

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

## **VLIV CHLADOVÉ TERAPIE NA ODEZVU ORGANISMU PO TĚLESNÉM ZATÍŽENÍ**

Bakalářská práce

Autor: Martin Havrlant

Studijní program: Tělesná výchova a sport pro vzdělávání se  
specializacemi

Vedoucí práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph. D.

Olomouc 2023



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Martin Havrlant

**Název práce:** Vliv chladové terapie na odezvu organismu po tělesném zatížení

**Vedoucí práce:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph. D.

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá chladovou terapií jako takovou, jejím vlivem jak na fyzickou, tak i psychickou odezvu organismu po tělesném zatížení. Práce se zaměřuje na popis jednotlivých druhů chladové terapie, na jejich rozdíly a způsob aplikace těchto terapií na lidský organismus. Jsou zde shrnuty klady, ale také zápory populárních metod chladové terapie, které sportovci ve svých sportech využívají pro co nejvyšší míru regenerace organismu mezi jednotlivým tělesným zatížením. Pomocí rešerše odborných studií z databází Web of Science, Scopus a PubMed byly vybrány studie zaměřené na negativní termoterapii jako regenerační prostředek po zatížení, které byly následně interpretovány a shrnuty ve druhé části bakalářské práce. Výsledky práce ukazují na fakt, že se negativní termoterapie jeví jako efektivnější metoda pro snížení vnímané bolestivosti svalů, celkové únavy, zkrácení doby pro zotavení a jako prostředek pro redukci opožděné bolestivosti svalů nežli jiné regenerační metody. Výsledky práce by mohly být využity sportovci či trenéry v jakémkoliv sportovním odvětví, jako nástroj pro zlepšení a úpravu regeneračních metod po tělesném zatížení pro zlepšení výkonnosti jedinců.

### **Klíčová slova:**

Odezva organismu, chladová terapie, sportovní zatížení, regenerace, zánět, výkonnost

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author:** Martin Havrlant  
**Title:** The effect of post-exercise cold therapy on body's response

**Supervisor:** doc. PhDr. Michal Botek, Ph. D.  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2023

### **Abstract:**

This bachelor thesis focus on cold therapy as such, its influence on both physical and psychological body's response after physical load. The thesis focuses on the description of different types of cold therapy, its differences and the ways of applying these therapies on the human organism. It summarizes the pros and cons of popular cold therapy methods used by athletes in their sports to maximize the recovery of the organism between each physical load. Using a search of scientific studies focused on cold thermotherapy as a recovery instrument after training load were selected from the Web of Science, Scopus and PubMed databases, which were subsequently interpreted and summarized in the second part of the bachelor thesis. The results of this thesis indicate that cold thermotherapy appears to be more effective method for reducing perceived muscle soreness, overall fatigue, reducing recovery time and reducing delayed onset muscle soreness than other recovery methods. The results of this work could be used by athletes or coaches in any sport as a tool to improve and modify recovery methods after physical load to improve the performance of an athlete.

### **Keywords:**

Body's response, cold therapy, sports load, regeneration, inflammation, performance

I agree the thesis paper to be lent within the library service.



Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením doc. PhDr. Michala Botka, Ph. D. , uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. dubna 2023

.....

Děkuji vedoucímu práce doc. PhDr. Michalu Botkovi, Ph. D. za jeho vstřícnost, trpělivost a důležité rady při tvorbě a kompletování této bakalářské práce.

# OBSAH

Obsah .....	7
1 Úvod.....	9
2 Přehled poznatků .....	10
2.1 Sportovní výkon .....	10
2.1.1 Zatížení .....	11
2.1.2 Homeostáza .....	12
2.1.3 Oxidační stres.....	13
2.1.4 Energetický metabolismus sportovního výkonu .....	14
2.2 Odezva organismu na zátěž .....	17
2.2.1 Adaptace .....	17
2.2.2 Odezva a adaptace kardiovaskulárního systému na zátěž .....	17
2.2.3 Odezva a adaptace dýchacího systému na zátěž .....	18
2.2.4 Odezva a adaptace muskuloskeletálního systému na zátěž .....	18
2.2.5 Biologické ukazatele svalového poškození a zánětu .....	19
2.3 Regenerace .....	20
2.3.1 Rozdělení regenerace .....	21
2.3.2 Regenerační prostředky.....	22
2.4 Únava.....	23
2.4.1 Akutní únava .....	24
2.4.2 DOMS.....	24
2.4.3 Fyziologická únava.....	25
2.4.4 Patologická únava .....	25
2.4.5 Chronická únava .....	26
2.4.6 Psychická únava .....	27
2.5 Termoterapie .....	27
2.5.1 Termoregulace .....	28
2.5.2 Pozitivní termoterapie.....	29
2.6 Negativní termoterapie .....	30
2.6.1 Metody aplikace negativní termoterapie .....	31

2.6.2	Odezva organismu na negativní termoterapii .....	32
2.6.3	Rizika negativní termoterapie.....	33
2.7	Hydroterapie studenou vodou .....	34
3	Cíle.....	36
3.1	Hlavní cíl .....	36
3.2	Dílčí cíle .....	36
3.3	Výzkumné otázky .....	36
4	Metodika.....	37
4.1	Strategie výběru odborných studií.....	37
4.2	Kritéria vyhledávání odborných studií .....	37
4.3	Vývojový diagram vyhledávání odborných studií a článků.....	38
5	Výsledky a diskuse.....	44
5.1	Negativní termoterapie ve vztahu k únavě .....	44
5.2	Negativní termoterapie ve vztahu k zotavení a sportovnímu výkonu .....	45
5.3	Praktická aplikace .....	46
5.4	Limity práce .....	47
6	Závěr .....	48
7	Souhrn .....	49
8	Summary.....	50
9	Referenční seznam .....	51

# 1 ÚVOD

Sportovní prostředí klade na sportovce čím dál tím větší nároky. Tyto nároky mohou mít podobu fyzické připravenosti, ale i psychické odolnosti vůči očekávání a pocitu samozřejmosti prvních míst v každé soutěži či zápase.

Dosahování maximální fyzické připravenosti je dlouhodobý proces, prolínající se všemi složkami sportovního výkonu. Aby docházelo ke stálému zlepšování v oblasti sportovní výkonnosti, musí se sportovec a jeho trenér naučit pracovat s formou a náplní tréninkových jednotek, jejich periodizací a tréninkovým zatížením. Nejdůležitějším faktorem, ale také bohužel stále velmi opomíjeným, je práce s výživou a se zotavením. Sportovec může být maximálně fyzicky připraven, psychicky odolný, takticky a technicky vytříbený, ale pokud nedokáže pracovat se zotavením, nedokáže dlouhodobě opakovat maximální sportovní výkon bez vzniku chronických onemocnění či zranění.

Regenerace je proto nedílnou součástí každého sportovce a je novodobě velice obsáhlým pojmem. Existují různé formy regenerace v podobě aktivního odpočinku, pasivního odpočinku, využití regeneračních médií nebo také formy psychické regenerace za účelem psychosomatickým (Fava a & Sonino, 2000). Stále známější a uznávanější formou regenerace je pobyt v chladném prostředí, které má vliv jak na fyzickou stránku člověka, tak i na tu psychickou. Využití chladu jako léčebného prostředku má dlouhou a pestrou historii, kdy jeden z nejstarších lékařských textů z roku 3500 př. n. l, a to konkrétně papyrus Edwina Smithe obsahuje četné zmínky o použití chladu jako léčebného prostředku (Wang et al., 2006). Jednou z nejpopulárnějších metod chladové terapie ve sportovním prostředí je pobyt v ledové vodě, v kryokomorách nebo na chladném vzduchu. Porozumění vlivu chladu na lidský organismus je jednou z klíčových podstat pro vytváření správných zotavovacích a adaptačních mechanismů pro co nejoptimálnější zvýšení sportovní výkonnosti (Doubt, 1991).

Cílem této bakalářské práce je objasnit a shrnout základní principy a následné vlivy chladové terapie na fyzickou i psychickou stránku organismu po tělesném zatížení. Dále popsat klady, ale i také zápory chladové terapie ve vztahu k únavě, výkonu a celkové schopnosti adaptace na odebírání tepla z organismu v podobě chladové terapie.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Sportovní výkon

Při závodech, soutěžích nebo i v tréninkových jednotkách je základním parametrem úspěchu podat co nejlepší sportovní výkon. Tento výkon se dá charakterizovat jako výsledek fyzické či mentální aktivity, reprezentující aktuální schopnosti sportovce.

„Sportovní výkon lze charakterizovat jako projev specializovaných schopností sportovce. Jeho obsahem je uvědomělá pohybová činnost zaměřená na řešení úkolu, který je vymezen pravidly jednotlivých disciplín, závodů, soutěží a utkání.“ (Lehnert et al., 2001, s. 8).

Při rozlišování úrovně výkonů je třeba rozlišovat mezi sportovním výkonem relativně maximálním a sportovním výkonem absolutně maximálním. Relativně maximální výkony vycházejí z maximálních možností jedince, zatímco absolutně maximální výkony můžeme chápat jako rekordy, které doposud nebyly překonány (Dovalil, 2008). Dále můžeme rozdělovat sportovní výkon na individuální a týmový.

Dispozice kontinuálně podávat sportovní výkon se nazývá sportovní výkonnost. Tyto dvě kategorie se prolínají a vytvářejí celek, který udává naši celkovou zdatnost a úroveň ve sportovním prostředí. Sportovní výkon lze, ale i částečně nelze ovlivnit činiteli, jejichž dlouhodobé působení ovlivňuje úroveň výkonu jedince. Dovalil (2008) a Lehnert et al. (2001) vyhrazují tři základní činitele:

- Vrozené vlohy
- Sociální prostředí
- Tréninková činnost

Vrozené vlohy neboli dispozice, lze chápat jako nadání či talent, které lze rozvíjet pomocí zbylých dvou činitelů. Tyto vlohy jsou však skryté do doby, než se začne projevovat jejich míra skrz aktivní aplikaci sociálního prostředí a tréninkové činnosti. Dovalil et al. (2009) tyto vrozené dispozice dělí dále na morfologické (tělesná výška, hmotnost a stavba těla), fyziologické a psychologické (temperament, intelekt...) Prostředí, ve kterém jedinec vyrůstá, taktéž ovlivňuje rozvíjení vrozených dispozic a následně úroveň sportovního výkonu, ale i psychickou pohodu, motivaci nebo celkovou odolnost. Podněty, které cílevědomě a dlouhodobě působí na organismus za cílem zvyšování trénovanosti sportovce, připisujeme k faktoru tréninkové činnosti neboli sportovnímu tréninku.

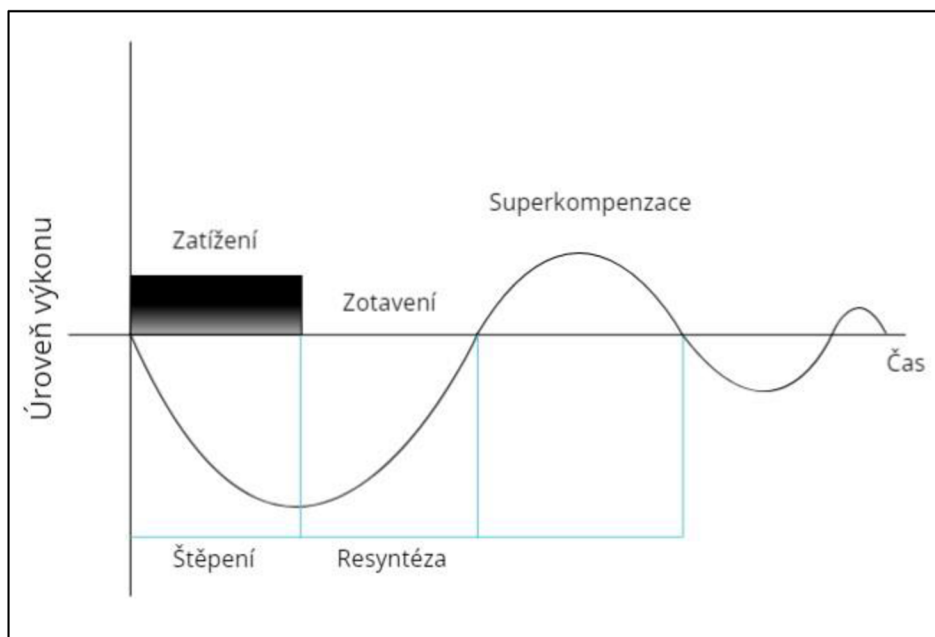
### **2.1.1 Zatížení**

Aby docházelo k růstu úrovně sportovního výkonu a výkonnosti, musí docházet k adaptačním změnám organismu. Tyto adaptační změny obsahují změny úrovně dovedností, schopností nebo somatických předpokladů a jejich vyšší úroveň lze chápat jako přizpůsobení se požadavkům pohybových činností (Dovalil et al., 2009). Dosažení adaptačních změn lze skrz narušení homeostázy pomocí cílené aplikace stresorů ve formě zatížení. Systematickým opakováním zatížení vzniká zatěžování neboli adaptační podnět, při jehož vhodném uplatnění možno očekávat kumulativní tréninkový efekt (Zahradník & Korvas, 2017).

Pro co nejlepší sportovní výkon z pohledu finální sportovní činnosti a z pohledu jejího obsahu, musí adaptační podnět ve formě cvičení splňovat kritéria anatomické (jakou svalovou skupinu chceme rozvíjet), svalové (cvičení statická nebo dynamická), v jakém sportovní odvětví se nacházíme (gymnastika, atletika, fotbal), pohybové schopnosti využívané při dané činnosti (cvičení rychlostní, vytrvalostní, silová, koordinační) a kritérium obtížnosti (Dovalil et al., 2009).

Úroveň kvality a rychlosti adaptačních procesů na adaptační podnět závisí na jeho trvání, intenzitě, frekvenci opakování podnětu a samotného druhu adaptačních podnětů. Úroveň adaptačního podnětu rozděluje Lehnert et al. (2001) na podprahovou (nenarušením dynamické rovnováhy vnitřního prostředí nevznikají adaptační změny), nadprahovou (nadměrná intenzita není vykompenzována regulačními systémy vnitřního prostředí, což narušuje normální funkce organismu) a optimální, tedy ty, které umožňují obnovit dynamickou rovnováhu a umožňují zdokonalovat a postupně přizpůsobovat regulační mechanismy vnitřního prostředí.

Optimálním projevem zatěžování je tzv. superkompenzace. Jde o navýšení energetických rezerv organismu díky předchozí intenzitě a objemu zatížení (Zahradník & Korvas, 2017). Tento proces vzniká při adaptačních podnětech (fáze zatížení), které spouští proces štěpení energetických zdrojů, které jsou po ukončení zatížení, tedy ve fázi zotavení resyntezovány (znovuobnoveny). Resyntéza ale pouze neobnovuje předchozí energetické zdroje na původní úroveň, ale do určité míry tuto úroveň navýší (Obrázek 1). Tento stav je vhodný pro začátek nové činnosti, vzhledem k většímu množství energetických rezerv a zdrojů, což může pomoci při vyvinutí intenzivnější svalové práce (Dovalil et al., 2009).



Obrázek 1. Charakteristika superkompensace

### 2.1.2 Homeostáza

Jednou ze základních podmínek pro přežití jedince v opětovně se měnícím prostředí je udržení homeostázy. Jde tedy o dynamické udržování stálosti vnitřního prostředí v rozmezí biologicky přípustných hranic (Dovalil, 2008). Měnicí se prostředí, na které následně reaguje homeostáza nerovnovážným stavem, můžeme chápat jako fyzickou či psychickou zátěž, změnu okolního tlaku nebo teploty, nebo také nedostatečný přísun potravy a tekutin (Botek et al., 2017). Homeostáza se vztahuje na funkci jednotlivých orgánových soustav, jejich orgánů, buněk a tkání, které musí být v optimálním stavu, aby byly dodrženy ideální podmínky a prostředí pro všechny životní děje. Zároveň se jedná o rozsáhlou řadu dílčích dějů a stavů, jako je například udržování stálé hladiny minerálních látek v organismu, teploty, změny pH atd... (Orel, 2019).

Aby docházelo k udržení rovnovážného stavu vnitřního prostředí, musí se aktivovat jak fyziologická, tak i nervová a humorální soustava. Do fyziologické soustavy řadíme dýchací a trávicí systém, ledviny či kůži. Nervová soustava oproti humorální dokáže expresně reagovat na změny vnějšího a vnitřního prostředí, zatímco humorální soustava, tedy endokrinní žlázy a hormony, reaguje pomaleji, ale efekt působení je po delší časový horizont (Botek et al., 2017). Selhávají-li mechanismy k udržení stálosti vnitřního prostředí nebo je narušení homeostázy tak výrazné, může být samotný organismus krátkodobě či dlouhodobě poškozen, mohou se objevovat nemoci nebo může dojít v té nejzazší fázi také ke smrti (Orel, 2019).



## **Acidobazická rovnováha**

Acidobazická rovnováha je nedílnou součástí udržení vitálních funkcí organismu, což napomáhá k udržení homeostázy. Jedná se o dynamickou rovnováhu mezi tvorbou a vylučováním kyselých a zásaditých látek v organismu. Kyseliny charakterizujeme jako látky s převahou kladných vodíkových iontů a zásady jako látky s přebytkem záporných hydroxidových iontů (Botek et al., 2017). Je-li pH v krvi a dalších tělesných tekutinách výrazněji vychýleno z normy (pH 7.31-7.42) může dojít k narušení metabolických drah a fyziologických pochodů, což by mělo za následek metabolický rozvrat (Botek et al., 2017). Při sportovním zatížení se v souvislosti s acidobazickou rovnováhou vyhodnocují ukazatele laktátu neboli koncentrace kyseliny mléčné a jejich soli v krvi (Bartůňková et al., 2013).

## **Vodní bilance**

Další významnou složkou homeostázy organismu je udržování vodní bilance. Voda v lidském těle představuje asi 60% celkové hmotnosti těla a vytváří univerzální prostředí pro biochemické děje (Botek et al., 2017). Celková tělesná voda (CTV) se v organismu nachází na různých místech, Orel (2019) tuto vodu dělí na intracelulární tekutinu (ICT), extracelulární tekutinu (ECT) a transcelulární tekutinu. ICT se nachází uvnitř buněk a tvoří cca 66 % CTV. ECT je mimobuněčná tekutina, která je ze 33 % obsažena v CTV a je složena ze 75 % tkáňovým mokem a ze 25 % krevní plazmou. Transcelulární tekutina se nachází v malém množství v kloubních šterbinách, očních komorách a v blanitém labyrintu vnitřního ucha (Orel, 2019).

### **2.1.3 Oxidační stres**

Nerovnováha mezi tvorbou a odbouráváním forem reaktivního kyslíku se nazývá oxidační stres. Formy reaktivního kyslíku (popřípadě dusíku) neboli volné radikály, vznikají při svalové práci vysoké intenzity (v zóně nad anaerobním prahem, popřípadě nad 70-75 %  $VO_{2max}$ ) (Botek et al., 2017). Volné radikály se charakterizují jako vysoce reaktivní molekuly s nepárovými elektrony, jejichž snahou je doplnit chybějící párový elektron z jiných molekul (Bartůňková et al., 2013). Volné radikály vznikají kromě intenzivní svalové činnosti taktéž díky tkáňovému dýchání, hyperglykemii, zánětům, ale také díky exogenním stresorům jako jsou UV a ionizující záření, kouření či intoxikace alkoholem (Pizzino et al., 2017). Reaktivní formy kyslíku, jako jsou například superoxidové radikály, hydroxylové radikály, alkylperoxylové radikály nebo hydroperoxydy, dokážou reagovat s bázemi DNA, což má za následek chemické změny s následným poškozením buněk a inaktivitou různých enzymů (Bartůňková et al., 2013). Oxidační stres dále poškozuje

lipidy lipidoperoxidací, membrány organel, mitochondrií a buněk včetně poškození DNA (Botek et al., 2017). Podle Bartůňkové et al. (2013) a Pizzino et al. (2017) je oxidační stres zodpovědný také za kardiovaskulární onemocnění, rakovinu, metabolické zvraty, hypertenzi nebo také za reprodukční poruchy jako je spermatogeneze. Lidský organismus dokáže bojovat s oxidačním stresem pomocí antioxidačních látek vlastní tvorby (z enzymů například superoxidodismutáza, kataláza, bilirubin, feritin nebo melatonin). Antioxidační látky, jako vitamin E, retinol, koenzym Q, vitamin C nebo vitamin A lze využít pro obnovu rovnováhy mezi tvorbou a odbouráváním volných radikálů, stejně jako pravidelnou pohybovou aktivitou střední intenzity (Botek et al., 2017).

#### **2.1.4 Energetický metabolismus sportovního výkonu**

Svalová kontrakce, představující jakoukoliv každodenní pohybovou činnost, vytváří požadavky na její energetické zajištění. Zdroje zajišťující energetické krytí pohybové činnosti se dělí na makroergní fosfáty a makroergní substráty. Mezi makroergní fosfáty patří adenosintrifosfát (ATP), který je jediným bezprostředním zdrojem energie pro svalovou kontrakci (Botek et al., 2017), dále adenosindifosfát (ADP) a kreatinfosfát (CP). ATP jako energetická rezerva představuje pouze 80-200 gramů, což poskytuje energii o hodnotách přibližně 21-33 kJ. Toto energetické krytí vystačí při intenzivní svalové činnosti pouze na 1-3 sekundy (Bartůňková et al., 2013). Aby mohl být ATP rychle resyntetizován, využívá organismus zejména kreatinfosfát, ale také se po delším časovém horizontu využívá štěpení makroergních substrátů jako jsou cukry, tuky a bílkoviny (Dovalil et al., 2009).

Cukry jsou v lidském těle uchovávány jako energetická rezerva ve formě glykogenu, a to svalového a jaterního. Celková váha glykogenu se v lidském těle pohybuje okolo 300-500 g. Svalový glykogen je uložen v cytoplazmě myocytů (svalových buněk) primárně jako zásobárna energie pro svalovou kontrakci, zatímco jaterní glykogen je skladován a využit pro udržení hladiny glukózy v krvi, která je základním energetickým zdrojem pro správnou funkci mozku (Botek et al., 2017).

Tuky poskytují zásobárnu energie při déle trvajícím a méně intenzivním zatížení. Tuky jsou v organismu zastoupeny ve vyšším poměru jak váhově, tak i v potenciálním energetickém krytí nežli cukry. Nevýhoda tuků je jejich obtížná buněčná metabolizace, kdy nejprve musí dojít na štěpení komplexní formy tuků (triglyceridů) na glycerol a volné mastné kyseliny. Až tyto volné mastné kyseliny mohou být využity ke tvorbě ATP (Kenney et al., 2012).

Bílkoviny se jako sekundární zdroj energie využívají pouze výjimečně, a to při dlouhotrvajícím zatížení, protože jejich hlavní funkcí je funkce stavební, tj. stavba tkání (Dovalil et al., 2009). Stejně jak u tuků jsou pro tvorbu ATP využívány pouze volné mastné kyseliny, u bílkovin to jsou jejich základní stavební jednotky, aminokyseliny. Bílkoviny mají zároveň přibližně stejnou energetickou hodnotu (množství energie vzniklé metabolismem 1 gramu živiny) jako sacharidy, a to na 1 gram cca 4.1 kcal, zatímco tuky jako největší zásobárna energie organismu mají energetickou hodnotu na 1 gram cca 9 kcal (Dovalil et al., 2009).

Jelikož zásoba energie ve formě ATP je velice limitní, je zapotřebí metabolizovat dostatečné množství živin pro její tvorbu. Existují tři základní energetické cesty, které pracují buďto anaerobně (bez přístupu kyslíku) nebo aerobně (za přístupu kyslíku). Tyto tři cesty se taktéž nazývají jako cesty resyntézy ATP:

- ATP-CP systém (anaerobní alaktátová cesta)
- LA systém (anaerobně laktátová cesta)
- O<sub>2</sub> – Oxidativní fosforylace (aerobně alaktátová, oxidativní cesta)

Tyto cesty nikdy nepracují odděleně a až po ukončení činnosti jedné z nich. Cesty pracují současně, pouze se mění jejich vzájemná převaha vzhledem k trvání činnosti a její intenzitě (Tabulka 1) (Dovalil et al., 2009).

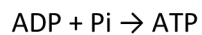
Tabulka 1

*Podíl energetických systémů při činnosti vzhledem k době trvání a maximální intenzitě pro uvedený čas (Dovalil et al., 2009)*

Doba činnosti	ATP-CP (%)	LA (%)	O <sub>2</sub> (%)
5 s.	85	10	5
10 s.	50	35	15
30 s.	15	65	20
1 min.	8	62	30
2 min.	4	46	50
4 min.	2	28	70
10 min.	1	9	90
30 min.	1	5	95
1 hod.	1	2	98
2 hod.	1	1	99

### **ATP-CP systém**

Tento systém, taktéž označován kvůli svému získávání energie z makroergních fosfátů jako fosfagenový, využívá anaerobní způsob získávání energie. Svalová kontrakce je energeticky zajišťována skrz ATP, které je při spotřebování ihned resyntetizováno pomocí CP. Působením kreatinkinázy (CK) se kreatinfosfát rozpadá na kreatin a Pi (tři anorganické fosfáty), což způsobí rychlou resyntézu ATP z ADP díky uvolněné energii (Botek et al., 2017). Jde tedy o vztah:



Tato anaerobně alaktátová cesta tvorby energie vystačí na pouhých 3-15 s., poté se svalová kontrakce musí spolehnout na zajištění energie jinými cestami, a to pomocí LA systému nebo O<sub>2</sub> systému (Kenney et al., 2012).

### **LA systém**

LA systém neboli z anglického lactic acid, je cesta energetického krytí pomocí anaerobního způsobu získávání energie štěpením glykogenu. Tato cesta začíná dominovat při činnosti prováděné v téměř maximální (submaximální) intenzitě po delší časový úsek. Charakteristickým rysem tohoto systému je tvorba kyseliny mléčné a jejích solí neboli laktátu, který se akumuluje v krvi a způsobuje okyselení vnitřního prostředí (Dovalil et al., 2009). Tento proces tvorby energie se nazývá anaerobní glykolýza, jejímž pozitivem je poměrně rychlý nástup, avšak nevýhodou je vznik acidózy (zakyselení) s relativně malým množstvím energie (Bartůňková et al., 2013). Při zvýšeném stupni laktátu ve svaích dochází k bolestivosti svalů, narušení nervových regulací, vlivům na psychiku a řízení pohybu (Dovalil, 2008).

### **O<sub>2</sub> systém**

Poslední systém, taktéž známý jako oxidativní fosforylace, je systém štěpení makroergních substrátů za přítomnosti kyslíku, tedy aerobní cestou. Narozdíl od anaerobní produkce ATP, ke které dochází v cytoplazmě svalových buněk, dochází při oxidativní cestě k oxidativní produkci ATP v mitochondriích (Kenney et al., 2012). Dalším rozdílem mezi anaerobní cestou získávání ATP a oxidativní fosforylací je její pomalejší nástup, ale mnohem delší energetické pokrytí. Aerobně alaktátová cesta uplatňuje zdroj energie ve formě svalového glykogenu, triglyceridů kosterního svalstva, glukózy doplňované z jaterního glykogenu, volných mastných kyselin a v extrémních případech také z bílkovin (Dovalil et al., 2009). Finálním produktem reakcí jsou oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) a voda, které organismus bez potíží vylučuje.

## **2.2 Odezva organismu na zátěž**

### **2.2.1 Adaptace**

Adaptace, taktéž přizpůsobení, je komplex změn probíhajících v organismu na úrovni jak buněčném, tak i na úrovni jednotlivých orgánových soustav nebo v organismu jako celku. Tyto změny mohou být biochemické, funkční, morfologické nebo psychické a jsou podníceny opakovanými vlivy vnějšího prostředí, jako je zatěžování organismu skrz tělesná zatížení, dlouhodobé vystavování se vyšším či nižším hodnotám okolního tlaku a teploty aj. (Lehnert et al., 2001).

Různé tréninkové zatížení vede k rozdílným adaptačním mechanismům u různých typů orgánových soustav. Adaptační změny se taktéž projevují v odlišném časovém horizontu vzhledem ke specifickému tréninkovému zatížení (Bernacíková et al., 2020). Projevy adaptace ve sportovním tréninku lze chápat jako postupné oslabování poplachové reakce na stejně silný podnět provedený zpravidla po několika týdnech od první fáze tréninku, kdy při počátečních fázích docházelo k mnohem výraznější odpovědi organismu na tělesné zatížení než po těch několika týdnech. Nevyvolává trénink tak výraznou regulační odpověď organismu jako při minulém zatížení, hovoříme od adaptaci (Botek et al., 2017).

### **2.2.2 Odezva a adaptace kardiovaskulárního systému na zátěž**

Hlavní rolí kardiovaskulárního systému je transport kyslíku, plynů a dalších živin do tkání pomocí krevního řečiště (Birch et al., 2005). Další důležitou rolí kardiovaskulárního systému je redistribuce tepla organismu pro udržení teplotní rovnováhy, odvádění odpadních látek z tkání a distribuce ostatních látek po těle (například hormonů).

Odezva a adaptace se týkají primárně srdce a periferní cirkulace, kdy především vlivem vytrvalostního tréninku dochází k charakteristickým změnám, jako je například pokles srdeční frekvence (SF) v submaximálním zatížení díky zlepšenému žilnímu návratu pomocí zlepšeného stavu svalstva a díky posunu sympatogové rovnováhy směrem k vagu (Botek et al., 2017). Další adaptační změnou kardiovaskulárního systému je sportovní bradykardie. Jde o zpomalení klidové srdeční frekvence, kdy se uplatňuje vliv zvýšeného tonu sympatiky (Bartůňková et al., 2013). Systolický objem (SV) neboli objem krve vypuzený srdeční komorou při jednom stažení srdce, se mění v závislosti na vytrvalostním zatížení, a to směrem nahoru. Zvýšený SV totiž pomáhá sportovci dodávat větší množství krve do pracujících periférií a tím zvýšit dodávku kyslíku do pracujících svalů (Bartůňková et al., 2013).

### **2.2.3 Odezva a adaptace dýchacího systému na zátěž**

Dýchací systém se charakterizuje schopností zajišťovat výměnu plynů mezi vnějším prostředím a mezi mitochondriemi buněk, což z něj dělá první článek v procesu obstarávání kyslíku svalovým tkáním (Birch et al., 2005). Další rolí dýchacího systému je schopnost vypuzení a následné regulace hladiny oxidu uhličitého v organismu, což navazuje na regulaci acidobazické rovnováhy v těle (Birch et al., 2005).

Především vlivem vytrvalostního zatížení dochází v dýchacím systému k funkčním změnám. Tyto změny se charakterizují celkovým vzestupem účinnosti dýchacího svalstva. Nejvýznamnějším ukazatelem adaptace dýchacího systému na zátěž je zvýšená hodnota maximální spotřeby kyslíku ( $WO_2max$ ). Dále se pomocí vytrvalostního zatížení snižuje frekvence dýchání při vyšším dechovém objemu v klidu i při zatížení, zlepšuje se mechanika dýchání, plicní průtok, zvyšuje se utilizace kyslíku a schopnost extrahovat  $O_2$  z alveolárního vzduchu pro zvýšení ekonomiky dýchání (Botek et al., 2017; Bartůňková et al., 2013).

### **2.2.4 Odezva a adaptace muskuloskeletálního systému na zátěž**

Muskuloskeletální systém neboli pohybový aparát je celek skládající se z aktivní složky, tedy kosterního svalstva, a ze složky pasivní, tedy souboru kostí, vazů, šlach a kloubů. Jejich vzájemnou synergií vzniká aktivní pohyb v podobě chůze, běhu, plavání, ale i nejmenší úkony prstů, očí nebo obličeje.

Kosterní sval je ve svém průřezu tvořen svalovými vlákny, které obsahují velké množství menších vláken – myofibril. Tyto myofibrily se skládají z ještě menších jednotek – sarkomer (2  $\mu m$ ). Sarkomery jakožto základní kontraktilní jednotkou vlákna, mají specifické žíhání (světlá a tmavá místa), která vznikají díky pravidelnému uspořádání myozinových a aktinových myofilament (Botek et al., 2017).

Adaptace svalového aparátu se mění v závislosti na typu zatížení, které bylo na kosterní sval vyvinuto. Adaptaci podle typu zatížení můžeme rozdělit na adaptaci při rozvoji silových, vytrvalostních a rychlostních pohybových schopností. Při rozvoji rychlostních pohybových schopností dochází v kosterním svalstvu k rozvoji makroergních fosfátů ATP-CP, které organismus využívá jako zdroj energie po dobu 3-15 s., čímž se rozvoj těchto fosfátů stává kritickým pro sportovce orientované na krátkodobé v zatížení maximální disciplíny. Rozvoj silových schopností se váže na adaptaci v podobě svalové hypertrofie. Dle hypotéz se jedná o zvětšení průřezu svalových vláken v důsledku jejich poškození. Toto poškození vyvolá hojivé procesy či nahrazení svalových vláken tzv. Satelitními buňkami, které se při vzniku traumatu dělí

na myoblasty a společně se spojují a diferencují do svalového vlákna (Botek et al., 2017). Vytrvalostní trénink zvyšuje kapilarizaci svalů, zvyšuje se aktivita Krebsova cyklu či beta-oxidace mastných kyselin. U sportovců se ve vytrvalostních disciplínách také objevuje zvýšená hladina svalového glykogenu, a to dokonce o 100 % v porovnání s nesportující populací (Bartůňková et al., 2013).

### **2.2.5 Biologické ukazatele svalového poškození a zánětu**

Neobvyklé zatížení ve formě cvičení sestávající nejčastěji z excentrické kontrakce vytváří obrovský nápor na svalová vlákna. Tato excentrická kontrakce, kterou vytvářejí svaly při brzděném pohybu se taktéž charakterizuje prodloužením svalů (Havlíčková, 1999). Tento druh cvičení má za následek poškození kosterních svalů v místě lokalizace zatížení, které se projevují ultrastrukturálními změnami svalové tkáně, různými příznaky a symptomy – snížený rozsah pohybu, otok, snížená svalová síla, tuhnutí svalů, zánět atp. (Peake et al., 2017). Zánět jako takový má ve sportovní medicíně velký význam, nelze ho chápat pouze jako jeden “špatný” proces, ale musí se o něm bavit jako o komplexní interakci různých signálů a odpovědí na buněčné úrovni (Scott et al., 2004).

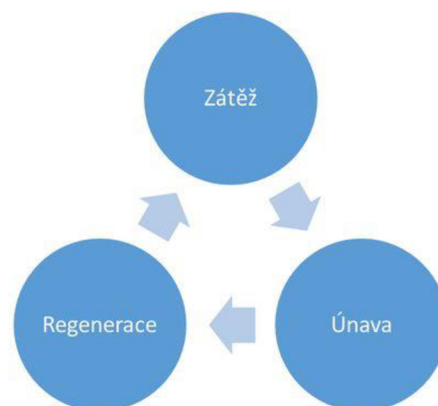
Při hodnocení míry svalového poškození se využívají biochemické, hormonální a imunologické ukazatele neboli markery. Jedním z takových markerů je cytoplazmatický enzym kreatinkináza (CK). CK je tvořena dvěma částmi, a to svalovou a mozkovou. Tyto části vytváří izoformy CK-BB mozkovou, CK-MB myokardiální a CK-MM svalovou. Ve svalech se převážně vyskytuje izoforma CK-MM a z malé části CK-MB (Voháňka, 2012). Při intenzivním zatížení reaguje CK na svalové poškození na úrovni sarkomer svým vyplavováním a zvýšenou hladinou (Hylldahl et al., 2013). Při onemocnění motoneuronů se hladina CK navyšuje také, a to díky zániku svalových vláken na popud zániku vláken nervových (Voháňka, 2012). Kreatinkináza je nejlépe měřitelná mezi 2.-12. hodinou po ukončení zatížení a vzniku poškození. Pokud se jedná o jednorázové zatížení tak se hladina CK nachází v maximu mezi 24-72 hodinami po zatížení (Voháňka, 2012). Jedním z dalších ukazatelů svalového poškození je globulární protein myoglobin. Myoglobin je tvořen jediným řetězcem aminokyselin a jeho hlavní rolí je na sebe vázat molekulární kyslík ve svalových buňkách, který je následně využit jako zásobárna pro svalovou aktivitu (Orel, 2019). Stejně jako enzym kreatinkináza je myoglobin vyplavován a zvyšuje svůj objem v krvi po náročném zatížení a jeho vyšší hodnoty poukazují na míru poškození svalové tkáně (Nybo et al., 2013).

Zánětlivé reakce jsou jedním z faktorů, které signalizují poškození svalové tkáně. Mezi ukazatele míry zánětů a protizánětlivých reakcí v místě poškození řadíme například C – reaktivní protein (CRP), IL-1, 6, 10 nebo hladinu bílých krvinek. CRP je protein, který se podílí na imunitní protizánětlivé reakci organismu. Je tvořen v játrech a následně vyplavován do krve jako odpověď na zranění, poškození svalové tkáně nebo infekci (Kenney et al., 2012). IL-1, 6, 10 jsou jednou ze skupin humorálních signálních molekul neboli cytokinů. IL-6 neboli Interleukin-6 se vyplavuje a jeho hodnota se zvyšuje jako odpověď na poranění, zánět, trauma nebo jako odpověď na chronické onemocnění (Sapan et al., 2016). IL-6 hraje také významnou roli jako mediátor a protizánětlivý regulátor, který dráždí aktivitu protizánětlivých cytokinů jako je například Interleukin-10.

### 2.3 Regenerace

Regenerace neboli zotavení, je neodmyslitelnou a trvalou součástí jak sportovní, tak i kterékoliv jiné lidské činnosti. Podle Hoškové et al. (2015) každá tato činnost vyvolává v lidském organismu procesy, které vyústí v únavu, na kterou navazuje zotavení (Obrázek 2). Regenerace je tedy biologický proces lidského organismu, jež vede k úplné obnově psychických a tělesných sil narušených předchozím zatížením. Zároveň zotavení neprobíhá v lidském těle pouze po ukončení zatížení, ale prolíná se celým tréninkovým průběhem (Bernaciková et al., 2020).

Je-li na regeneraci pohlíženo jako na stěžejní část tréninkového procesu, lze pomocí rychlejšího zotavení zvýšit následný tréninkový objem, frekvenci či intenzitu a tím razantně zvýšit sportovci šanci na úspěch v kterémkoliv sportovním odvětví (Marquet et al., 2015) Ve sportovním odvětví je tedy žádoucí snižovat dobu pro zotavení, aby byl lidský organismus co nejdříve připraven na další opětovné zatížení.



Obrázek 2. Cyklus: zátěž-únava-regenerace podle Bernacikové et al. (2020).



Eliminace změn v organismu vzniklých fyzickou aktivitou můžeme považovat jako jeden z úkolů regenerace. Dalším úkolem regenerace je prevence přetížení či prevence poškození organismu (Bernaciková et al., 2020). Dle Hoškové et al. (2015) se lidský organismus nachází v určitém rovnovážném stavu, tedy v klidové homeostáze. Pokud na tělo působí určitý druh zatížení, tento rovnovážný stav kolísá v určitých „hranicích“. Jeli tato hranice překročena, organismus nastartuje děje směřující k navrácení původního rovnovážného stavu, jako je například stabilita objemu tělesných tekutin, teploty tělesného jádra, energetického hospodaření nebo obnovy tkáňových změn (Jirka, 1990).

### **2.3.1 Rozdělení regenerace**

Dle Jirky (1990) a Hoškové et al. (2015) lze regeneraci rozdělit na pasivní a aktivní, kdy z hlediska časového zajištění na regeneraci časnou a pozdní.

Pasivní regeneraci lze chápat jako automatické zotavovací procesy, které v těle probíhají bez vnějšího zásahu, jsou vůli neovlivnitelné a jsou určeny pro obnovu vychýlených tělesných a psychických funkcí lidského organismu, jako jsou například úprava metabolické acidózy, rehydratace organismu, přesuny iontů, vyrovnání vzniklých teplotních změn, likvidace odpadních metabolitů atp. Celá řada těchto pochodů neprobíhá až po skončení zátěže, ale probíhá taktéž při zátěži. (Jirka, 1990). Jedním z nejdůležitějších forem pasivní regenerace je spánek a odpočinek v klidu (Hošková et al., 2015).

Oproti tomu se aktivní regenerace charakterizuje jako plánovitá a soustavná činnost, která pomocí cílených zásahů, metod a procedur urychluje přirozený proces zotavení. Do aktivní regenerace můžeme zařadit metody fyzikální terapie, jako je například mechanoterapie, termoterapie, elektroterapie, fototerapie, balneoterapie nebo hydroterapie (Komačeková et al., 2003). Dalšími metodami aktivní regenerace jsou například doplňkové sportovní aktivity, cyklické pohybové aktivity mírné intenzity, spinální cvičení či strečink.

Aktivní regenerace je velice důležitá i přestože ji sportovec nepovažuje jako relevantní po určitém druhu zatížení. Jestliže úbytek sil nepřesáhne práh vědomí, nebude sportovec schopen subjektivním pocitem rozlišit potřebu zlepšit zotavovací procesy, které již mohly dávno působit bez překročení zmíněného prahu vědomí (Jirka, 1990).

Při posuzování kvality aktivní a pasivní regenerace musíme zohledňovat druhy fyzické aktivity. Tyto různé druhy fyzických aktivit budou mít vliv na rozdílné fyzické požadavky lidského

organismu, což bude mít za následek rozdílné stupně poškození svalů a rozdílné změny v klidové homeostáze (Pooley et al., 2020).

### **2.3.2 Regenerační prostředky**

Rozdělení regenerace dle prostředků lze do 4 skupin (Jirka, 1990). Tyto skupiny mezi sebou korelují a vzájemně se prolínají. Pro co nejlepší výsledky je třeba tyto skupiny využívat komplexně po důkladné analýze situace, typu a kvantity zatížení včetně individuálních odlišností každého sportovce. Vhodná je taktéž spolupráce mezi lékařem, trenérem, fyzioterapeutem a samotným sportovcem. Podle Jirky (1990) rozlišujeme tyto prostředky:

- Pedagogické
- Psychologické
- Biologické či biologicko-lékařské
- Farmakologické

Pedagogické prostředky jsou ovlivněny činností trenéra. Trenér volí a individuálně sestavuje tréninkové plány podle věku sportovce, jeho schopností a vlastností, zdravotního stavu a typu samotné zátěže. Jde o komplexní metody, které mají za důsledek snížení doby pro zotavení tak i opatření v rámci prevence zranění či únavy. Důležitým bodem je správné zvolení poměru vykonané tréninkové zátěže k pasivní a aktivní regeneraci (Hošková et al., 2015).

Prostředky psychologické kladou důraz na ovlivnění prostředí z pohledu odstranění rušivých elementů, harmonizaci mezilidských vztahů, zlepšení časového managementu, relaxační metody (Hošková et al., 2015). Tyto prostředky jsou určeny jako prevence depresivních stavů, pocitů frustrace, ale slouží také pro obnovu mentálních či psychických složek, které podle Kvapilíka et al. (1980) hrají ve výkonu podobnou roli jako složky somatické. Jirka (1990) sestavil řadu poznatků, které můžou pomoci při zlepšení psychického stavu, například:

- Hospodaření s časem
- Péče o emoční napětí
- Zvyšování psychické odolnosti
- Využívání kladného vlivu hudby
- Aktivní péči o upevňování mezilidských vztahů
- Cílenou snahu o redukci vnitřních konfliktů

- Autogenní trénink podle Schultze či progresivní svalovou relaxaci dle Jakobsona

U biologických prostředků rozlišuje Hošková et al. (2015) dvě hlavní podskupiny:

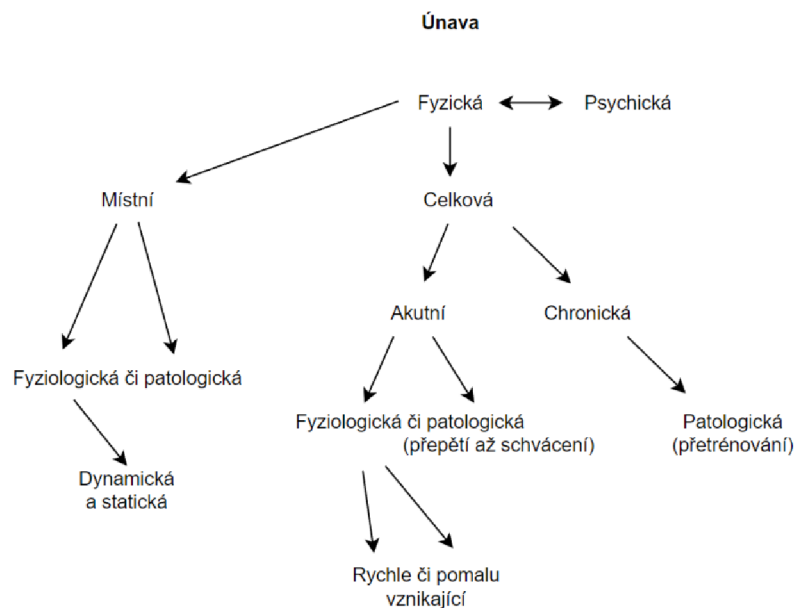
- Výživa, rehydratace, remineralizace
- Fyzikální, balneologické prostředky a regenerace pohybem
  - Termoterapie
  - Mechanoterapie
  - Hydroterapie
  - Elektro procedury
  - Procedury využívající světlo
  - Aktivní pohybová cvičení

Farmakologické prostředky jsou primárně doplňkovou komponentou ke zbývajícím třem prostředkům regenerace. Jedná se o látky podporující zotavení organismu. Tyto látky může sportovci naordinovat pouze lékař a musí být vždy ordinovány individuálně dle závažnosti na aktuálním zdravotním stavu sportovce.

## 2.4 Únava

Únava je přirozeným obraným mechanismem organismu, který reaguje na jakoukoliv psychickou či tělesnou aktivitu. Projevuje se snížením výkonnosti člověka, což vede ke snížení intenzity, v mezních případech až k přerušení prováděné činnosti. Únavu lze měřit subjektivními pocity, v detailnějším případě objektivními pozorovatelnými změnami biologických ukazatelů vzhledem k typu a velikosti zátěže. Pokud hovoříme o zdrojích únavy, musíme komplexně hovořit o únavě celého organismu, nejen o problémech určitých orgánů nebo jejich částí (Bernaciková et al., 2020). Dle Bartůňkové et al. (2013) můžeme únavu rozdělit na fyzickou a psychickou, kdy fyzickou dělíme na celkovou a místní, následně na akutní a chronickou, fyziologickou a patologickou (Obrázek 3).

Únavu nelze chápat pouze jako negativní jev, který pouze omezuje funkce CNS, vyvolává homeostatické dysbalance či nepříznivě ovlivňuje svalovou soustavu. Fyziologická únava totiž pomocí principu superkompenzace vyvolává adaptační mechanismus jako odpověď na předchozí zatížení (Bartůňková et al., 2013).



Obrázek 3. Rozdělení únavy podle Bartůňkové et al. (2013)

### 2.4.1 Akutní únava

Akutní únava je charakterizována přechodným snížením pracovní kapacity vlivem předchozího zatížení. Díky předchozímu zatížení, jako například odlišný typ práce, odlišná intenzita či různá lokalizace, se může akutně vzniklá únava projevit jako místní, tedy postihující pouze určité svalové skupiny, nebo jako celková, která zasahuje jak pohybový aparát, tak i všechny zúčastněné tělesné systémy (Bartůňková et al., 2013).

### 2.4.2 DOMS

Delay onset muscle soreness neboli opožděný nástup svalové bolesti, je charakterizován jako svalová únava, ke které dochází jeden až dva dny po cvičení a může mít vliv na subjektivní pocit bolesti až 7 dní po tomto cvičení (MacIntyre et al., 1995). Nejčastějším typem aktivity, která DOMS vyvolává, je aktivita excentrická. Dalšími příčinami vzniku této bolesti podle Bartůňkové et al. (2013) mohou být například neadekvátní tréninkové metody, nedostatečná trénovanost nebo uspěchaný návrat do intenzivních tréninkových jednotek. Aktivita vyvolávající DOMS se nejprve projevuje vysokou tenzí v kontraktilním a elastickém systému svalu, což vyústí ve strukturální poškození svalu a jeho buněčných membrán. Dále Kenney et al. (2012) připisuje narušení vápníkové membrány v poškozené tkáni poškozením buněčných membrán, což také inhibuje buněčné dýchání. Tento společný proces navyšuje hladinu vápníku, který aktivuje

enzymy rozkládající buněčné proteiny včetně proteinů kontraktilních (Porcari et al., 2015). Rozklad těchto proteinů vytváří odpověď v podobě aktivace zánětlivých odpovědí, při kterém dochází k vyplavování histaminů, draslíku, kininů a prostaglandinů (Porcari et al., 2015). Tyto látky následně stimulují volná nervová zakončení neboli receptory bolesti v postiženém svalu, což vede ke stavu zvaném DOMS (Kenney et al., 2012).

### **2.4.3 Fyziologická únava**

Fyziologická únava vyvolává již zmíněné adaptační mechanismy, které vznikají díky reverzibilním změnám organismu. Příčiny vzniku fyziologické únavy mohou být podle Bernacikové et al. (2020):

- Pokles energetických zásob pod kritickou mez
- neboli pokles svalového zásobního glykogenu. Takovou únavu nazýváme jako aerobní typ únavy, z časového hlediska jako pomalu nastupující.
- Díky intenzivní zátěži dochází k vysoké poptávce po ATP, kterou nelze pokrýt pouze z mitochondriální respirace, a tím dochází ke zvýšené závislosti na přísunu ATP hydrolýzou. Vlivem této závislosti vzniká metabolická acidóza. Při tomto typu únavy je pozorována zvýšená polarizace sarkolemy, snížená enzymatická aktivita pro resyntézu ATP-CP což vede k pomalejšímu vedení vzruchu (Bartůňková et al., 2013). Tento typ únavy se jinde nazývá jako anaerobní typ únavy.

Fyziologickou únavu lze odstranit odpovídající dobou klidového režimu vzhledem k automatické schopnosti organismu pasivně regenerovat. S dopomocí aktivní regenerace můžeme čas pro zotavení také zkrátit (Hošková et al., 2015).

### **2.4.4 Patologická únava**

Při nepřiměřeném zatížení může fyziologická únava nepozorovatelně přejít na únavu patologickou. Tento stav vznikne nepřiměřeným, či chybně naplánovaným tréninkem nad meze fyziologické tolerance, který vyvolá narušení procesu adaptace, v horším případě přímé poškození organismu (Bernaciková et al., 2020).

Nejčastějšími problémy jsou kardiopulmonální potíže, jako například tachykardie, dýchání ústy, profúzní pocení a poruchy koordinace. Dále například zažívací potíže, nervové poruchy,

poruchy řeči, zhoršená schopnost reagovat na povely. Výrazné zhoršení se vyskytuje u oběhového systému, kde dochází k poruchám prokrvení, cyanóze rtů a sliznic či poklesu tlaku s možností kolapsu (Bartůňková et al., 2013).

Akutní patologická únava se dělí na tři stupně dle závažnosti:

- Přetížení
- Přepětí
- Schvácení

Přetížení společně s přepětím jsou stavy méně závažné. Tyto stavy se projevují nejčastěji různými poraněními měkkých částí pohybového aparátu, například poranění vazů, šlach, svalů či kloubů, ale mohou zde vznikat také únavové zlomeniny typické pro určitý typ zátěže. Při přetížení a přepětí dochází k rozvoji příznaků akutní fyziologické únavy.

Oproti tomu je schvácení závažný patologický šokový stav, který vzniká nahromaděním velké fyzické námahy a nežádoucích vlivů zemního prostředí (Bartůňková et al., 2013). Tyto stavy závisí na situaci a na intenzitě různých faktorů, které nepříznivě ovlivňují převážně nesportující jedince, ačkoliv nelze tento stav vyloučit i u velmi dobře trénovaných sportovců. Schvácení se může projevit selháváním mikrocirkulace, hypotenzí s kolapsem nebo fyzickou exhauscí, která potencuje dehydrataci, hyponátrémii, hypoglykémii, hypoxii či termoregulační poruchy (Bartůňková et al., 2013).

#### **2.4.5 Chronická únava**

Chronická únava, ve sportovním prostředí známá jako přetrénování, je vždy únava patologická. Může vznikat jako důsledek banálních faktorů, jako je například rýma, chřipka či nesprávná životospráva (Jirka, 1990). Dalšími faktory vzniku chronické únavy může být neúměrná zátěž, opakovaně nedostatečný čas pro zotavení, nedostatek vitamínů, stres, ale i dlouhodobá absence adekvátních podnětů (Hošková et. al, 2015).

Příznaky chronické únavy mohou být objektivní a subjektivní, kdy mezi objektivní můžeme řadit pokles výkonnosti či změny biologických ukazatelů jako je srdeční frekvence, krevní tlak nebo variabilita srdeční frekvence (Bernáčíková et al., 2020). Subjektivní projevy jako například nechutí k tréninku, agresivita, euforie, deprese, nestabilní sexuální chování nebo poruchy zažívání. Bartůňková et al. (2013) dále rozlišuje příznaky chronické únavy na:

- Výkonnostní – snížení výkonu práce s nedostatky v oblastech obratnosti, rychlosti a síly. Horší adaptace a učení se nových prvků, především ale nedostatek chuti k tréninkům a závodům.
- Somatické – projevují se nechutenstvím nebo naopak zvýšenou chutí k jídlu, změnami tělesné hmotnosti, poruchami trávení a vyměšování, pocity žízně, nočním pocením nebo kolísáním krevního tlaku a srdeční frekvence.
- Neuropsychické – nespavost nebo neobvyklá spavost včetně podráždění i apatie. Objevuje se častá deprese nebo intolerance vůči změnám tepla, světelných podmínek či hluku.

#### **2.4.6 Psychická únava**

Velice opomíjenou únavou je únava psychická. Společně se s tou fyzickou mohou vzájemně ovlivňovat, potencovat (Bartůňková et al., 2013). Psychická únava se může projevovat neschopností se soustředit, špatnými odhady vzdálenosti, objevují se úzkostné neurózy, vyčerpání, poruchy spánku, ale také zvýšená dráždivost a špatná nálada (Hošková et al., 2015).

Novodobě se můžeme setkat s názvem syndrom vyhoření. Syndrom vyhoření se vyskytuje v profesích, které vykazují bezprostřední a každodenní kontakt s lidmi. Můžeme zde zahrnout lékaře, vědecké pracovníky, učitele, sociální a administrativní pracovníky, manažery, ale také studenty. Tento stav se vyskytuje i ve sportovní sféře u trenérů, sportovních manažerů a samotných sportovců (Bartůňková et al., 2013).

## **2.5 Termoterapie**

Termoterapie je jednou z metod fyzikální terapie, která se společně s mechanoterapií, elektroterapií, fototerapií, balneoterapií a hydroterapií využívá k podpoře zdraví, tlumení akutní a chronické bolesti či obecně ke zlepšení zotavovacích procesů a zmírnění únavy. Výběr druhu fyzikální terapie závisí na požadovaném účinku, který chceme využít na lidský organismus v daném stádiu onemocnění či poruchy. Tyto účinky mohou být analgetické, disperzní, myorelaxační, myostimulační, trofotropní, antiedematózní či odkladné. (Poděbradský & Poděbradská, 2009).

Termoterapie funguje na principu působení termických podnětů na lidský organismus (Komačková et al., 2003). Můžeme ji rozdělit podle dvou kritérií. Podle rozsahu aplikace na lokální (např. ledování kotníku) a celkovou, kdy se terapie účastní organismus jako celek (např.

sauna). Nebo podle teploty podnětů, které na lidské tělo aplikujeme (Komačeková et al., 2003). Pokud na organismus působíme teplými až horkými podněty, bavíme se o pozitivní termoterapii, pokud působíme chladnými až studenými podněty, mluvíme o negativní termoterapii a pokud na tělo působíme teplotou, kterou člověk pociťuje jako neutrální, mluvíme o tzv. indiferentní termoterapii – lidské tělo reaguje na vodu o teplotě 34–36 °C jako na indiferentní a teplotu vzduchu vnímá jako indiferentní o hodnotách 24–29 °C (Hošková et al., 2015). Dále využitím negativní a pozitivní termoterapie vzniká termoterapie kontrastní.

Nosičem tepelného podnětu mohou být látky pevné, plynné či tekuté. Podle Poděbradského a Poděbradské (2009) tyto tepelné nosiče můžeme na povrch těla přivádět:

- Kondukcí – vedením (např. horké sáčky, parafín)
- Konvekcí – neboli prouděním (např. parní lázně, vystavování se pozitivní hydroterapii)
- Iradiací – sáláním, vyzařováním

Nebo z povrchu těla odebírat:

- Kondukcí (např. ledování)
- Konvekcí (vystavování se chladnému vzduchu, hypotermní koupele)
- Iradiací
- Evaporací (aplikace vysoce těkavých kapalin)

Pokud zkombinujeme termoterapii s vodním médiem, vznikne nám tzv. hydroterapie (Bernaciková et al., 2013).

### **2.5.1 Termoregulace**

Člověk je živočich teplokrevný, což znamená, že si dokáže udržovat stálou tělesnou teplotu. Pomocí termoregulačních mechanismů si organismus tuto teplotu reguluje a reaguje na změny mezi tvorbou a výdejem tepla (Bartůňková et al., 2013). Tato teplotní rovnováha je jedním z faktorů pro udržení vnitřní homeostázy, kdy se v klidových podmínkách teplotní výkyvy organismu nepohybují nad rámec 1 °C, avšak v extrémních podmínkách se tento rámec může zvětšovat až na rozdíl 4 °C (Komačeková et al., 2003). Hraniční hodnoty pro přežití se však pohybují v rozmezí 28–43 °C (Bartůňková et al., 2013).

Termoregulace funguje na principu zpětnovazebního mechanismu, jehož centrum se nachází v hypothalamu. Signály o změně teploty slupky či tělesného jádra registrují tepelné



senzory neboli termoreceptory. Tyto signály se následně pomocí A-delta vláken či C-vláken přivádí do hypotalamu, který zprostředkuje reflexy, které snižují či zvyšují teplotu jádra a mění ztráty tepla slupkou (Rokyta et al., 2016). Slupkou se označují ty části těla, jejichž teplota je částečně ovlivněna změnami okolního prostředí, tedy povrchové vrstvy těla, horní a dolní končetiny. Jádrem se označuje hrudní, lební a břišní dutina, jejichž teplota je relativně konstantní (Rokyta et al., 2016).

Při zvýšené teplotě organismu na základě jak vnitřních, tak vnějších podnětů dochází k vybuzení reflexů předního hypotalamu, jejichž úkolem je teplotu těla snížit. Hlavními regulačními reflexy pro snižování teploty organismu podle Rokyty et al. (2016) jsou:

- Vazodilatace cév – rozšíření cév. Větší distribuce tepla z jádra do slupky, v mezních případech až o 30 %.
- Snížená produkce tepla – omezení tělesných aktivit či snížení chuti k jídlu.
- Pocení – pot je hypotonickým produktem potních žláz a je složen převážně z vody a iontů (sodík, draslík a chlor), ale také z močoviny, kyseliny mléčné a z mastných kyselin. Sekreční činnost je řízena nervově, a to konkrétně sympatickými nervovými vlákny. Pocením se tělo zbavuje přebytečného tepla a zároveň tím ochlazuje lidský organismus.

V opačném případě, kdy je organismus vystaven nižším teplotám, se aktivují reflexy zadního hypotalamu. Tyto reflexy zahrnují:

- Vazokonstrikce cév – pomocí zúžení cév dochází ke snížení úbytku tepla kůží.
- Piloerекce – neboli „husí kůže“ nemá u člověka tak velký význam jako u zvířat. Naježením srsti či chlupů vznikne v meziprostoru vrstva vzduchu, která funguje jako izolace.
- Svalový třes – při poklesu tělesné teploty pod kritickou hranici (cca 35.5 °C) dojde ke stimulaci míšních motoneuronů, což má za následek zvýšení svalového tonu. Následně pomocí zpětné vazby a aktivací svalových vřetének dojde ke střídavému aktivování napínacího reflexu, který vyústí ve svalový třes (Bartůňková et al., 2013).
- Netřesová termoregulace – zvýšená aktivita sympatiku a hormonální produkce.

### **2.5.2 Pozitivní termoterapie**

Pozitivní termoterapie využívá účinku aplikace tepla na lidský organismus. Podle Poděbradského a Vařeky (1998) ji lze rozdělit podle aplikace na kontaktní či bezkontaktní, nebo

podle umístění na lokální a celkovou. Mezi kontaktní procedury zahrnuje Bernaciková et al. (2020) například aplikace peloidů, parafínu, paraligna, parafanga, horké obklady, vodní koupele či parní sauny. Bezkontaktní procedury mohou být například diatermie, kontinuální ultrazvuk nebo IR-A záření (Poděbradský & Vařeka, 1998).

Účinky pozitivní termoterapie podle Poděbradského a Vařeky (1998) jsou:

- Myorelaxační a spazmolytické – uvolnění svalstva, snížení dráždivosti nervových vláken a svalových vřetének a celková relaxace.
- Trofické – zvýšená kvalita výživy s následnou zlepšenou funkcí orgánů
- Analgetické – utlumení bolesti je výsledkem lepší cirkulace krve, uvolnění spazmů a zvýšeným zásobováním živinami a kyslíkem.
- Vazomotorické – reakcí cévního systému na teplé až horké médium je dočasné zúžení cév, které se následně mění ve vazodilataci.
- Imunobiologické – při vyšším prokrvení a vyšší dodávce obranných látek a živin dochází k povzbuzení specifické a nespecifické imunity (Komačková et al., 2003).

## 2.6 Negativní termoterapie

Působíme-li na organismus chladnými až studenými podněty, hovoříme o tzv. negativní termoterapii. Tato terapie se vyznačuje odebíráním tepla z povrchu organismu, a to například způsobem konvekčním (ofouknutí chladným vzduchem nebo plynem, hypotermní koupele), kondukčním (chladící polštářky či vesty, ledování) nebo pomocí aplikace těkavých látek neboli evaporací (metylchlorid, etylchlorid) (Poděbradský & Poděbradská, 2009). Cílem terapie je její analgetický účinek, utlumení zánětů, ovlivnění hormonálních systémů ale také ovlivnění psychického stavu (Hošková et al., 2015).

Negativní termoterapii využívali pro svůj léčebný účinek už lékaři v starověku. Hippokrates, Galenos či Celsus používali tuto terapii, konkrétně studené a ledové obklady, při léčbě zlomenin nebo při luxaci kloubů (Komačková et al., 2003). K proslavení negativní termoterapie došlo až v 19. století, kdy Priessnitz a Kneipp využívali účinky studených médií pro zlepšení prokrvení v místě aplikace, a tím snižovali vnímání bolesti a urychlovali hojivé procesy v těle (Komačková et al., 2003). Fyziologická odpověď na odebírání teploty z povrchu těla závisí na aplikačním čase, aplikační ploše, teplotě média, frekvenci využití termoterapie, ale také na výchozím stavu CNS či na samotné tepelné pohodě (Poděbradský & Poděbradská, 2009). Mezi kontraindikace negativní termoterapie řadí Hošková et al. (2015) a Poděbradský a Poděbradská

(2009) poruchy srdečního rytmu, kardiovaskulární onemocnění, nestabilní hypertenze, chladová alergie, poruchy periferního prokrvení, onkologická onemocnění (dva roky po terapii), klaustrofobie, těhotenství či kojení, těžká anémie, kardiostimulátor, hořečnatá infekční onemocnění, ischemická onemocnění nebo polyneuropatie.

### **2.6.1 Metody aplikace negativní termoterapie**

Metody aplikace negativní termoterapie na lidský organismus mohou být různé. Navrátil (2019) tyto metody dělí podle teploty média na hypotermií (vyšší než  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a pokud je teplota nižší než  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tak se jedná o kryoterapii.

#### **Kryokomora**

Metoda využívající převážně syntetický kapalný vzduch nebo kapalný dusík o teplotě  $-110$  do  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Navrátil, 2019). Kryokomory jsou metodou kryoterapie a mohou být jak pro jednu osobu, tak i pro více osob, nebo také lokální a celotělové. Celková terapie má trvání kolem 4 minut a jejím hlavním přínosem je zvýšená laktátová výměna a centrální inhibice nociceptorů, což má za následek snížení vnímání bolesti (Navrátil, 2019).

#### **Kryosáčky**

Sáčky s materiálem udržujícím chlad se nazývají kryosáčky. Jedná se metodu lokální termoterapie a využíváme je na léčbu pouřazových stavů, hematomů, zánětů, otoků atp. (Navrátil, 2019). Teplota média dosahuje  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  a aplikační doba může být v hodnotách 10-15 minut (Poděbradský & Poděbradská, 2009).

#### **Lokální a celotělová koupel**

Teplotně negativním médiem je voda. Teploty vody mohou být různé, včetně času a místa aplikace. Je-li našim cílem snížení otoku a zvýšení prokrvení u dolních či pouze u horních končetin, využijeme konkrétně lokální studenou koupel dolních či horních končetin. Při potřebách využití účinků na celý organismus, je třeba použít celotělovou studenou koupel (Navrátil, 2019).

#### **Chladný vzduch**

Tato metoda funguje na principu proudění chladného vzduchu o vysoké rychlosti ve vzdálenosti 5-20 cm od povrchu těla (Poděbradský & Poděbradská, 2009). Výhody mohou být jak v možnostech aplikace na nerovný povrch, tak i v udržení stabilní teploty teplo negativního média (Poděbradský & Poděbradská, 2009).

### **Chladné oviny a zábaly**

Je-li zakryto 2/3 povrchu těla, jedná se o zábal vhodné při lokálních afekcích (Poděbradský & Poděbradská, 2009). Ovinu jsou aplikovány při akutních horečkách na okrajové části těla pod podmínkou jejich neustálé obměny (Poděbradský & Poděbradská, 2009).

### **Chladné stříky**

Při této metodě se využívá aplikace tlakového proudu vody, a to studené nebo hypotermní (Navrátil, 2019). Stříky mohou být využity na dolní i horní končetiny včetně zad a jsou využívány při poruchách prokrvení (Navrátil, 2019).

## **2.6.2 Odezva organismu na negativní termoterapii**

Prvotní reakcí organismu na aplikaci termonegativního podnětu je vazokonstrikce cév, a to především v povrchových vrstvách těla. Tato vazokonstrikce je příčinou zpomalení metabolismu ve tkáni, na kterou terapie působí, a její intenzita je zároveň ovlivněna výchozím stavem organismu (Poděbradský & Vařeka, 1998). Tento proces souvisí se snížením otoku a aktivity zánětu v místě aplikace. Pokud nadále dochází k působení termonegativního podnětu, vazokonstrikci střídá vazodilatace. Vazodilatace následně spouští obranné mechanismy, které mají za úkol prohrát ochlazenou tkáň pomocí zvýšené hyperémie (zvýšené prokrvení na základě dilatace kapilár), aby nedošlo k trvalému poškození tkání chladem a hypoxémií (nedostatečná koncentrace kyslíku v krvi). Tento proces se také nazývá „hunting response“ (Poděbradský & Vařeka, 1998). Po ukončení aplikace chladovými podněty vzniká tzv. reaktivní hyperémie, kterou se organismus snaží vybalancovat teplotní deficit a vyrovnat teplotní poměry. Vzniká také chladový erytém, který se projevuje zbarvením kůže do červené barvy (Komačková et al., 2003). Chladový erytém je společně s pocitem tepla ukazatel úspěšnosti chladové terapie.

Aplikace termonegativních podnětů má také vliv na kardiovaskulární systém, konkrétně se při vazokonstrikci zvyšuje krevní tlak a srdeční frekvence. Pokud se aplikace chladového podnětu omezí pouze na obličej, dochází k bradykardii (Poděbradský & Vařeka, 1998).

Poděbradský a Poděbradská (2009) uvádí, že změny svalového tonu můžeme pozorovat díky změnám aferentace při vazokonstrikci. Jedná se o proces podráždění chladových receptorů, což zvyšuje reaktivitu organismu. Tato reaktivita představuje zvýšenou aktivaci svalstva, zvýšenou gamamotorickou aktivitu, svalovou dráždivost, a nakonec zvýšení svalového tonu. Při déle trvajícím ochlazení aferentace klesá, což má za následek snížení gamamotorické aktivity a snížení svalového tonu.

Jedním z předních účinků, proč se negativní termoterapie využívá, je účinek analgetický. Komačková et al. (2003) analgetický účinek přisuzuje zpomaleným vedením vzruchů skrz nervová vlákna díky snížené intenzitě chemických reakcí a sníženou dráždivostí receptorů. Odezva organismu na negativní termoterapii může být také v podobě efektu spasmolytického, tedy v podobě uvolnění svalových spazmů pomocí sníženého svalového tonu, který se však v prvotní fázi zvětšuje (Navrátil, 2019). Negativní termoterapie má také vliv na imunitní systém, konkrétně na zvýšení reaktibility a samotné aktivace imunitního systému (Navrátil, 2019). Tento vliv je dán díky nárůstu bílých a červených krvinek, cytokinů IL-2, IL-6, CRP nebo T-lymfocytů, které zvyšují protizánětlivé reakce a zvyšují samotnou imunitní reakci organismu (Jánský et al., 1996).

Dlouhodobá či chronická adaptace na pravidelné vystavování se negativní termoterapii má protektivní vliv na zvýšenou hladinu oxidačního stresu v organismu, dále má vliv na zvýšení prahu bolestivosti, hladiny mužského pohlavního hormonu testosteronu a endorfinů (Bernaciková et al., 2020). Ve studii zabývající se adaptačními mechanismy na negativní termoterapii, bylo podle Zemana (2006) přizpůsobení se v podobě nižší reakce diastolického tlaku, nižší chladové leukocytózy (zvýšení hladiny leukocytů), pokles sympatické stimulace s menší aktivitou systému renin-angio-tenzin-aldosteron. Po vystavení se chladnému prostředí se také projevila zvýšená reaktivita určitých bílkovin akutní fáze. Dále se podle Bernacikové et al. (2020) pravidelná aplikace celkové chladové terapie odráží v regulaci hladiny cytokinů, snížení cholesterolu nebo také ve snížení délky zotavení po zatížení u sportovců včetně snížení hladiny stresových hormonů. Zeman (2006) uvádí, že se adaptace na chlad dělí do čtyř skupin (genetická, aklimatizace, aklimace a habituace) podle Mezinárodní komise pro termální fyziologii s tím, že se aklimace neboli přizpůsobení se v reakci na jediný element prostředí, tedy na chlad, dělí ještě na další čtyři skupiny, a to podle Bartůňkové et al. (2013) na:

- Metabolickou – zvýšená teplotní tvorba
- Izolační – zvýšená produkce podkožní tukové vrstvy
- Hypotermickou – snížený výdej i snížená tvorba tepla. Adaptace organismu na sníženou tělesnou teplotu
- Smíšenou

### **2.6.3 Rizika negativní termoterapie**

Tak jak dokáže být negativní termoterapie zdraví prospěšná, dokáže být také zdraví velice nebezpečná. Vlivy, které má aplikace chladu na náš organismus se odvíjí od mnoha faktorů. Tyto faktory mohou zahrnovat teplotu vody, hloubku ponoru, čas vystavení se chladovému podnětu,

zkušenosti ve smyslu dřívějších aplikací chladové terapie, ale také individuální odezvu organismu a jeho naladění v době terapie. Všechny tyto faktory ovlivní způsob, jak bude organismus na aplikaci chladového podnětu reagovat.

Tipton et al. (2017) jako zvláště nejnebezpečnější částí chladové terapie považuje počáteční ponor. Při této počáteční fázi (první tři minuty) se nejčastěji vyskytuje nekontrolovatelná hyperventilace nebo lapání po dechu, což může v extrémních případech vyústit v tonutí až utonutí. Hypotermie je dalším závažným rizikem, které může v krajních situacích způsobit také smrt. Klesne-li teplota tělesného jádra pod 35 °C a tepelné ztráty převyšují teplotní produkci, hovoříme o hypotermii (Turk, 2010). Dalším rizikem chladové terapie mohou být omrzliny, ale také tzv. nemrznoucí poranění za studena (non-freezing cold injury, NFCI). Mdloby se mohou objevovat nejen při hypotermii, ale také díky přespřílišnému snížení krevního tlaku, který se může objevit při vystavování se kombinací extrémního tepla a extrémního chladu (Vuori, 1988).

## **2.7 Hydroterapie studenou vodou**

Částečné i celkové ponoření těla do studené vody je novodobě velmi populární metoda, využívána primárně ke snížení zánětu, snížení bolestivosti tkání a snížení doby pro zotavení (Bleakley & Davison, 2009). Hydroterapie, stejně jako ostatní terapeutické metody, se využívá k podpoře zdraví, prevenci proti onemocněním, snížení zánětlivosti nebo k léčbě patologických stavů (Komačková et al., 2003).

Hydroterapie je jednou z metod fyzikální terapie, která je přímo propojená s termoterapií. Jedná se o řízenou aplikaci vody s diferentní teplotou a v různém skupenství (Poděbradský & Vařeka, 1998). Podle Tomanové v knize od Navrátila (2019) se hydroterapie dělí podle teploty vody na velmi studenou, studenou, indiferentní, teplou a velmi teplou (Tabulka 2).

Kromě tepelných podnětů se hydroterapie také používá pro podněty mechanické a chemické. Mezi chemické podněty řadí Hošková et al. (2015) přirozené zdroje, nebo formu přísadových lázní, jako například sůl, mineralizované médium nebo sirné či jódové prameny. Mechanickými podněty se rozumí hydrostatický tlak, vztlaková síla nebo mechanické dráždění pomocí vodní trysek.

## Tabulka 2

*Rozdělení hydroterapie podle teploty vody dle Tomanové*

<b>Hydroterapie</b>	<b>Teplota (°C)</b>
Velmi studená – hypotermní	≤15
Studená	>15
Indiferentní	34–36
Teplá	<40
Velmi teplá – hypertermní	≥40

Ponoření do studené vody po zátěži je hojně využíváno jak elitními, tak i rekreačními sportovci, a to díky jednoduchosti, nízkonákladovosti a pohodlnosti aplikace (Marquet et al., 2015). Hydroterapie, konkrétně cold water immersion (CWI) neboli ponoření se do studené vody je zároveň nejkoumanější metodou pro zvýšení regenerace a snížení doby pro zotavení ve sportovním prostředí (Tavares et al., 2020).

Podle Stephens et al. (2017) pro optimální regenerační účinky ve sportovním prostředí musíme u hydroterapie studenou vodou kontrolovat:

- Teplotu vody
- Čas strávený ve vodě
- Hloubku ponoru

Pro co nejlepší zotavovací účinky po zátěži se nejčastěji využívá teplota vody v rozmezí 10–15 ° C po dobu 5-15 minut (Nédélec et al., 2013). Individuálnost je z tohoto pohledu taktéž velice relevantní, jelikož každá osoba a každý organismus reaguje na hydroterapii jako takovou odlišně (Poppendieck et al., 2013). Je-li čas i teplota neměnná, dostává se do popředí hloubka ponoru. Podle Stephens et al. (2017) se mění teplota tělesného jádra razantněji při celotělovém ponoru nežli jen při částečném, což může způsobit rozsáhlejší změny v reakci na negativní hydroterapii.

## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Cílem práce je uceleně shrnout účinky vlivu negativní termoterapie na odezvu lidského organismus po tělesném zatížení.

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Popsat výhody a nevýhody negativní termoterapie po sportovním výkonu.
- 2) Popsat mechanismus působení negativní termoterapie na snížení únavy a zkrácení doby pro zotavení mezi tělesným zatížením.

### **3.3 Výzkumné otázky**

- 1) Jaký má vliv negativní termoterapie na rozvoj únavy a bolestivosti svalů po sportovním zatížení?
- 2) Je využívání negativní termoterapie vhodné pro zvyšování sportovního výkonu?



## **4 METODIKA**

### **4.1 Strategie výběru odborných studií**

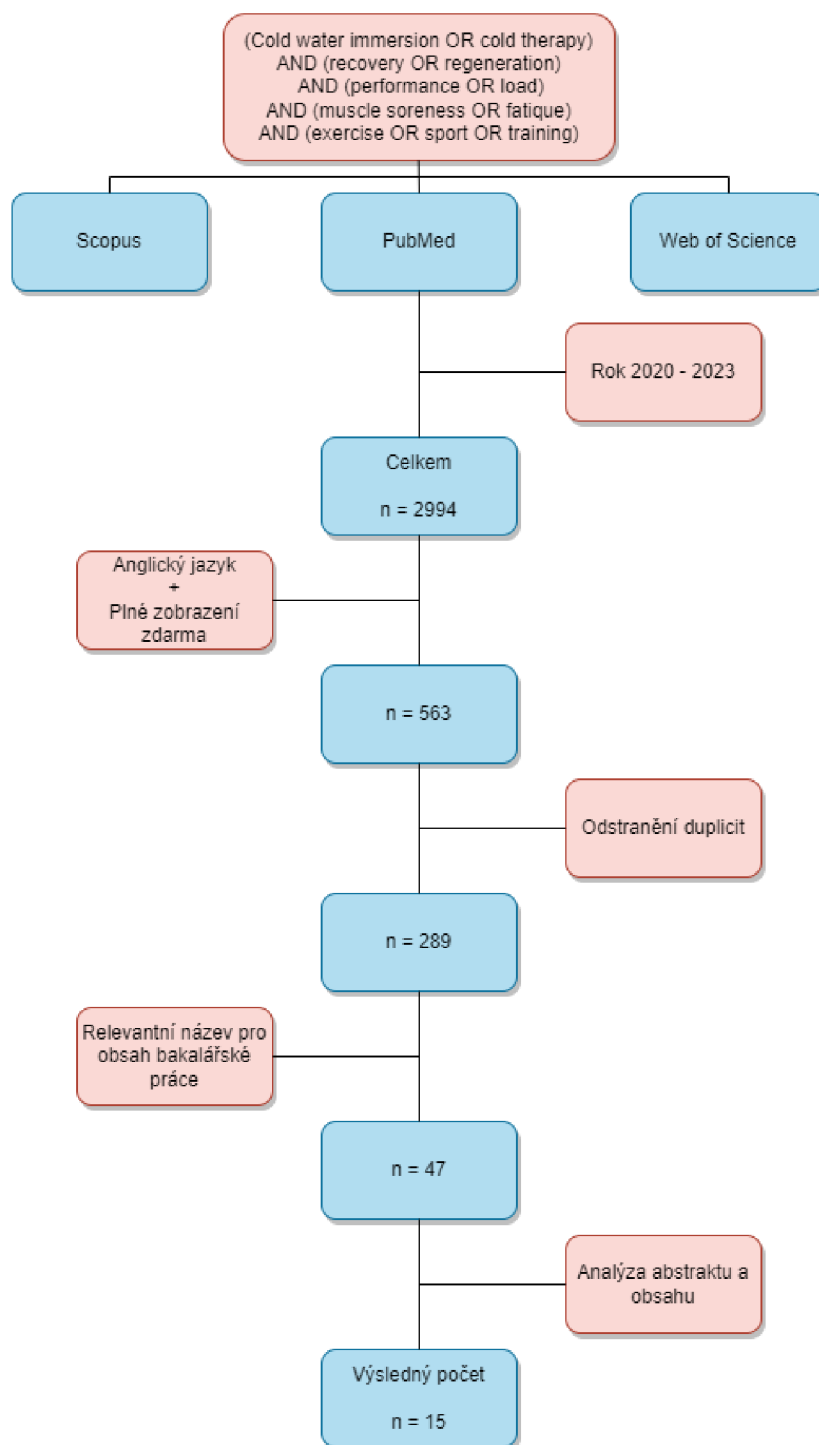
Při vyhledávání odborných studií byly pro co nejkvalitnější sběr dat využity tři vědecké elektronické databáze Scopus, Web of Science a PubMed. Vyhledávány byly vědecké studie a články týkající se vlivu negativní termoterapie na zotavení nebo ovlivnění výkonu sportující populace po zatížení.

### **4.2 Kritéria vyhledávání odborných studií**

Nejprve byly ve všech databázích zadány tato klíčová slova a termíny: “Cold water immersion” nebo “cold therapy”, “recovery” nebo “regeneration”, “performance” nebo “load”, “muscle soreness” nebo “fatigue”, “exercise” nebo “sport” nebo “training”. Poté byly, pro co nejvyšší aktuálnost, zařazeny pouze zdroje v letech 2020-2023, což nám dalo dohromady 2994 vědeckých studií a článků. Hlavním kritériem byl anglický jazyk s dostupností v plném zobrazení zdarma. Počet takovýchto studií a článků byl 563. Po odstranění duplicit se zúžil výběr na 289. Dalším kritériem pro výběr relevantních zdrojů byl název, který se měl shodovat s náplní bakalářské práce. Po aplikaci tohoto klíče zbylo 47 zdrojů, které byly následně podrobeny manuální analýze abstraktu a obsahu (Obrázek 4).

Pomocí těchto kritérií se do finálního výsledku dostalo 15 odborných článků a studií (Tabulka 3).

### 4.3 Vývojový diagram vyhledávání odborných studií a článků



Obrázek 4. Vývojový diagram vyhledávání odborných studií a článků

Tabulka 3

Výsledné odborné studie a články-vliv negativní termoterapie na zotavení nebo ovlivnění výkonu sportující populace po zatížení

Autoři a rok vydání	Název článku	Časopis	Výzkumný soubor	Testovací protokol	Výsledky
Ahokas et al., 2020	Water immersion methods do not alter muscle damage and inflammation biomarkers after high-intensity sprinting and jumping exercise	European Journal of Applied Physiology	9 trénovaných mužů (věk: 20-35 let)	2x5x10 unilaterální skoky, 2x3x60 m. běh, 2x200 m. běh CWI (10 min. 10 °C) / CWT (38 °C-10 °C, 5x1 min.)	↔ myoglobin, leukocyty P60, 24 h, 48 h, 96 h ↔ výkonnostní test (30 m. sprint, max. LP, VS)
Alexander et al., 2022	Utilisation of performance markers to establish the effectiveness of cold-water immersion as a recovery modality in elite football	Biology of Sport	24 profesionálních fotbalistů (věk: 20.6 ± 2.6 let)	Fotbalový zápas, trénink, CWI (11 min. 10 °C) / PR (11 min.)	↔ ISA, FH po testování ↑ ESH, WB po testování
Pooley et al., 2020	Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer	Journal of sports sciences	15 profesionálních fotbalistů (věk: 16 ± 1.0 let)	3x80 min. zápas VS před, po a 48 h po zápase CWI (10 min. 14 °C) / AR (10 min. CNI) SS	↑ VS 48 h po (CWI, AR) > (SS) ↓ CK 48 h po (CWI) > (AR) > (SS) ↓ BS 48 h po (CWI, AR) > (SS)

*Poznámka.* CWI = ponor do studené vody; CWT = kontrastní termoterapie; P60, 24 h, 48 h, 96 h = kontrola po 60 min., 24 h., 48 h., 96 h.; LP = leg press; VS = vertikální skok; PR = pasivní regenerace; AR = aktivní regenerace; ISA = isometrická síla adduktorů; CNI = cvičení nízké intenzity; SS = statický strečink; BS = bolest svalů; CK = kreatinkináza; FH = flexibilita hamstringů; ESH = excentrická síla hamstringů, WB = celková pohoda organismu (spánek, únava); ↔ bez rozdílu proti normalizovaným hodnotám ( $p > 0,05$ ); ↑ zlepšení či zvýšení hodnot proti normalizovaným hodnotám; ↓ snížená hodnota oproti normalizovaným hodnotám; / nebo (intervence)

Autoři a rok vydání	Název článku	Časopis	Výzkumný soubor	Testovací protokol	Výsledky
Bouchiba et al., 2022	Cold water immersion improves the recovery of both central and peripheral fatigue following simulated soccer match-play	Frontiers in Physiology	12 poloprofesionálních fotbalistů (věk: 22.9 ± 0.9 let)	2x90 min. zápas, CWI (10 min. 10 ± 2 °C) / TWI (10 min. 28 ± 2 °C)	↔ MVK, KSZ, 20 m. sprint (CWI 24 h) > (TWI 72 h) ↔ DV (CWI 72 h) >, (TWI) ↔ VS (CWI 48 h) > (TWI 72 h) LA 48 h (CWI) < (TWI)
Chaillou et al., 2022	Functional Impact of Post-exercise Cooling and Heating on Recovery and Training Adaptations: Application to Resistance, Endurance, and Sprint Exercise	Sports medicine-open	Bez konkrétního množství – atleti	Test MS + CWI (10 min. 10 °C) Test VZ Test RZ + CWI (5–30 min. 12-15 °C)	↑ MS, ↓ BS (CWI 5 min. – 6 h) ↑ 1. VZ (CWI ≤ 30 min) = 2. VZ do 1 h ↓ RZ (CWI do 2 h)
Coelho et al., 2021	Post-match recovery in soccer with far-infrared emitting ceramic material or cold-water immersion	Journal of Sports Science & Medicine	25 univerzitních fotbalistů	Fotbalový zápas (CWI 10 min. 10 °C) / PR (30 min.) / BIO (8 h ve spánku)	↔ výkon, parametry (CWI, BIO, PR) ↔ DOMS, CK (CWI, BIO, PR)

*Poznámka.* CWI = ponor do studené vody; TWI = ponor do indiferentní vody; DOMS = opožděná bolest svalů; BIO = návleky vyzařující infračervené záření; VS = vertikální skok; DV = dřep s výskokem; PR = pasivní regenerace; LA = laktát; MVK = maximální vědomá kontrakce; BS = bolest svalů; RZ = rychlostní zatížení; VZ = vytrvalostní zatížení; MS = maximální síla; KSZ = kvadricepsová síla záškubu; ↔ bez rozdílu proti normalizovaným hodnotám ( $p > 0,05$ ); ↑ zlepšení či zvýšení proti normalizovaným hodnotám; ↓ snížená hodnota oproti normalizovaným hodnotám; / nebo (intervence)

Autoři a rok vydání	Název článku	Časopis	Výzkumný soubor	Testovací protokol	Výsledky
Fakhro et al., 2022	Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage	Journal of experimental orthopaedics	60 aktivních sportovců (věk: 19-44)	5x20 Drop jumps + (max. výskok) CWI (15 min. 12 °C) / IM (15 min. ledová masáž – stehenní svaly, kvadricepsy)	↓ CK 48 h po (CWI) > (IM) ↑ 1RM 48 h (CWI), ↓ 1RM 48 h (IM) ↑ VS 24 h (CWI), ↓ VS 48 h (IM)
Faricier et al., 2023	Short-term cold-water immersion does not alter neuromuscular fatigue development during high-intensity intermittent exercise	Frontiers in Physiology	10 aktivních sportovců (věk: 18-55)	60x iMVC (3 s. práce, 2 s. pauza) CWI (6 min. 8.9 °C ± 1.6 °C) / KP odpočinek (6 min.)	↔ NO (CWI, KP)
Pesenti et al., 2020	The effect of cold water immersion on pain, muscle recruitment and postural control in athletes	Revista Brasileira de Medicina do Esporte	28 fotbalistů (věk: 16-19)	Extenze kolene v sedě (1 RM) CWI (10 min. 10 °C) / AR (10 min.) / WIT (10 min. 28–30 °C) / KS (10 min.)	↔ Posturální stabilita (CWI, AR, WIT, KS) ↔ DOMS 24 h, 48 h, 72 h (CWI, AR, WIT, KS) DOMS (CWI) návrat do původního stavu bolestivosti

*Poznámka.* CWI = ponor do studené vody, iMVC = intermitentní maximální volní izometrická kontrakce; NO = neuromuskulární odezva; KP = kontrolní pokus; KS = kontrolní skupina; IM = ledová masáž; VS = vertikální skok; CK = kreatinkináza; WIT = ponor do vody o teplotě prostředí; AR = aktivní regenerace; 1RM = jedno opakování s maximální intenzitou; DOMS = opožděná bolest svalů; ↔ bez rozdílu proti normalizovaným hodnotám ( $p > 0,05$ ); ↑ zlepšení či zvýšení proti normalizovaným hodnotám; ↓ snížená hodnota oproti normalizovaným hodnotám; / nebo (intervence)

Autoři a rok vydání	Název článku	Časopis	Výzkumný soubor	Testovací protokol	Výsledky
Guo et al., 2022	The effect of different water immersion strategies on delayed onset muscle soreness and inflammation in elite race walker	Journal of Men's Health	30 profesionálních sportovců ve sportovní chůzi	Každodenní trénink (15 dní) (CWI 10 min. 10 °C) / (CWT 4x2.5 min 12 °C-38 °C)	↓ IL-6 (L1, H2 CWI) ↓ PGE2 (M, L2 CWI) ↔ BS, námaha
Zhang et al., 2022	Effect of 3 min whole-body and lower limb cold water immersion on subsequent performance of agility, performance of agility, sprint, and intermittent endurance exercise	Frontiers in Physiology	11 fotbalistů (věk: 21.4 ± 2.0 let)	T1 (agility test, 20 m. sprint, YOYO test) 15 m. odpočinek a T2 = T1 CWI (3 min. 15 °C) / LCWI (3 min. 15 °C) / KS (3 min.)	↓ agility test T2 oproti T1 (CWI) ↔ 20 m. sprint T2 oproti T1 ↑ YOYO T2 (CWI) oproti (KS)
Kowalski et al., 2022	Cold water immersion as a method supporting post-exercise recovery	Central European Journal of Sport Sciences and Medicine	11 profesionálních plavců (věk: 18.8 ± 1.7 let)	2 min. kraul do maxima (plavecká lavice) CWI (3 min. 9 °C ±1 °C)	↔ výkon prvního a druhého pokusu (rozdíl 2 týdnů) ↓ LA P3, 6, 9 (CWI)

*Poznámka.* CWI = ponor do studené vody; CWT = kontrastní terapie; LCWI = ponor dolních končetin; P3, 6, 9 = 3, 6, 9 minut po zátěži; LA = laktát; KS = kontrolní skupina; IL-6 = interleukin 6; PGE2 = prostaglandin E2; BS = bolest svalů; L1 = první TJ mírné intenzity; H2 = druhá TJ vysoké intenzity; M = TJ střední intenzity; L2 = druhá TJ mírné intenzity; T1 = trénink č. 1; T2 = trénink č. 2; ↔ bez rozdílu proti normalizovaným hodnotám ( $p > 0,05$ ); ↑ zlepšení či zvýšení proti normalizovaným hodnotám; ↓ snížená hodnota oproti normalizovaným hodnotám; / nebo (intervence)

Autoři a rok vydání	Název článku	Časopis	Výzkumný soubor	Testovací protokol	Výsledky
Krueger et al., 2020	The physiological effects of daily cold-water immersion on 5day tournament performance in international standard youth field-hockey players	European journal of applied physiology	18 pozemních hokejistů (věk: 16.6 ± 0.6 let)	5denní turnaj – (1. den VS a 6x30 m. sprint, 5 den VS a 6x30 m. sprint) CWI 15 min. po 1-4 den (5 min. 6.4 ± 0.8 °C) / KS	↔ VS, 6x30 m. sprint ↔ 5denní výkon ↔ CK (CWI, KS)
Kusuma et al., 2021	Effect of cold water and contrast immersion on physiological and psychological responses of elite athletes after high-intensity exercises	Journal of Physical Education and Sport	30 profesionálních atletů (věk: 18.2 ± 1.2 let)	12 stanovišť (3x6x85-95 % RM) CWI (15 min. 5 °C) / CWT (15 min. 15 °C-38 °C) / KS (15 min. strečink)	↓ BS (CWI) > (SS, CWT) ↓ LA, kortizol, WB (CWI)
Pawłowska et al., 2021	The effect of submaximal exercise followed by short-term cold-water immersion on the inflammatory state in healthy recreational athletes: a cross-over study	Journal of Clinical Medicine	22 rekreačních atletů (věk: 25 ± 4.8 let)	Test na ergometru (30 min. 70 % MTF) CWI (3 min. 8 °C) / KS (20 min.)	↑ IL-6, IL-10 po 20 min. (CWI) > (KS)

*Poznámka.* CWI = ponor do studené vody; CWT = kontrastní terapie; MTF = maximální tepová frekvence; KS = kontrolní skupina; VS = vertikální skok; RM = maximum opakování; CK = kreatinkináza; LA = laktát; WB = celková pohoda organismu (stres, deprese, vnímaná únava); BS = bolest svalů; IL-6 = interleukin 6; IL-10 = interleukin 10; ↔ bez rozdílu proti normalizovaným hodnotám (p > 0,05); ↑ zlepšení či zvýšení proti normalizovaným hodnotám; ↓ snížená hodnota oproti normalizovaným hodnotám; / nebo (intervence)

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Jak už se Bleakley a Davison (2010) ve své studii zmiňují, negativní termoterapie je ve sportovním prostředí velmi využívaná metoda hlavně kvůli snížení vnímané bolestivosti svalů a samotné únavy, ale také pro svůj účinek při zotavovací době po zatížení. Tyto jevy jsou ovlivňovány pomocí různých aspektů, které Stephens et al. (2017) rozlišuje podle teploty média, času a u hydroterapie i na hloubku ponoru. Vlivy různých forem negativní termoterapie na snížení doby zotavení a snížení akutní či chronické únavy jsou předmětem dlouholetého zkoumání ve všech sférách sportovních disciplín či lidského života jako takového. Jak už bylo v první části bakalářské práce objasněno, negativní termoterapie vykazuje akutní či chronické vlivy na lidský organismu jak na lokální, tak i celotělové úrovni. V druhé části bakalářské práce byly tyto vlivy potvrzeny pomocí novodobých odborných studií a článků.

### 5.1 Negativní termoterapie ve vztahu k únavě

Většina probádaných studií se shodovalo v aplikaci CWI (celotělového ponoru do studené vody) po dobu  $\pm 10$  minut o teplotě 10-15 °C. Tato metoda CWI vykazovala sníženou subjektivní bolestivost svalů, včetně celkové pohody organismu, který zahrnoval vnímanou únavu, stres či kvalitu spánku oproti skupinám, které využívaly jako intervenční prostředek pasivní regeneraci nebo po zátěžový strečink (Alexander et al., 2022; Pooley et al., 2020; Chaillou et al., 2022; Kusuma et al., 2021). Typ zátěže se v těchto studiích vyskytoval ve formě intermitentních rychlostně-vytrvalostních aktivit – fotbal, ale také u silových disciplín, kde se snížená vnímaná bolest svalů vyskytovala v prvotních fázích a to 5 minut až 6 hodin po zátěži (Chaillou et al., 2022). Pooley et al. (2020), Fakhro et al. (2022) ve svých studiích zjistili sníženou hodnotu kreatinkinázy (CK) ve 48 hodinách po zátěži, oproti kontrolním skupinám nebo skupinám kde se využívala ledová masáž dolních končetin. Hladina laktátu (LA) byla měřena ve studiích od Bouchiba et al. (2022), Kowalski et al. (2022) a Kusuma et al. (2021) s tím, že se jeho hladina snížila 3, 6, 9 a 48 hodin po zátěži. Tyto studie se zabývaly jak rychlostně vytrvalostním typem zátěže, tak i silovým. Ahokas et al. (2020), Coelho et al. (2021) a Krueger et al. (2020) ale například nenaměřili výraznou změnu ve vyplavování CK, myoglobinu nebo leukocytů při intervenci pomocí CWI oproti ostatním testovaným skupinám. Hodnoty cytokinů IL-6, 10 se měřily ve studiích od Guo et al. (2022) a Pawłowska et al. (2021) a jejich hodnota byla snížená u vytrvalostních zatížení při použití CWI, oproti tomu při submaximálním zatížení se jejich hodnota při intervenci pomocí CWI navýšila oproti kontrolním skupinám. Pesenti et al. (2020) ve své studii



jako jediní z vybraných studií sledovali i vliv negativní termoterapie na stav DOMS, přičemž došli k závěru, že se při aplikaci CWI snižuje doba vymizení DOMS. Při menší časové expozici CWI ± 4 minuty se hodnoty markerů ukazujících zánět a bolestivost svalů snížily méně patřičně než při delší časové expozici.

## 5.2 Negativní termoterapie ve vztahu k zotavení a sportovnímu výkonu

Negativní termoterapie se kromě analgetických účinků využívá také jako prostředek ke snížení doby pro zotavení mezi jednotlivým tělesným zatížením a ke zlepšení či adaptaci na sportovní výkon. Sportovci vyčerpání nespočtem zápasů či maximálních výkonů v krátkém časovém intervalu, například hráči ledního hokeje v období play-off či hráči basketbalu (NBA), se musí podrobovat každodennímu zotavovacímu protokolu pro snížení doby zotavení včetně co nejnižšího ovlivnění následujícího sportovního výkonu s cílem obnovit ztracené síly a zvýšit zotavovací mechanismy.

Novodobé studie shrnuté v druhé část bakalářské práce tyto účinky a vlivy objasňují, nebo se o to alespoň pokouší. Termoterapie se ve všech těchto studiích objevovala ve formě CWI nebo TWI (ponor do vody o teplotě prostředí). Nejčastěji využívanou formou CWI byla aplikace po dobu 10-15 minut s teplotou vody 10-15 °C. Alexander et al. (2022) ve své studii zjistili mírně zvýšenou excentrickou sílu hamstringů u skupiny využívající CWI, oproti skupině využívající pasivní regeneraci s tím, že zde nebyla vyzorována změna v síle adduktorů nebo flexibilitě hamstringů. Typ zátěže byl intermitentní, konkrétně zaměřen na fotbal. Pooley et al. (2020) naměřili u fotbalistů zvýšený zotavovací proces při vertikálním skoku při intervenci CWI než u skupiny využívající aktivní regeneraci nebo strečink, což podpořili při stejném testu ve své studii Fakhro et al. (2022) a Bouchiba et al. (2022), kdy byl zlepšen zotavovací proces při využití CWI než při využití ledové masáže nebo TWI. Silový projev byl měřen ve studiích od Ahokas et al. (2020), Chaillou et al. (2022) a Fakhro et al. (2022) a výsledky byly proměnné. Zatímco výsledky od Ahokas et al. (2020) nevykazovaly žádný vliv na maximální sílu, Chaillou et al. (2022) a Fakhro et al. (2022) naměřili zlepšení maximální síly po 5 minutách, 6 hodinách a 48 hodinách využitím CWI oproti kontrolním skupinám a skupině využívající ledovou masáž. Rychlostní výkon ovlivněn CWI byl měřen ve studiích od Ahokas et al. (2020), Bouchiba et al. (2022), Chaillou et al. (2022) a Krueger et al. (2020). Jediná měřitelná změna se vyskytoval ve studii od Bouchiba et al. (2022), kde se rychlostní sprint po výkonu rychleji obnovil na původní hranici po 24 h využitím CWI nežli u TWI. Chaillou et al., (2022) dále ve své studii zjistili, že vytrvalostní výkon lze opakovat se stejnou intenzitou bez znatelné ztráty na výkonu v časovém horizontu 1 h po původní zátěži,

a to pomocí CWI (10 minut 10 °C), což ve své studii podporují také Zhang et al. (2022) při měření vytrvalostních výkonů v YOYO testu a agility testu při využití CWI jen po dobu 3 minut o teplotě 15 °C oproti kontrolní skupině. Některé zmíněné studie měly vliv na kontrolní testy, ale na samotný výkon ve sportovní disciplíně nikoliv. Například Bouchiba et al. (2022), Coelho et al. (2021), Faricier et al. (2023), Kowalski et al. (2022) a Krueger et al. (2020) nenaměřili žádnou změnu ve sportovním výkonu vykonávanou po intervenci CWI, TWI nebo kontrastní termoterapie (CWT).

### 5.3 Praktická aplikace

Díky uvedeným a zjištěným poznatkům lze ve sportovním prostředí rozlišovat nejpodstatnější protokoly a strategie aplikace chladivé terapie na lidský organismus po zátěži. Mezi takovéto globální strategie patří negativní termoterapie využitím ponoru do studené vody, nebo střídavého ponoru do vody studené a teplé, dále ačkoliv méně, se využívá fenoménu kryoterapie, která zlepšuje metabolismus tkání, funguje jako prevence proti zranění a potlačuje negativní zánětlivé příznaky po sportovním zatížení (Patel et al., 2019). Lokálně se ve sportovním prostředí využívají kryosáčky, nebo alternativně chladivé spreje, které fungují na bázi krátkodobé lokální anestezie. Tabulka 4 se zaměřuje na základní popis nejpopulárnějších strategií jednotlivých terapií ve sportovním prostředí z dosavadních zdrojů a odborných studií.

Tabulka 4

*Nejpopulárnější metody negativní termoterapie ve sportu*

Termoterapie	Teplota (°C)	Čas
CWI (ponor do studené vody)	10-15	10-15 minut
CWT (kontrastní termoterapie)	15 a 38	± 10 minut
Kryoterapie	-120 až -150	± 3 minuty
Kryosáčky	-18	10-15 minut
Chladivý sprej	-50	5 sekund (2-3 x)

Pokud je naším cílem snížení vnímané bolesti svalů, celkové po zátěžové únavy a snížení zotavovacího času mezi jednotlivým tělesným zatížením, tak se dá obecně předpokládat, že je vhodným protokolem využití ponoru do studené vody po dobu 10 minut po téměř jakémkoliv

zátěži, ať už vytrvalostní, silové či rychlostní. Teplota vody by měla být konstantní, a to okolo 10-15 °C. Tento protokol se dále využívá v léčbě opožděné bolesti svalů, jenž má mít podle dosavadních studií a zdrojů vyšší účinek než dále zmíněné terapie. Tento protokol má v problematice únavy a celkové vnímané bolesti svalů podle dosavadních studií větší váhu než ponor do vody o teplotě prostředí, pasivní regenerace nebo kontrastní termoterapie.

Je-li náš cíl zlepšení sportovnímu výkonu nebo adaptace na něj, nelze se řídit jednotným pravidlem. Při zátěži, kde se objevuje převaha excentrické kontrakce, lze využít ponoru do studené vody jako formu regeneračních metod pro opětovné vyrovnání sil tvořících excentrickou kontrakci. Takový protokol by měl být aplikován po dobu 10-15 minut o teplotě kolem 10 °C a podle některých odborných studií by měl zaručit lepší výsledek než protokoly kontrastní termoterapie, ponoru do vody o teplotě prostředí nebo statický strečink po zátěži. Pokud máme více fyzicky náročných zatížení po sobě, ať už vytrvalostních nebo rychlostně-vytrvalostních, lze jako protokol využít ponoru do studené vody s kratší dobou expozice a to 3-6 minut o teplotě vody 6-10 °C mezi jednotlivým zatížením.

Celkový opětovný výkon nebo výkon silový po užití negativní termoterapie je zatím předmětem mnoha dalších bádání a studií, jelikož existuje mnoho proměnných, které výsledný efekt dokážou změnit. Mohou to být například faktory celkového naladění organismu, doba po zatížení po kterém protokol aplikujeme, teplota prostředí ve kterém k zatížení dochází nebo samotný stav svalového poškození. Dále se musí přistupovat ke každému sportovci jinak, protože je každý organismus výjimečný a každý reaguje na podněty negativní termoterapie jinak, což nám dokazují analyzované studie, ve kterých docházelo ke stejným protokolům, ale k nejednoznačným výsledkům.

## **5.4 Limity práce**

Limity práce byly především v oblasti vyhledávání jednotlivých studií, například co se týče nedostatečné rozsahu záběru vyhledávací strategie ať už z pohledu vyhledávacího období, což nám zúžilo počet a kvalitu vyhledávaných dat, tak i nezahrnutím slova "adaptation", které bylo podle uvážení nahrazeno slovy "performance" nebo "load". Díky této limitě jsme nedokázali jednoznačně určit vliv negativní termoterapie na zvýšení či adaptaci organismu na sportovní výkon. Dále byly vybrány pro zkoumání pouze určité ukazatele odezvy organismu na negativní termoterapii a to ty, které přímo souvisely se svalovým poškozením a zánětlivými procesy v lidském těle.

## 6 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo uceleně shrnout účinky vlivu negativní termoterapie na odezvu lidského organismu po tělesném zatížení. V práci jsme zjistili pozitivní účinek negativní termoterapie na snížení vnímané bolestivosti svalů, snížení celkové únavy a snížení doby pro zotavení po tělesném zatížení, pomocí reaktivity organismu na chlad v podobě vyplavování biochemických, hormonálních a imunologických ukazatelů. Dále byly prokázány bezpečnostní rizika při využívání chladové terapie jako například nekontrolovatelná hyperventilace, hypotermie nebo omrzliny. Dále se bakalářská práce zabírala vlivem negativní termoterapie na zvyšování sportovního výkonu, přičemž rešerše odborných studií na tento fenomén neukazovaly přímo a samotný vliv negativní termoterapie na zlepšování sportovního výkonu nebyl dostatečně prokázán.

## 7 SOUHRN

Tato bakalářská práce měla za cíl shromáždit a porovnat data jak z literárních zdrojů, tak i z odborných článků a studií, zabývajících se vlivem chladu na lidský organismus po zátěži. Toto téma je velice důležité ve vztahu k neustálému zlepšování trénovanosti sportovce, protože je základním pilířem k obnově sil a k opakovanému a konzistentnímu rozvíjení sportovní výkonnosti.

V první části bakalářské práce byly představy základní principy, typy a formy zatížení společně s návazností na superkompenzaci. Byla zde objasněna únava jako taková, včetně typů a místa působení. Dále byl objasněn pojem regenerace jak v běžném životě, tak i ve sportovním prostředí s následným vysvětlením negativní termoterapie a jejím vlivu na krátkodobou či chronickou adaptaci organismu, byly popsány rizika negativní termoterapie společně s kontraindikacemi jejího využívání. Byly zde také vysvětleny a další dílčí části, které mohou mít vliv na zkoumání problematiky bakalářské práce.

Druhá část neboli výsledková část, měla za úkol vyhledat, analyzovat a souhrnně vysvětlit vlivy negativní termoterapie ve sportovním prostředí. To se povedlo díky rešerši studií z databázi Web of Science, Scopus a PubMed, z kterých bylo pomocí kritérií vybráno výsledných 15 novodobých a relevantních studií k tématu negativní termoterapie ve vztahu k zotavení, únavě a sportovnímu výkonu. Tyto studie částečně objasnily pozitivní vlivy negativní termoterapie pomocí různých druhů aplikace chladu na lidský organismus ve vztahu k zotavení a vnímané bolesti, ale také vytvořily prostor pro další zkoumání, a to hlavně ve sférách zvyšování a obnovy sportovního výkonu.

## 8 SUMMARY

The aim of this bachelor thesis was to collect and compare data from literature sources as well as from scientific articles and studies dealing with the effects of cold on the human body after exercise. This topic is very important in relation to the continuous improvement of an athlete's performance because it is a fundamental pillar to regain strength and to consistently develop sports performance.

The first part of the bachelor thesis introduced the basic principles, types and forms of loading together with supercompensation. There was clarified fatigue as such, including types and sites of action. Furthermore, the concept of regeneration in everyday life as well as in sports environment was explained, followed by an explanation of cold thermotherapy and its effect on short-term and chronic adaptation of the organism, the risks of negative thermotherapy were described together with contraindications to its use. There were also explained other subsections that may have an impact on the exploration of the thesis topic.

The second part, or the result part, had a task to locate, analyze and summarize the effects of cold thermotherapy in the sport environment. This was done by searching studies from Web of Science, Scopus and PubMed databases, which resulted in finding of 15 recent and relevant studies on the topic of cold thermotherapy in relation to recovery, fatigue and sports performance by selected criteria. These studies have partially elucidated the positive effects of cold thermotherapy using different types of cold application on the human body in relation to recovery and perceived pain, but have also created room for further investigation, especially in the realms of enhancing and restoring athletic performance.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Ahokas, E. K., Kyröläinen, H., Mero, A. A., Walker, S., Hanstock, H. G., & Ihalainen, J. K. (2020). Water immersion methods do not alter muscle damage and inflammation biomarkers after high-intensity sprinting and jumping exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 120(12), 2625–2634. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04481-8>
- Alexander, J., Carling, C., & Rhodes, D. (2022). Utilisation of performance markers to establish the effectiveness of cold-water immersion as a recovery modality in elite football. *Biology of Sport*. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.103570>
- Bernaciková, M., Hrnčířiková, I., Cacek, J., & Lenka Dovrtělová. (2020). *Regenerace a výživa ve sportu*. Masarykova univerzita.
- Birch, K., Maclaren, D., & George, K. (2005). *Instant notes sport and exercise physiology*. Bios Scientific.
- Bleakley, C. M., & Davison, G. W. (2009). What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 44(3), 179–187. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.065565>
- Botek, M., Neuls, F., Klimešová, I., & Vyhnánek, J. (2017). *Fyziologie pro tělovýchovné obory: (vybrané kapitoly) (Část I.)*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Bouchiba, M., Bragazzi, N. L., Zarzissi, S., Turki, M., Zghal, F., Grati, M. A., Daab, W., Ayadi, F., Rebai, H., Ibn Hadj Amor, H., Hureau, T. J., & Bouzid, M. A. (2022). Cold Water Immersion Improves the Recovery of Both Central and Peripheral Fatigue Following Simulated Soccer Match-Play. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.860709>
- Chaillou, T., Treigyte, V., Mosely, S., Brazaitis, M., Venckunas, T., & Cheng, A. J. (2022). Functional Impact of Post-exercise Cooling and Heating on Recovery and Training Adaptations: Application to Resistance, Endurance, and Sprint Exercise. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00428-9>
- Coelho, T. M., Nunes, enan F. H., Nakamura, F. Y., Duffield, R., Serpa, M. C., da Silva, J. F., Carminatt, L. J., Filho, F. J. C., Goldim, M. P., Mathias, K., Petronilho, F., Martins, D. F., & Guglielmo, L. G. A. (2021). Post-Match Recovery in Soccer with Far-Infrared Emitting Ceramic Material or Cold-Water Immersion. *Journal of Sports Science and Medicine*, 732–742. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.732>
- Doubt, T. J. (1991). Physiology of exercise in the cold. *Sports Medicine*, 11(6), 367–381. <https://doi.org/10.2165/00007256-199111060-00003>
- Dovalil, J. (2008). *Lexikon sportovního tréninku (2., upr. vyd)*. Karolinum.

- Dovalil, J., Choutka, M., Svobirboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3. vyd). Olympia.
- Fakhro, M. A., AlAmeen, F., & Fayad, R. (2022). Comparison of total cold-water immersion's effects to ice massage on recovery from exercise-induced muscle damage. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40634-022-00497-5>
- Faricier, R., Haeblerlé, O., & Lemire, M. (2023). Short-term cold-water immersion does not alter neuromuscular fatigue development during high-intensity intermittent exercise. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1061866>
- Fava, G. A., & Sonino, N. (2000). Psychosomatic Medicine: Emerging Trends and Perspectives. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 69(4), 184–197. <https://doi.org/10.1159/000012393>
- Guo, C., Fan, Y., Kong, X., & Zhao, C. (2022). The effect of different water immersion strategies on delayed onset muscle soreness and inflammation in elite race Walker. *Journal of Men's Health*, 18(3), 064. <https://doi.org/10.31083/j.jomh1803064>
- Havlíčková, L. (1999). Význam excentrické kontrakce pro posturu. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 1, 9-14.
- Hošková, B., Majorová, S., & Nováková, P. (2015). *Masáž a regenerace ve sportu*. Univerzita Karlova.
- Hyl Dahl, R. D., & Hubal, M. J. (2013). Lengthening our perspective: Morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & Nerve*, 49(2), 155–170. <https://doi.org/10.1002/mus.24077>
- Janský, L., Pospíšilová, D., Honzová, S., Uličný, B., Šrámek, P., Zeman, V., & Kamínková, J. (1996). Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 72-72 (5-6), 445-450. <https://doi.org/10.1007/bf00242274>
- Jirka, Z. (1990). *Regenerace a sport*. Olympia.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2012). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics Publishers.
- Komačková, D. (2003). *Fyzikální terapie*. Osveta.
- Kowalski, M., & Lubkowska, A. (2022). Cold water immersion as a method supporting post-exercise recovery. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 38, 61-70. <https://doi.org/10.18276/cej.2022.2-06>
- Krueger, M., Costello, J. T., Stenzel, M., Mester, J., & Wahl, P. (2020). The physiological effects of daily cold-water immersion on 5-day tournament performance in international



- standard youth field-hockey players. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 295-305. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04274-8>
- Kusuma, M. N. H., KOMARUDIN, T. S., ARFIN, D., LISTIANDI, D. N., & Putro, B. N. (2021). Effect of cold water and contrast immersion on physiological and psychological responses of elite athletes after high-intensity exercises. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(6), 3278-87. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s6446>
- Lehnert, M., Novosad, J., & Neuls, F. (2001). *Základy sportovního tréninku* (Vol. I). Hanex.
- MacIntyre, D. L., Reid, W. D., & McKenzie, D. C. (1995). Delayed muscle soreness. *Sports Medicine*, 20(1), 24-40. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520010-00003>
- Marquet, L., Hausswirth, C., Hays, A., Vettoretti, F., & Brisswalter, J. (2015). Comparison of between-training-Sessions recovery strategies for world-class BMX pilots. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(2), 219-223. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0152>
- Navrátil, L. (Ed.). (2019). *Fyzikální léčebné metody pro praxi*. Grada Publishing.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, 43(1), 9-22. <https://doi.org/10.1007/s40279-012-0002-0>
- Nybo, L., Girard, O., Mohr, M., Knez, W., Voss, S., & Racinais, S. (2013). Markers of muscle damage and performance recovery after exercise in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(5), 860-868. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31827ded04>
- Orel, M. (2019). *Anatomie a fyziologie lidského těla: pro humanitní obory*. Grada.
- Patel, K., Bakshi, N., Freehill, M. T., & Awan, T. M. (2019). Whole-body cryotherapy in sports medicine. *Current Sports Medicine Reports*, 18(4), 136-140. <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000584>
- Pawłowska, M., Mila-Kierzenkowska, C., Boraczyński, T., Boraczyński, M., Szewczyk-Golec, K., Sutkowy, P., Wesołowski, R., Smogula, M., & Woźniak, A. (2021). The effect of submaximal exercise followed by short-term cold-water immersion on the inflammatory state in healthy recreational athletes: A cross-over study. *Journal of Clinical Medicine*, 10(18), 4239. <https://doi.org/10.3390/jcm10184239>
- Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559-570. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00971.2016>
- Pesenti, F. B., Silva, R. A., Monteiro, D. C., Silva, L. A., & Macedo, C. D. (2020). The effect of cold water immersion on pain, muscle recruitment and postural control in athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 26(4), 323-327. <https://doi.org/10.1590/1517-869220202604214839>

- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: Harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1-13. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2017/8416763/>
- Poděbradský, J., & Poděbradská, R. (2009). *Fyzikální terapie. Manuál a algoritmy*. Grada
- Poděbradský, J., & Vařeka, I. (1998). *Fyzikální terapie I*. Grada.
- Pooley, S., Spendiff, O., Allen, M., & Moir, H. J. (2020). Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1423-1431. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2019.1660448>
- Poppendieck, W., Faude, O., Wegmann, M., & Meyer, T. (2013). Cooling and performance recovery of trained athletes: A meta-analytical review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 227-242. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.3.227>
- Porcari, J., Bryant, C., & Comana, F. (2015). *Exercise physiology*. F.A. Davis.
- Rokyta, R. (2016). *Fyziologie–Třetí, přepracované vydání*. Galén.
- Sapan, H. B., Idrus Paturusi, Irawan Jusuf, Ilhamjaya Patellongi, Muh Nasrum Massi, Puspongoro, A. D., Syafrie Kamsul Arief, Ibrahim Labeda, Andi Asadul Islam, Rendy, L., & Hatta, M. (2016). Pattern of cytokine (IL-6 and IL-10) level as inflammation and anti-inflammation mediator of multiple organ dysfunction syndrome (MODS) in polytrauma. *International Journal of Burns and Trauma*, 6(2), 37–43.
- Scott, A. (2004). What do we mean by the term “inflammation”? A contemporary basic science update for sports medicine. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 372–380. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2004.011312>
- Stephens, J. M., Halson, S., Miller, J., Slater, G. J., & Askew, C. D. (2017). Cold-Water Immersion for Athletic Recovery: One Size Does Not Fit All. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 2–9. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0095>
- Tavares, F., Simões, M., Matos, B., Smith, T. B., & Driller, M. (2020). The Acute and Longer-Term Effects of Cold Water Immersion in Highly-Trained Volleyball Athletes During an Intense Training Block. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2020.568420/full>
- Tipton, M. J., Collier, N., Massey, H., Corbett, J., & Harper, M. (2017). Cold water immersion: kill or cure? *Experimental Physiology*, 102(11), 1335–1355. Retrieved from <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1113/EP086283>
- Turk, E. E. (2010). Hypothermia. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 6(2), 106–115. <https://doi.org/10.1007/s12024-010-9142-4>

- Voháňka, S. (2012). Zvýšená hladina kreatinkinázy. *Interní medicína pro praxi*. Retrieved from <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2012/09/07.pdf>
- Vuori, I. (1988). Sauna bather's circulation. *Annals of clinical research*, 20(4), 249-256. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3218896/>
- Wang, H., Olivero, W., Wang, D., & Lanzino, G. (2006). Cold as a therapeutic agent. *Acta Neurochirurgica*, 148(5), 565-570. <https://doi.org/10.1007/s00701-006-0747-z>
- Zahradník, D., & Korvas, P. (2017). *Základy sportovního tréninku (1. vyd.)*. Masarykova univerzita.
- Zeman, V. (2006). *Adaptace na chlad u člověka: možnosti a hranice*. Galén.
- Zhang, W., Ren, S., & Zheng, X. (2022). Effect of 3 MIN whole-body and lower limb cold water immersion on subsequent performance of agility, sprint, and intermittent endurance exercise. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.981773>