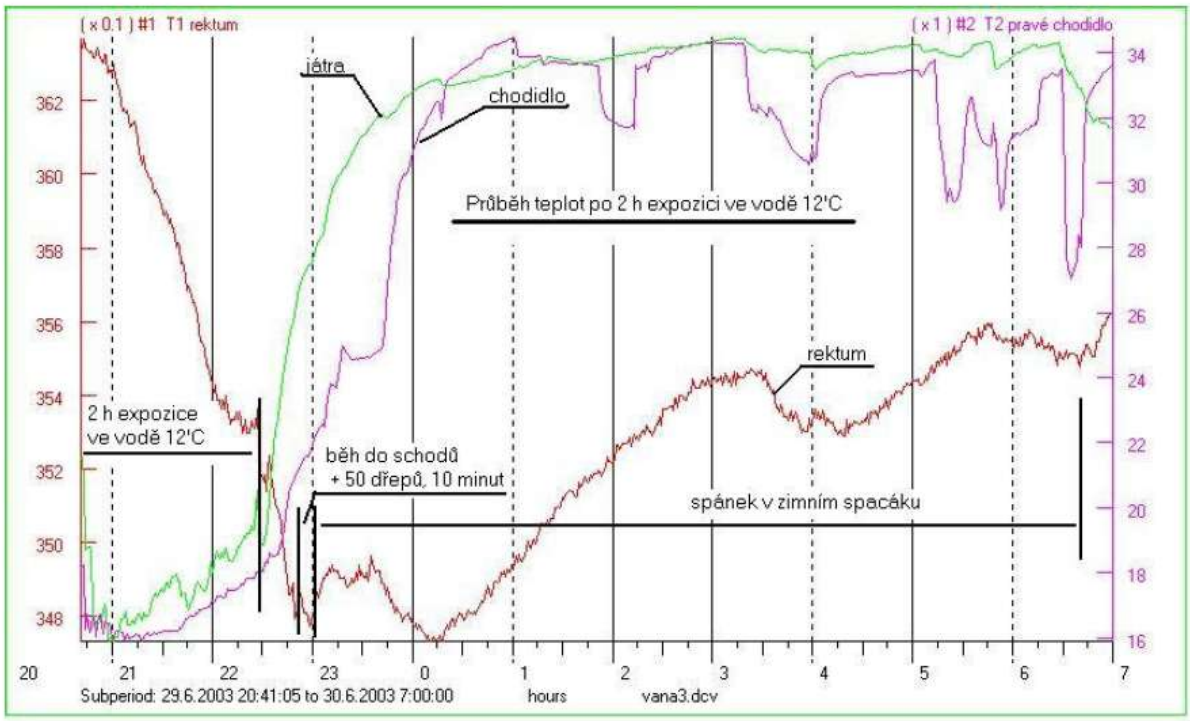
Graf č.3: Průběh teplot při hypotermii, dvouhodinová expozice ve vodě teplé 19°C a následné rozehřívání (Společnost horské medicíny ČR, 2007)



Obrázek ukazuje typický průběh teplot při podchlazení. Nárůst teploty kůže trupu s časovou konstantou okolo 30 minut, zpoždění prohřívání nohou o 2,5 h a pokles teploty jádra o 0,7 °C po skončení působení chladu. Teplota jádra se vrátila na původní hodnotu za 8 hodin (Společnost horské medicíny ČR, 2007).

Graf č.4: Průběh teplot při hypotermii, dvouhodinová expozice ve vodě teplé 12°C a následné rozehřívání (Společnost horské medicíny ČR, 2007)

Dvouhodinová expozice ve vodě 12°C



Pokus byl prováděn ve vaně při teplotě vody 12 °C. Nohy nebyly zcela ponořeny (proto se zřejmě také rychleji prohřály oproti předchozím měřením). Lineární nárůst teploty nohou při expozici ve vodě, byl dán vzrůstem teploty jak ji tělo ohřívalo. Aby byl zastaven pokles teploty jádra po skončení působení chladu, bylo prováděno intenzivní cvičení (běh do schodů + 50 dřepů po celkovou dobu 15 minut). Tepová frekvence vzrostla z klidové hodnoty 75 min^{-1} na 140 min^{-1} (Společnost horské medicíny ČR, 2007).

Graf č.5: Průběh teplot při hypotermii, dvouhodinová expozice ve vodě teplé 12°C a následné rozehřívání (Sieger, 2006)

Graf ukazuje, jaký je průběh teplot po dvouhodinovém pobytu ve vodě o teplotě 16 °C. Jsou tu vidět tři teploty. Jádro (teplota uvnitř těla), nohy a trup (játra). V průběhu dvou hodin pobytu ve vodě teplota neustále klesá. Rychlost u oblečeného člověka je zhruba 0,8 °C za hodinu. Svlečený plavec prochládá zhruba o 50 % rychleji, pokles tělesné teploty je tedy okolo 1,2 °C za hodinu. Při teplotách vody okolo 3 °C je tento pokles až 5 °C za hodinu.

Na křivce je zajímavých několik bodů:

- Když vytáhneme trosečníka z vody, jeho teplota stále klesá. Tady nepomůže ani tělesné cvičení, běh do schodů, dřepy apod.
- Když jej pak převlečeme do suchého, napojíme horkým čajem a zabalíme do spacáku, jeho teplota se nemění další dvě až tři hodiny. (To je míněno tak, že za 2 – 3 hodiny teprve dosáhne teploty, kterou měl při vytažení z vody).

- Teprve pak jeho teplota pomalu roste a svoji normální tělní teplotu okolo 36,6 °C dosáhne zhruba za 7 – 8 hodin. Je tu jeden kritický moment. Podchlazený si myslí (buď hned, nebo po dvouhodinovém odpočinku v teple), že je už v pořádku. Nepociťuje teplotní diskomfort. Objektivně je stále podchlazen a nastává tu nebezpečí selhání krevního oběhu.
- Povšimněme si, že teplota jater (povrchová teplota trupu) jde nahoru velice rychle, nohy se zpožděním 2 – 3 hodin. Nohy jsou tedy velice dlouho studené a studená krev z nich ochlazuje tělní jádro. Teprve pak se ohřívá jádro (Sieger, 2006).

DISKUZE A VÝSLEDKY

V současné době pozorujeme pokles zájmu o pohyb a pohybové aktivity. Zájem klesá jak u dospělých, tak u dětí. Někteří lidé už si nedojdou ani nakoupit. Každý má automobil, nebo používá internet. Dalším úskalím pro aktivní pohyb je práce v kanceláři. Lidé celý den sedí a nezbývá jim čas na to, aby nedostatek pohybu, způsobený sedavým zaměstnáním, nahradili. Nedávno jsem se dočetla, že průměrný Američan ujde denně kolem 300m. Pokud si to představíme, je to asi jen cesta na toaletu a zpátky. Během předmětu pedagogické praxe jsem absolvovala několik hospitací na základních a středních školách. Pohybová úroveň žáků byla pro mě šokující. Někteří nezvládali ani základní pohybovou aktivitu – běh a chůzi. Kvůli nedostatku pohybu pak vznikají různá tělesná oslabení, špatné držení těla, dochází ke vzniku nadváhy a obezity. Při tom je zřejmé, že aktivním pohybem lze snížit riziko některých onemocnění.

Lidé už se nechtějí věnovat aktivitám jako je běh, chůze nebo podobné cvičení. Láká je něco nového, zajímavého, pokud možno s minimem úsilí, které je třeba při aktivitě vyvinout. Hledají tedy aktivity, které jim přinesou co největší prožitek. Proto v dnešní době stále vzrůstá zájem o „adrenalinové“ sporty. Mezi ně se dá zařadit i potápění.

Z výše uvedených informací o termoregulaci a termoregulaci při potápění vyplývá, jak moc je pro potápěče důležité chránit se před chladem během ponoru. Riziko podchlazení hrozí i v poměrně teplých vodách. V našich zeměpisných šířkách však nenalezneme přírodní vodní plochu, o které by se dalo říct, že je v ní teplá voda. Ani při potápění v moři bychom neměli zanedbávat tepelnou ochranu. Během práce jsem narazila na několik sporných bodů.

Je několik způsobů, jak se lze před chladem chránit a snížit tak riziko podchlazení organismu a další rizika s ním spojená. Jednak jsou to základní potápěčovi návyky jako výživa a správná životospráva, které bez pochyby hrají svou roli, ale ve vodním prostředí jsou nedostatečné. Na druhé straně jsou to izolační obleky a aktivní vyhřívání. Bez těchto pomůcek bychom mohli být pod hladinou jen velmi krátkou dobu. Hlavním

úkolem izolačních obleků je zabránit kontaktu potápěčova těla s okolním prostředím. Protože se ve vodě teplo ztrácí o mnoho lépe, izolační obleky mají za úkol vytvořit ochrannou vrstvu kolem těla. Pod izolačním oblekem se tvoří vrstva vzduchu, která nás odděluje od vodního prostředí a tělo potápěče je v podmínkách, které jsou pro něj přirozené – vzduch a jeho vlastnosti. Proto nedochází k tak velkým ztrátám. Důležité je mít oblek přesně na míru, jinak své izolační vlastnosti ztrácí. Pokud je příliš těsný, nezbývá už místo pro vrstvu vzduchu. Pokud je velký a nepřilne k povrchu těla a jeho účinek je také značně omezen.

S izolační vrstvou je spojena i otázka podkožní tukové vrstvy. Ta funguje také jako izolátor od chladného prostředí. Na tento problém jsem během práce několikrát narazila. Jasně se nabízí otázka, jestli je potápění vhodný sport pro lidi s nadváhou a obezitou. Jak jsem zjistila, existuje několik plusů a mínusů.

Kladnou stránkou je, že lidé s vyšším množstvím podkožního tuku jsou před chladem lépe chráněni. Podkožní tuk funguje jako izolační vrstva a zpomaluje výdej tepla do okolí. Obézní jedinci proto snášejí chlad lépe než hubení. O lepší snášenlivosti chladu u lidí s vyšší tukovou vrstvou se zmiňuje Holzapfel (2004), Dobeš (2005), Jánský (1990), Havlíčková a kol. (1997) .

Dalším plusem je fakt, že ve vodě není namáhán pohybový aparát tak jako na souši. Lidé s nadváhou a obezitou tak méně zatěžují klouby a ostatní části těla. V tomto ohledu se již osvědčilo cvičení ve vodě – aquaaerobic, aquafitness a další.

Posledním kladným bodem je, že přístrojové potápění není extrémně fyzicky náročná činnost. Potápěč se vznáší ve vodě a provádí jen pomalé pohyby, jestliže neplave proti proudu. Potápěčský sport může v podstatě vykonávat kdokoli, pokud samozřejmě netrpí onemocněními nebo poruchami, které by podobnou činnost vylučovali. Například pro kardiaka by potápění představovalo obrovskou zátěž. Zde ale uvažujeme jen lidi s nadváhou a obezitou.

Naproti tomu samozřejmě existují zápory. Lidé s nadváhou a obezitou mají větší povrch těla. Větším povrchem se logicky bude ztrácet více tepla. Otázkou je, nakolik je tento faktor významný. Z mého pohledu je významnější izolační schopnost tukové vrstvy než velikost tělesného povrchu. Tento problém by byl podle mého názoru

dobrým tématem pro další práci. Zaujal mě natolik, že bych ho zvolila jako téma Diplomové práce.

Dalším záporným faktem je otázka spalování tuků při potápěčském sportu. Při tvorbě tepla svalovým třesem dochází ke spotřebování poměrně velkého množství energie. Může se zdát, že tak dochází k odbourávání tuků. Svalový třes však není příliš dlouhý na to, aby se tuky začaly spalovat. Nejprve převažuje metabolismus cukrů, a proto nedochází k úbytku váhy. Martiňák (1977) uvádí, že: „Klesá-li teplota, organismus se nejprve ohřívá spalováním cukrů“. Pro obézní jedince je důležité spalovat tuky, ne cukry. Tuky se začínají odbourávat až po určité době a při určité intenzitě činnosti. Je známo, že se nejlépe odbourávají při vytrvalostní činnosti. Otázkou je, jestli je činnost potápěče svou intenzitou a dobou trvání dostatečná.

Posledním záporným bodem je hlad, který po ponoru přichází. Uvedla jsem, že potápění není extrémně fyzicky náročné. Během ponoru si jeho náročnost neuvědomujeme. Uvědomíme si ji až na hladině nebo na břehu. Potápěč je po svém výkonu unavený a má pocit hladu. Pocit hladu je vyvolán potřebou doplnit ztracenou energii. U lidí s nadváhou a obezitou může být hlad velký problém, protože u nich jídlo často funguje jako droga. Po ponoru tedy hrozí přejídání a opětovné hromadění tělesného tuku. Hromadění tuku v těle je také způsobeno postupnou aklimatizací na chlad.

Na základě těchto poznatků nevím, jestli bych lidem s nadváhou a obezitou přístrojové potápění doporučila jako vhodnou aktivitu. Pro redukci váhy zcela jasně ne. Přístrojové potápění je pro redukci váhy nevhodné. V provozování přístrojového potápění jako doplňkové aktivity však nevidím problém.

Jako sporný se ukázal i fakt aktivního pohybu pod vodou, jako způsobu tvorby tepla a tím zahřátí organismu. Není přesně určeno, jestli je pohyb dobrou obranou těla před podchlazením nebo ne. Literatura v tomto ohledu není jednotná. Dříve se tvrdilo, že se má podchlazený člověk snažit co nejvíce aktivně pohybovat, aby si vytvořil teplo a zahřál tím svůj organismus. Postupně se od tohoto názoru upouštělo a začal se propagovat opačný postup. Tím bylo zůstat v klidu a hýbat se co nejméně.

Stále není jasné, která z metod je ta správná. Osobně se přikláním k druhé možnosti. Co nejvíce omezit pohyb a tím svalovou práci. Teplo se při práci svalů sice tvoří, ale

kvůli vlastnostem vody se ztrácí do okolí. Jinak řečeno, teplo, které si aktivitou svalů pracně vyrobíme, stejně vydáme okolnímu vodnímu prostředí. Množství energie potřebné pro aktivní pohyb se v chladných vodních podmínkách zvyšuje. Energie, která by nám na souši stačila pro práci například na několik minut, vystačí v chladné vodě na mnohem kratší časový úsek. To způsobí vyčerpání a možnou smrt z vyčerpání. Jestliže se nebudeme hýbat a zůstaneme v klidu, omezíme tak energetické ztráty a tím prodloužíme dobu, po kterou můžeme chladu odolávat. Omezíme také ztráty tepla prouděním a vedením, které jsou při pohybu větší než v klidu.

Bartůňková (2006) uvádí, že při pobytu v chladné vodě není možné udržet pozitivní tepelnou bilanci, a že větší ztráty vznikají při plavání než v klidu. Příčinou je zátěžová vasodilatace a větší cirkulace chladné vody. Dále uvádí, že v chladné vodě pod 18 °C je lepší zůstat v klidu než plavat, vznášet se v nafukovací vestě ve skrčené poloze a držet se ve skupině.

Obě hypotézy určené na začátku práce se potvrdily. Ve vodě opravdu dochází k mnohem větším ztrátám tělesného tepla. Děje se to stejnými mechanismy jako na souši, ale v úplně jiném procentuelním zastoupení. To vše je zapříčiněno odlišnými vlastnostmi vodního prostředí. Voda má jiné vlastnosti než vzduch, ale i jiné vlastnosti než ostatní kapaliny. Tepelné ztráty jsou zapříčiněny zejména vysokou tepelnou kapacitou vody, dobrými vodivými vlastnostmi vody a hustotou vody. Tepelná kapacita vody je podle literatury 3000x (Dobeš, 2005) až 3200x (Dvořáková, 2005)větší . Stejně tak i tepelná vodivost. Ta je podle literatury vyšší 25x (Dvořáková, 2005) až 30x (Dobeš, 2005; Schinckovi, 2007).

Pokud rozebereme jednotlivé mechanismy výdeje tepla, zjistíme, že největší podíl na tepelných ztrátách pod vodou má proudění. Hned další je vedení. Záření můžeme pod vodou zanedbat. Poslední mechanismus – odpařování, je ve vodním prostředí nefunkční z hlediska tepelných ztrát. Díky odpařování může dojít k přehřátí organismu, ale nikoli k podchlazení. Existuje jeden výjimečný případ, a to potápěč v suchém izolačním obleku. Pod suchý izolační oblek si potápěči berou normální oděv. Jestliže se zpotí, oděv zvlhne a naruší tak prostředí tvořené izolačním oblekem. Může dojít k podchlazení.

Na souši má největší zastoupení ve ztrátách tepla proudění a vedení. Záření probíhá v menším rozsahu. Na suchu výborně funguje odpařování, kterým je náš organismus schopen účinně ochlazovat tělo. Účinnost odpařování se snižuje se stoupající vlhkostí vzduchu.

ZÁVĚR

Závěrem bych chtěla zmínit, jak je zajímavé tepelné ztráty ve vodním prostředí měřit. Měření se dá uskutečnit podle mnoha faktorů. Kdybych ho měla osobně provádět, zvolím měření na základě teploty vody, tloušťky podkožní tukové vrstvy a zkušeností potápěče. Této problematice bych se chtěla dále věnovat v diplomové práci.

Přístrojové potápění je nádherný, stále se rozvíjející sport, který si získává nové a nové příznivce. Současně je třeba připomenout, že sportovní potápění nikdy nebude sport pro všechny. Jednak vzhledem k možným zdravotním omezením a jednak pro svou finanční náročnost. Na druhou stranu každá pohybová aktivita, která „přitáhne“ jedince k pravidelnému pohybu, je žádoucí.

Pokud se potápění chceme věnovat, je důležité si nejprve stanovit, co od něj očekáváme, proč se mu chceme věnovat a jestli je to pro náš organismus vhodné.

POUŽITÁ LITERATURA

1. ÁČ, P., et al. *Sportovní potápění*. 1. vyd. Praha : Naše vojsko, 1972. 232 s.
2. BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení : Učební texty pro studenty fyzioterapie a studia tělesná a pracovní výchova zdravotně postiženýcg*. 1. vyd. Praha : Karolinum , 2006. 286 s. ISBN 80-246-1171-6.
3. DOBEŠ, D. *Přístrojové potápění : praktická příručka pro každého potápěče.* 1.vyd. Brno : CP Books, a. s., 2005. 175s. ISBN 80-251-0700-0.
4. DVOŘÁKOVÁ, Z. *Potápění*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s., 2005. 98 s. ISBN 80-247-1100-1.
5. HAVLÍČKOVÁ, L., et al. *Fyziologie tělesné zátěže I. : Obecná část*. Praha : Karolinum , 1997. 196 s. ISBN 80-7184-354-7.
6. HOLZAPFEL, R. B. *Potápění*. České Budějovice : KOPP, 2004. 128 s. ISBN 80-7232-321-1
7. JÁNSKÝ, L. *Vývojová fyziologie I. : základy termoregulace*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1990. 107 s. ISBN 80-7066-240-9.
8. MARTIŇÁK, J., et al. *Malá škola potápění*. Praha : ÚV Svazu pro spolupráci s armádou, 1977. 108 s.
9. OYHENART, J. M., MIOULANE, P. *Potápění : Vášeň a profese*. 1. édition. Praha : Euromwdia Group k. s., 2004. 232 s. ISBN 80-242-1168-8.
10. SCHINCKOVI , A a P. *Potápění : výstroj, rizika, potápěčské kurzy*. 1. Auflage. Praha : Soliter, 2007. 223 s. ISBN 978-80-7234-704-9.
11. VALNÍČEK, Vladimír. *Závěrečná práce k některým psychologickým vlivůM vodního prostředí na lokomoci člověka pod vodou*. Praha, 1978. 51 s. Univerzita Karlova Fakulta tělesné výchovy a sportu. Vedoucí diplomové práce Hošek V.
12. VRBOVSKÝ, V., et al. *Potápění s přístrojem*. Praha : Svaz potápěčů české republiky, [200-?]. 196 s.

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

1. *Celkové podchlazení (hypotermie)* [online]. c 200- [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.hohohorice.cz/Podchlazeni.ht>.
2. HODKOVÁ, L, BŘEČKA, J. *Termická poranění - poškození chladem* [online]. c 2006 [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.trenink.com/index.php?option=com_conten t&task=view&id=1232&Itemid=226>.
3. *Hypotermie* [online]. c 2009 [cit. 2009-04-12]. URL:<http://potapeni.isweb.cz/potapeni/hypotermie.html>.
4. MARTINÍK, K. *Termoregulace* [online]. c 2007 [cit. 2009-04-08]. URL: <http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/termoregulace.pdf>.
5. MedHunters. *Trivia: The Mammalian Diving Reflex* [online]. c 2006 [cit. 2009-04-08]. URL: <http://www.medhunters.com/articles/trivia020706.html>.
6. Mondofacto. *Diving reflex* [online]. c 2008 [cit. 2009-04-11]. URL: <http://www.mondofacto.com/facts/dictionary?diving+reflex>.
7. NOVOMENSKÝ, F. *Hypotermie trochu jinak* [online]. c 200- [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.itd.cz/musters/muster2.asp?id=80>.
8. NOVOMENSKÝ, F. *Studený zabiják* [online]. c 200- [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.itd.cz/musters/muster2.asp?id=81>.
9. *Podchlazení* [online]. c 2008 [cit. 2009-04-08]. URL: <http://www.firstaid.estranky.cz/stranka/podchlazeni>.
10. SEKYROVÁ, K. *Podchlazení - když zima zabíjí* [online]. c 2001 [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.kalimera.cz/podchlazeni_kdyz_zima_zabiji.html>.
11. SIEGER, L. *Skryté nebezpečí podchlazení* [online]. c 2006 [cit. 2009-04-10]. URL: <http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107593-skryte-nebezpeci-podchlazeni>.
12. SLÁDEK, T. *U. S. Navy Diving Manual* [online]. c 2009 [cit. 2009-04-09]. URL: <http://www.stranypotapecske.cz/litera/usndm6.asp?str>.
13. Společnost horské medicíny ČR. *Bulletiny* [online]. c 2007 [cit. 2009-04-10]. Bulletin LK ČSH 2004. URL: <http://www.horska-medicina.cz/?page_id=9>.

14. Společnost horské medicíny ČR. *Podchlazení* [online]. c 2007 [cit. 2009-04-11]. URL: <http://www.horska-medicina.cz/?p=63#more-63>.