

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU



## **Vliv sauny na svalový tonus po fyzické zátěži**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

**PhDr. Petr Šifta, Ph.D.**

Vypracoval:

**Bc. Petr Dastych**

Praha, duben 2011

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 5.4.2011

.....

podpis diplomanta

Na tomto místě bych chtěl poděkovat PhDr. Petrovi Šiftovi, Ph.D. za cennou pomoc a odborné konzultace při psaní této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Doc. MUDr. Janu Hellerovi, CSc. za odborné konzultace a za jeho pomoc při vlastním experimentu.

### Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## **ABSTRAKT**

**Název:** Vliv sauny na svalové napětí po fyzické zátěži

**Vymezení problému:** Tato diplomová práce je pilotní teoreticko – empirický dvoufaktorový experiment, kde hlavním předmětem experimentu je zhodnocení účinku sauny na zvýšené svalové napětí po sportovním výkonu a její možnosti pro využití v regeneraci a fyzikální terapii.

**Cíle práce:** Cílem této diplomové práce je shrnout teoretické poznatky týkající se dané tematiky a ohodnotit vliv saunování na svalové napětí vzniklé po krátkodobém maximálním anaerobním výkonu a porovnat jej s pasivním odpočinkem.

**Metoda řešení:** Tato diplomová práce bude zpracována na FTVS UK na 6 probandech, kteří budou náhodným výběrem rozděleni do dvou stejně početných skupin. První tříčlenná skupina bude výzkumná, druhá tříčlenná skupina bude kontrolní. Následně budou probandi podrobena zátěžovému testu wingate. Experimentální skupina se zúčastní saunovací procedury a kontrolní skupina bude pasivně odpočívat. Svalové napětí se bude měřit před zátěží, po zátěži a po sauně/pasivním odpočinku. Měření bude probíhat v kineziologické laboratoři na FTVS UK. Měřit se bude pomocí myotonometru a data budou přes analogovo-digitální převodník zobrazena a následně zpracována pomocí výpočetní techniky.

**Výsledky:** Při provedení experimentu nebyly potvrzeny stanovené hypotézy, zejména pro překvapivé zjištění, že po krátkodobé maximální anaerobní zátěži organismu nemusí bezprostředně docházet ke zvýšení napětí zatížených svalů, ale toto napětí může naopak poklesnout. Otázkou zůstává, jak se hodnoty napětí a elasticity budou měnit po delších časových intervalech od zátěže.

**Klíčová slova:** účinky sauny, svalové napětí, svalový tonus, regenerace, anaerobní zátěž

## **SUMMARY**

**Title:** Effect of sauna on muscle tone after physical exercise

**Topic definition:** This thesis presents a pilot theoretical - empirical two-factor experiment, where the main subject of the experiment is to evaluate the effect of sauna on increased muscle tension after sport and its potential for use in physical therapy and recovery.

**Aim of the thesis:** To provide a summary of theoretical knowledge related to the subject and to assess the impact of sauna usage on muscle tension occurred after short term maximal anaerobic exercise and compare it with passive rest.

**Methods:** This thesis will be processed at the Faculty of Physical Education and Sport on 6 individuals, who will be randomly divided into two equally large groups. The first three-person group will be a research one, the second three-member group will be the control group. Afterwards they will be subjected to a Wingate stress test. The experimental group will participate in sauna treatments and the control group in passive rest. Muscle tension will be measured before the load, after the load, and after the sauna / passive rest. Measurements will take place in a kinesiology lab at the Faculty of Physical Education and Sports. Measurements will be done by using a myotonometer and the data will be gathered via an analogue-digital converter and subsequently processed by computer.

**Results:** During the experiment the predefined hypotheses have not been confirmed. Particularly due to a surprising finding that after a short maximal anaerobic load increased muscle tension may not necessarily occur but contrary, this tension may even decrease. However the question is how the tension and elasticity values will change after longer intervals from load.

**Key words:** the effects of the sauna, muscle tension, muscle tone, regeneration, anaerobic stress

## OBSAH

1. ÚVOD.....	3
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	4
2.1. Biomechanické aspekty studie .....	4
2.1.1. Funkční charakteristika tkáně kosterního svalu .....	4
2.1.2. Mechanické vlastnosti svalové tkáně.....	5
2.1.3. Mechanické vlastnosti neaktivovaného svalu .....	6
2.1.4. Vztah mezi silou stahu a výchozí délkou svalu .....	7
2.2. Mechanické vlastnosti kůže .....	8
2.3. Svalový tonus a jeho regulace.....	9
2.3.1. Definice svalového tonu .....	9
2.3.2. Regulace svalového tonu .....	9
2.3.3. Vazivová složka svalového tonu.....	14
2.4. Výzkum vlivu termoterapie na sval a jeho tonus .....	15
2.5. Sauna .....	17
2.5.1. Mikroklíma v sauně a předávání tepla .....	17
2.5.2. Vliv sauny na lidský organismus - její fyziologické účinky.....	18
2.5.3. Průběh procedury .....	23
3. CÍLE PRÁCE A STANOVENÉ HYPOTÉZY .....	26
3.1. Cíle práce .....	26
3.2. Stanovené hypotézy .....	26
4. PRAKTICKÁ ČÁST .....	27
4.1. Obecná charakteristika výzkumného plánu .....	27
4.1.1. Řešení zvláštních situací.....	27
4.2. Zkoumaný soubor.....	28
4.2.1. Výběr souboru.....	28
4.2.2. Charakteristika souboru .....	28
4.3. Průběh Experimentu.....	29
4.4. Měření pomocí myotonometru.....	30
4.4.1. Interpretace výsledků měření myotonometrem .....	31

4.5.	Zátěž.....	33
4.5.1.	Průběh zátěžového testu.....	33
4.5.2.	Wingate test a hodnocené parametry.....	33
4.6.	Průběh saunovací procedury.....	35
4.6.1.	Popis sauny.....	35
4.7.	Technika použitá pro odběr dat.....	36
5.	VÝSLEDKY.....	37
6.	SOUHRN VÝSLEDKŮ A DISKUSE.....	43
7.	ZÁVĚR.....	45
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	47
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48
9.1.	Knižní tituly.....	48
9.2.	Časopisy.....	49
9.3.	Ostatní prameny.....	51
10.	SEZNAM TABULEK V TEXTU.....	53
11.	SEZNAM GRAFŮ V TEXTU.....	53
12.	SEZNAM OBRÁZKŮ V TEXTU.....	53
13.	SEZNAM PŘÍLOH.....	54



# 1. ÚVOD

Problematika svalového napětí se týká široké populace. Se zvýšeným svalovým napětím se setkáváme jak u zdravých jedinců po fyzické zátěži, kterou může představovat pracovní zatížení (ať již v zaměstnání nebo při realizaci vlastních zálib), sportovní výkony, ale i důsledky emoční rozlady nebo psychického diskomfortu, stejně jako přetěžování pohybového systému dlouhodobě vynucenými statickými polohami v ergonomicky nevhodně uspořádaném prostředí (opět se může vztahovat jak k prostředí pracovnímu, tak k domácímu).

Vzhledem k široce rozšířené problematice zvýšeného napětí se lidstvo zabývá již od pradávna možnostmi jeho ovlivnění. Mezi tyto metody se řadí také sauna, která představuje mimo jiné již prastarý léčebný prostředek využívaný ke zlepšení fyzické kondice a zdraví lidí v zemích celého světa. V posledních desetiletích se sauna stala také široce užívanou formou wellness, a to zejména v evropských zemích. U široké veřejnosti je sauna hojně užívána zejména pro svůj myorelaxační účinek.

Sauna je zvláštní formou termoterapie, která se skládá ze dvou fází. První fáze, ve které je lidské tělo po krátkou dobu vystaveno prostředí s poměrně vysokými teplotami, je vystřídána fází ochlazovací. Celý cyklus se opakuje dvakrát až třikrát a poté následuje odpočinek.

Je s podivem, že i přesto je účinkům sauny v této oblasti věnováno z řad odborníků poměrně málo pozornosti. Při své rešeršní činnosti jsem našel převážně studie, které se zabývají účinky sauny na kardiovaskulární systém a patologie s ním spojené. Některé práce se zabývají vlivem sauny na svalovou sílu nebo bolest. Nenalezl jsem však žádnou studii, která by se zaměřovala přímo na potvrzení či objasnění účinků sauny na svalové napětí. Proto jsem se rozhodl zabývat se touto problematikou ve své diplomové práci, ve které chci shrnout dosavadní poznatky o účincích sauny na lidský organismus se zaměřením zejména na pohybový aparát a ve speciální části objasnit a definovat účinek sauny vzhledem ke svalovému tonu.

## 2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

### 2.1. Biomechanické aspekty studie

#### 2.1.1. Funkční charakteristika tkáně kosterního svalu

Svalová tkáň je velmi houževnatá a pružná, může být prodloužena nebo zkrácena při poměrně vysokých rychlostech bez jejího vážnějšího poškození. Výkonnost svalové tkáně pod měnícími se zátěžemi a rychlostmi je determinována následujícími vlastnostmi:

**roztžitelnost, elasticita, excitabilita a kontraktilita** (Hamill, Knutzen, 2009). Některé zdroje sem řadí i **vodivost** (Cael, 2010). Dále budou podrobněji popsány výše jmenované vlastnosti specificky pro kosterní sval.

**Roztžitelnost** je schopnost svalu prodloužit svojí klidovou délku, aniž by došlo k poškození tkáně. Aby došlo k prodloužení je ale zapotřebí buď jiný sval, nebo zevní síla např. pasivní pohyb terapeutem. Velikost prodloužení závisí na pojivové tkáni obklopující sval a ve svalu (Hamill, Knutzen, 2009; Cael, 2010).

**Elasticita** je schopnost svalu navrátit se do svého původního tvaru a klidové délky. Když svalová tkáň vykonává své různé funkce, její tvar se mění nebo deformuje. Jakmile je práce ukončena, může se sval uvolnit a navrátit se do své původní formy a délky. Tato vlastnost udržuje specifický tvar a geometrii ve svalech navzdory jejich poddajným vlastnostem. Elasticita je dána spíše pojivovou tkání ve svalu, než-li fibrilami samotnými. Elasticita je také důležitou komponentou pro facilitaci kontrakce svalu po předchozím protažení (Hamill, Knutzen, 2009; Cael, 2010).

**Excitabilita** je schopnost svalu odpovědět na stimul vytvořením elektrických signálů. Při odpovídajícím stimulu z nervové soustavy dojde k uvolnění neurotransmiterů na nervosvalové ploténce, což následně vede k vytvoření akčního potenciálu, který spustí řadu dějů, které vedou ke svalové kontrakci. Svalová tkáň kosterního svalu je jedna z nejdráždivějších tkání v lidském těle. Jen nervová tkáň má větší dráždivost (Hamill, Knutzen, 2009; Cael, 2010).

**Kontraktilita** je schopnost svalu generovat napětí a zkrátit se a zhoustnout, když přijde dostatečný stimul. Je to jedinečná vlastnost svalové tkáně, která je odpovědná za schopnost generovat sílu. Některé svaly se mohou zkrátit o 50 až 70 % své klidové délky, průměr rozsahu zkrácení je asi 57 % klidové délky pro všechny kosterní svaly. Velikost zkrácení je ale většinou omezena anatomicky (rozsah pohybu v kloubech, překážející měkké tkáně aj.) (Hamill, Knutzen, 2009; Cael, 2010).

**Vodivost** je schopnost svalu vést elektrické signály včetně akčních potenciálů. Po excitaci svalové tkáně nervovou soustavou se musí vzruch přenést k vnitřním buněčným strukturám, aktivovat je a spustit tím svalovou kontrakci (Cael, 2010).

### 2.1.2. Mechanické vlastnosti svalové tkáně

Obor mechaniky, který se zabývá vztahy mezi napětím, deformacemi a rychlostí deformace se nazývá reologie.

Biologické tkáně považujeme za viskoelastické materiály, což se projevuje závislostí jejich tuhosti na rychlosti deformace, hysterézní křivkou při změnách zatížení a projevy relaxace a tečení (creep) v čase (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>).

Svaly mají funkčně významné elastické vlastnosti, a to jak pasivní (nezávislé na excitaci) tak i závislé na kontrakci. Zajišťují na různých místech organismu veškerou aktivní tenzi a pohyb (Trojan, 2004). Reologické vlastnosti svalu jsou zčásti závislé na podílu základních strukturálních komponent, tedy kolagenu a elastinu. Výrazně se liší s umístěním, stářím a zátěžovou historií svalu (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>).

Elasticita svalů je dána mechanickými vlastnostmi buněčné membrány, vazivových struktur a zejména molekulárních struktur kontraktálního aparátu svalu (jehož základním modulem je sarkomera) (Trojan, 2004).

Sval je upnut na kost prostřednictvím šlachy. Vazy (ligamenta) tvoří zesílená místa kloubních pouzder. Primární svazky kolagenních vláken jsou stočeny v sekundární svazky. Šlacha přechází ve vazivovou tkáň svalu. Šlacha se svalem tvoří funkční komplex se značnými viskoelastickými vlastnostmi. Podle uspořádání svalových vláken a jejich připojení ke šlaše je síla ze svalu přenášena na vlastní kost. Šlachy i vazy jsou uzpůsobeny

přenosu zatížení v tahu a vzhledem k jejich viskoelastickým vlastnostem se u nich projevuje tečení (creep) i zpevnění podle způsobu aplikace vnějšího zatížení (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>). Mechanická pevnost a elasticita šlach však se stoupajícím věkem obecně klesá (Dylevský, 2009).

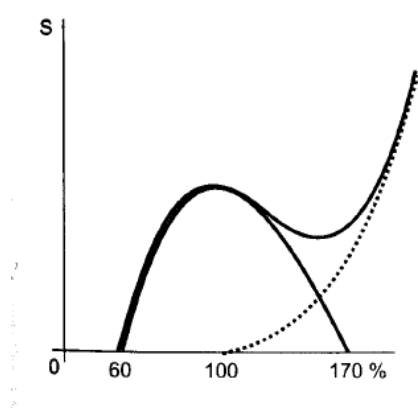
Sval se stává pro své značné elastické vlastnosti významným akumulátorem energie. Dochází k tomu řízeným způsobem, v závislosti na stupni jeho aktuální a následné aktivace (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>).

### 2.1.3. Mechanické vlastnosti neaktivovaného svalu

I neaktivovaný sval je pružný (elastický) – klade odpor deformaci při svém prodlužování nad tzv. klidovou délku. Když přestane deformující síla působit, sval se rychle vrací do původní (klidové) délky. Při zvětšování síly působící protažení svalu narůstá s protažením elastická síla stále strměji a při překročení mezní hodnoty se sval trhá. Pevnost není u všech svalů stejná, pohybuje se mezi 4 a 12 kg/cm<sup>2</sup>. Elastická síla, kterou je při protahování svalu nutno překonávat, má nejen složku statickou, ale i dynamickou, která roste s rychlostí protahování (Trojan, 2004).

Závislost elastické síly na délce svalu zobrazuje křivka na obr. č. 1. Její strmost není stejná u všech svalů.

Obrázek č. 1: Závislost síly na délce svalu



*Legenda: s: síla, %: délka, přerušovaně – pasivní elastická síla*

*Pramen: Trojan (2004)*

Za hlavní zdroje elasticity svalu byly dříve považovány různé složky buněčné membrány a extracelulárního pojiva. Dnes je však prokázáno, že se podstatně uplatňují elastické vlastnosti titinu (např. délka molekuly titinu určuje strmost závislosti pasivní elastické síly na délce svalu) (Trojan, 2004).

Dylevský (2009) uvádí, že na molekulární úrovni zajišťuje pružnost kromě titinu a nebulinu řada dalších proteinů, jako je desmin, vimetin, syndesmin, atd.

Jednotlivé svaly mají odlišné kritické meze pružnosti v sobě obsaženého titinu. Zjištěny byly dokonce i rozdíly pružnosti titinu v rámci vícesložkových svalů, jako například v jednotlivých hlavách m. triceps surae.

#### **2.1.4. Vztah mezi silou stahu a výchozí délkou svalu**

Aktivní sval vykazuje vyšší tuhost než sval pasivní (bez nervosvalové stimulace). Tuhost svalu se zvyšuje se stupněm excitace. Nárůst síly, kterou je sval schopen přenášet aktivní kontrakcí, je závislý na míře aktuálního protažení svalu. Schopnost svalu generovat aktivní sílu pro přenášení břemene totiž závisí na míře zasunutí aktomyozinového komplexu, tedy na délce sarkomery (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>).

Tímto mechanické vlastnosti kontrakce příčně pruhovaného svalu odpovídají představě o molekulární podstatě kontrakce. Je to patrné právě ze vztahu mezi délkou svalu a maximální silou volní izometrické kontrakce při této délce. Je – li sarkomera základní funkční jednotkou, je zřejmé, že bude působit největší silou na ostatní části svalového vlákna tehdy, když se mezi aktinem a myozinem vytvoří optimální počet můstků, tj. v závislosti na délce překrytí aktinových a myozinových vláken. Pokud je sarkomera příliš protažena, vytvoří se můstků málo. Je- li naopak překrytí tenkých a tlustých vláken příliš velké, uplatní se další mechanismy, které omezí účinnost interakce myozinových hlav s aktinem a celková vyvinutá síla se tak zmenšuje (<http://biomech.ftvs.cuni.cz>).

## 2.2. Mechanické vlastnosti kůže

Kůže má schopnost vláčně se přizpůsobovat pohybům a změnám tvaru těla, což je jí umožněno díky její komplexní stavbě – zevní vrstva epitelové epidermis odvozená od embryonálního ektodermu a vnitřní vrstva pojivové dermis mezenchymového původu (Trojan, 2004).

Každá vrstva dává kůži jako celku určité vlastnosti:

**Epidermis** (pokožka) – je primární, chemicky inertní bariérou, plní především statické mechanické funkce.

**Dermis** (Škára) – Zajišťuje převážně dynamické funkce. Je to fibroelastická tkáň, která díky uspořádání svých kolagenních vláken dodává kůži pružnost a tažnost kůže. Elastická vlákna škóry jsou orientována do určitých směrů, odpovídajících směru mechanického zatížení kůže dané krajiny. Vlákna zajišťují pružnost, roztažitelnost, pevnost a štěpitelnost kůže v určitých směrech (Dylevský, 2009).

## **2.3. Svalový tonus a jeho regulace**

### **2.3.1. Definice svalového tonu**

Svalový tonus, neboli napětí, je v medicíně běžně používaný pojem, ale jeho definice není zcela jednotná.

Existuje představa, že svalové napětí je mírná, trvalá aktivita motorických jednotek, která probíhá, i když je sval ve stavu relaxace (Trojan et al., 2005). Dle Lipperta (2006) je to stav připravenosti, který umožňuje svalů jednodušší a rychlejší aktivaci, když je potřeba.

Takovou aktivitu je možné zaznamenat v řadě svalů vestoje nebo vsedě, kdy je potřeba udržet polohu proti působení gravitační síly. Přesto vleže na zádech u zdravých jedinců ve všech svalech obvykle nezjistíme žádnou aktivitu motorických jednotek. Avšak i v této poloze může stav svalového tonu kolísat (Trojan et al., 2005).

Proto je svalový tonus z klinického pohledu nejčastěji hodnocen jako stupeň odporu a rozsahu při pasivním pohybu v kloubu za předpokladu, že vyšetřovaný segment je relaxovaný a kloub je bez poškození. Dle Americké asociace elektrodiagnostické medicíny (AAEM) je svalový tonus definován jako rezistence při pasivním natažení svalů (Kolař et al. 2009). Další autoři uvádějí, že je svalový tonus definován jako reflexní odpověď na pasivní protažení svalů (Trojan et al., 2005).

### **2.3.2. Regulace svalového tonu**

Svalový tonus je ovlivňován složitým mechanismem, do kterého jsou zapojeny regulační okruhy probíhající míchou, mozkovým kmenem, retikulární formací, mozečkem, bazálními ganglii, thalamem a mozkovou kůrou, společně s informacemi z proprioceptorů, exteroceptorů a interoceptorů (čímž se do nastavení svalového tonu zapojuje centrální i periferní sensitivní nervový systém). Nejnižší stupeň řízení svalového tonu zajišťují zpětnovazební okruhy na segmentální úrovni. Do tohoto řízení vstupují supraspinální složky pomocí motorických drah působících na alfa motoneurony, gama motoneurony

a interneurony. Důležitou modulační roli v udržování svalového tonu sehrává také mozeček (Kolář et al., 2009).

**Monosynaptické svalové reflexy** se podílejí na regulaci svalového tonu a elasticity a sehrávají tak důležitou úlohu při posturální kontrole a souhře jednotlivých svalových skupin. Specifické funkce, jako stabilizace kloubu nebo nastavení síly kontrakce, jsou umožňovány pomocí inhibičních spinálních interneuronů (Rohkamm et al., 2004).

Svalový napínací reflex ovlivňuje svalový tonus a je tedy důležitým modulátorem výchozího svalového napětí při soustavné svalové práci, jako například při držení uchopeného předmětu nebo při udržování postury. Jak už bylo řečeno, svalový tonus může být definován jako síla vynaložená svalem proti jeho pasivnímu protažení, která je generována pomocí vnitřních viskoelastických vlastností svalu společně s natahovacím reflexem. Elasticita umožňuje svalu akumulovat energii například při lokomoci, čímž napomáhá udržení postury během pohybu pomocí rezistence svalů vůči protažení a zabraňuje tak například kymácivým pohybům při chůzi, které by zhoršovaly stabilitu a zvyšovaly energetickou náročnost pohybu (Greenstein et al., 2000).

O **retikulární formaci** se uvažuje hlavně jako o důležitém integračním centru CNS. Podílí se mimo jiné na regulaci dýchání, funkci kardiovaskulárního systému, na úrovni bdění, svalového tonu a na adekvátní motorické odpovědi na senzorické stimuly. Retikulární formace je tedy informována o každém senzorickém vstupu do těla v každém okamžiku jeho průběhu a přijímá obrovské kvantum vzestupných a sestupných informací, aby zajistila plnou kvalitu vědomí.

Retikulospinální neurony mohou být excitační nebo inhibiční a jeden neuron retikulární formace je schopný ovlivnit více motoneuronů na různých spinálních úrovních. Funkčně jsou retikulospinální dráhy zapojeny do volní motoriky proximálních svalových skupin, a také do kontroly postury související s orientací těla a hlavy v prostoru s ohledem na signály z vnějšího prostředí. Jsou nejméně dvě arei retikulární formace zapojené do řízení svalového tonu. Existuje medullární oblast, která, je-li stimulována, inhibuje napínací reflex. Existuje další oblast položená více rostrálně v mesencephalu s opačnými účinky, která, je-li stimulována, naopak zvyšuje aktivitu motoneuronů. Účinky stimulace



těchto center jsou difuzní, což vyzdvihuje komplexní charakter integrace eferentních vstupů v retikulární formaci (Greenstein et al., 2000).

**Dopamin** je velmi důležitým neurotransmiterem basálních ganglií. Jeho působení začíná v substantia nigra, kde začínají dráhy vedoucí do globus pallidus, do striata a také do oblastí retikulární formace mesencephala a colliculus superior. Poruchy v nigrostriatálních drahách mají za následek symptomy parkinsonismu, což poukazuje na role dopaminu a nigrostriatálních drah v řízení svalového tonu a iniciaci motoriky (Hemsley, 2001; Greenstein et al., 2000; Double, 1995).

**Mozeček** sehrává důležitou roli při regulaci svalového tonu, udržování vzpřímeného držení těla v gravitačním poli a rovnováhy při stožení a chůzi. Dále se podílí na přesném provedení cílených pohybů končetin, včetně nejsložitějších naučených pohybových stereotypů a zajišťuje pohybovou koordinaci v prostoru a čase. Mozeček rozdělujeme na archicerebellum, paleocerebellum a neocerebellum (Kolář et al., 2009).

**Archicerebellum** tvoří lobus flocculonodularis. Jako nejstarší část mozečku je funkčně propojeno hlavně s vestibulárním aparátem a říká se mu vestibulární mozeček. Přijímá tedy vestibulární informace o poloze a pohybech hlavy v prostoru a na jejich základě ovlivňuje míšní motorickou aktivitu k zajištění rovnováhy během všech posturálních funkcí (Kolář et al., 2009).

**Vestibulární systém** umožňuje vestibulocochleární vstupy do mozečku, míchy a oculomotorického centra pro umožnění koordinace pohybů hlavy, těla a očí. Ovlivňuje tonus extenzorů a reflexy skrze laterální vestibulospinální trakt a podílí se tím na udržení postury. **Fasciculus longitudinalis medialis** umožňuje simultánní integrovanou kontrolu tonu svalstva krku a očních pohybů. Oculomotorický systém komunikuje s vestibulárním jádrem, mozečkem a míchou také skrze fasciculus longitudinalis medialis a pontinní dráhy, takže pohyby očí jsou koordinovány s pohyby těla. Proprioceptivní informace z kloubů a svalů přicházejí do vestibulárního systému z mozečku (Rohkamm et al., 2004).

**Paleocerebellum** tvoří lobus anterior, horní a spodní část vermis a přilehlé části mozečkových hemisfér včetně mozečkových tonsil. Lobus anterior dostává informace z orgánů propriocepce spinocerebellárním traktem a je tak částí mozečku, která nejvíce ovlivňuje regulaci svalového tonu. Paleocerebellum se vyvinul u prvních suchozemských

obratlovců, kteří potřebovali používat končetiny k udržení postury a pohybu v gravitačním poli. Proto paleocerebellum přijímá informace především z míchy a říká se mu spinální mozeček. Jeho funkce jsou zaměřeny na udržení postury, regulaci svalového tonu a na základní pohybové stereotypy jako je chůze (Rohkamm et al., 2004; Greenstein et al., 2000).

Archicerebellum společně s paleocerebellem zajišťují přiměřené svalové napětí a svalovou souhru agonistů a antagonistů podléjící se na stoji a chůzi (Kolář et al., 2009).

Regulace svalového tonu se účastní také řada transmiterů, mezi nimiž jsou nejvýznamnější: Glutamát, Kyselina  $\gamma$ -aminomáselná (GABA), noradrenalin, dopamin a serotonin.

**Glutamát** je excitační neurotransmitter, který se uvolňuje v kortikospinálním traktu a primárních míšních Ia aferentních vláknech. Je to hlavní neurotransmitter podléjící se na řízení excitability motoneuronů. Motoneurony přijímají glutamatergní inervaci z oblasti mozkového kmene regulující stavy bdělosti a motoriku (Rekling et al., 2000; Burgess et al., 2008; Kolář et al., 2009).

**Kyselina  $\gamma$ -aminomáselná (GABA)** moduluje presynaptickou inhibici a je obsažena v postranních interneuronech zadních míšních rohů. Presynaptická inhibice tlumí aferentní signály ze svalu a kůže a snižuje množství uvolňovaného glutamátu (Kolář et al., 2009).

**Noradrenalin** – noradrenergní neurony se nacházejí hlavně v locus coeruleus na spodině čtvrté mozkové komory v rostrální části varolova mostu a projikují se do mozkové kůry, mozečku a míchy. Jsou součástí vzetupného aktivačního systému retikulární formace. Podílejí se na kontrole aktivity motoneuronu a to modulací glutamatergní excitace a také ovlivňují spánek, kognitivní procesy, pozornost, náladu aj. (Schwarz et al., 2008).

**Serotonin** (5 – Hydroxytryptamin) je biologicky aktivní látka vznikající z aminokyseliny tryptofanu, jeden z biogenních aminů. Je přítomen v CNS, krevních destičkách, v některých buňkách tlustého střeva a v mastocytech (žírné buňky). V CNS představuje důležitý neurotransmitter, který se podílí na řadě nervových dějů, kterými jsou

procesy autonomního nervového systému, podílí se na řízení svalového tonu a má vliv na mentální stav (Greenstein et al., 2000).

V mozku se serotonin tvoří ve střední části retikulární formace v nucleu raphe, odkud jdou serotonergní dráhy do limbického systému, bazálních ganglií, hippocampu a do mozkové kůry. Serotonin se také účastní na cirkadiálních rytmech a je prekursorem melatoninu (Frank, 2008).

**Zvýšené množství serotoninu** se projevuje autonomními reakcemi, jako jsou tachykardie, mydriasa, zvýšená tělesná teplota a při vyšším množství i průjem. Na svalovém tonu se projevuje jeho zvýšením a doprovodnými jevy jako hyperreflexie, myoclonus, intermitentní tremor. V oblasti psychiky se projevuje neklidem, úzkostí, podrážděností a lekavostí. Při vysokých hodnotách např. po interakci různých antidepresiv může dojít k metabolické acidóze, rhabdomyolýze a dále vlivem toho k renálnímu selhání a diseminované intravaskulární koagulopatii (Frank, 2008).

**Snížené množství serotoninu** se projevuje obvykle opačně, tedy poklesem tepové frekvence, nechutenstvím, zpomalením psychických funkcí, špatnou náladou (deprese), apatií, snížením svalového tonu a celkově sedativním účinkem (Frank, 2008; Sakai et al., 2000).

**Limbický systém** je tvořen řadou složitě propojených struktur připomínající prstenec. Mezi tyto struktury patří hypothalamus, amygdala, hippocampus a gyrus cinguli, gyrus dentatus a také některá jádra přilehlých mozkových struktur. Jeho funkce je jen z části pochopena, ale je zřejmé, že hraje důležitou roli v paměti, chování a emocích (Greenstein et al., 2000).

Limbický systém řídí emocionální procesy – například ty, které se podílejí na vzteku, motivaci, radosti, sexualitě, spánku, hladu, žízní, strachu a agresivitě. Tyto procesy jsou úzce spjaty s pamětí a kognitivními schopnostmi. Amygdala hraje klíčovou roli v těchto událostech (emocionální paměť). Integruje nově přicházející informace s uloženými informacemi v paměti. Tato integrace určuje, jaký bude neurální výstup limbického systému, který ovlivňuje fyzický stav jedince a způsob jeho chování. Limbický systém je také nadřazen autonomnímu nervovému systému a dokáže vyvolat vegetativní změny, jako jsou změna tepové frekvence, zvýšení tlaku aj. Hraje důležitou roli při základních

instinktech jedince za účelem přežití. Při aktivaci ovlivňuje excitační část mozkového kmene, která řídí gamma systém a na základě toho ovlivňuje úroveň svalového tonu (Morris, 2006; Greenstein et al., 2000; Rohkamm et al., 2004).

*Dráhy regulující svalový tonus jsou podobné drahám, které ovlivňují motoriku, proto se poruchy svalového tonu projeví i při vyšetření pohybových funkcí jako jsou lokomoce, polohové reakce u dětí, kvalita držení těla aj (Kolář et al., 2009).*

### **2.3.3. Vazivová složka svalového tonu**

Dosud bylo pojednáváno hlavně o CNS a o jeho účasti na regulaci svalového tonu, nesmíme však opomenout vazivovou tkáň, která je nedílnou součástí svalu, ovlivňující jeho funkci a konzistenci. Vazivo zpevňuje sval a současně určuje rozsah jeho pohyblivosti. Pružnost a délka vazivové tkáně se udržuje jejím rytmickým zatěžováním. Při zkrácení vazivového stromatu svalu dochází k omezení potřebné volnosti svalových vláken, a také k omezení krevní cirkulace svalem. Takový sval pak není schopen maximální aktivity a jeho pracovní výkonnost klesá. Při retrakci vazivového stromatu svalu mluvíme o svalové kontraktuře (Kolář et al., 2009).

Poruchy svalového tonu vždy mění biomechaniku kloubu a tím se mění aferentní signalizace z kloubu, která je nezbytná pro řídicí funkci CNS. Stejně působí na kloubní systém také poruchy vazivového systému, a to jak zkrácení, tak zvýšení laxity (klinicky se projevující kloubní hypermobilitou). Každá z těchto poruch zvyšuje mechanickou zátěž působící na kloub a také proprioceptivní aferentaci z něj, na jejímž podkladě pak dochází i k tonickým změnám příslušných svalů (Kolář et al., 2009).

## 2.4. Výzkum vlivu termoterapie na sval a jeho tonus

Knight et al. (2001), Mutungi et al. (1998) poukázali na souvislost tepelných agens a zvýšení svalové elasticity a viskozity. Podobně Kumamoto et al. (2006) potvrdili hypotézu, že termoterapie je jedním z faktorů, který se podílí na myorelaxaci, a to pomocí ultrazvukového vyšetření, při kterém sledovali velikost úhlu mezi aponeurózou a jednotlivými fascikly v bodech jejich úponu na aponeurózu u plantárních flexorů. Jiné studie poukázali, že vyšší teplota tkáně zvyšuje velikost elongace svalů získaného z protažení (Warren CG et al. 1971), a že aplikace povrchových zdrojů tepla společně s pasivním protažením nízké intenzity zlepšuje flexibilitu ramenních a kyčelních svalů v porovnání s protažením samotným (Lentel et al., 1992; Henricson et al., 1984).

Smolander et al. (1992) měřili vliv tepelné zátěže na cirkulaci krve ve svalech při svalové práci. Při jejich pokusu využili jako zdroj tepelné zátěže saunu a měřili prokrvení předloketních svalů při opakovaném stisku gumového hydraulického dynamometru. Cirkulace byla měřena pletysmografií. Jejich výsledky ukazují, že při pobytu v sauně se prokrvení svalové tkáně výrazně zvyšuje. Síla stisku měřená dynamometrem byla v sauně větší, ale rozdíl nebyl signifikantní oproti měření v prostředí s teplotou 25 °C.

Engel et al. (1996) zkoumali vliv termoterapie na pozátěžovou bolest ve svalech, svalovou sílu a na hladinu enzymů kreatin kinázy a aspartát amino transferázy. Zkoumaný soubor tvořilo 60 netréovaných žen, rozdělených do 4 skupin. První skupina absolvovala koupel ve vodě o teplotě 41 °C po dobu 20ti minut, druhá skupina absolvovala dva 15ti minutové cykly ve finské sauně a kontrolní skupiny byly ponechány bez terapie. Výsledky studie potvrdily signifikantně nižší pokles svalové síly, snížení pocitu pozátěžové svalové bolesti a nižší hladiny enzymů u skupiny žen, které absolvovaly koupel v horké vodě. U saunovací skupiny byly výsledky podobné, ale ne u všech žen a v porovnání s kontrolní skupinou nebyly výsledky natolik průkazné jako u koupele v horké vodě.

Fukui (1991) se zabýval vlivem termoterapie na snížení svalového tonu u spastiků. Výsledky jeho studie potvrdily snížení svalového tonu u spastiků po zahřátí svalové tkáně. Další studie Matsumoto, Kawahira et al. (2005) zkoumaly účinky aplikace termoterapie na spasticitu pomocí vříivé koupele o teplotě 41°C. K objektivizaci ve své studii použili EMG a sledovali hodnoty F-vln a F/M ukazatele (poměr F-vlny/M-odpovědi).

Milanov (1994) prohlásil, že excitabilita alfa-motoneuronů, měřená hodnotami F-vln, většinou vzniká jako sekundární efekt po alteraci jiného segmentálního mechanismu spasticitou (např. zvýšená aktivita gamma systému, změněná aktivita interneuronů, nebo snížená presynaptická inhibice). Tsai et al. (2001) poukázali na souvislost mezi ukazatelem F/M a velikostí zvýšení svalového tonu u spastiků.

Matsumoto, Kawahira et al. (2005) se domnívají, že termoterapie dokáže snížit aktivitu gama-aférentních vláken skrze odpověď z CNS a relaxovat tak svalovou tkáň a měkké tkáně. Věří, že tento proces vyvolá snížení impulzů ze svalových vřetének do afferentních vláken a následkem toho vzniká inhibice impulsu do alfa vláken. Tato teorie může vysvětlit změny parametrů F-vln na EMG, které sledovali při svém pokusu se spastiky. F-vlny a F/M ukazatel byli sníženy po termoterapii, což poukazuje na snížení v excitaci motoneuronů. Ve svém pokusu potvrdili signifikantní snížení svalového tonu po aplikaci termoterapie u spastiků. Je však nutné říci, že dlouhodobé účinky opakované termoterapie jsou stále otázkou zkoumání.

## 2.5. Sauna

### 2.5.1. Mikroklima v sauně a předávání tepla

Podle směrnic o hygienických požadavcích na zřizování a provozování veřejných saun by teplota v potírně sauny měřená jeden metr od tepelného zdroje ve výšce 150 cm a 20 cm od stěny neměla klesnout pod 80 °C a procento relativní vlhkosti by se mělo pohybovat mezi 15 - 30 %. Hodnoty absolutní vlhkosti by se měly pohybovat mezi 40 – 60 g/m<sup>3</sup> (Kukonen-Harjula et al., 2006; Matěj et al., 2005).

Stupně lavic umožňují vybrat si při saunování nejvhodnější teplotu. Nejnižší teplota je u podlahy a to kolem 40 °C. Nejvyšší teplota je u stropu a to okolo 110 °C. S teplotou vzduchu úzce souvisí stupeň nasycení vzduchu vodními parami, který se nejčastěji vyjadřuje procentem relativní vlhkosti. Se zvyšováním teploty klesá procento relativní vlhkosti vzduchu a naopak, takže hodnoty relativní vlhkosti jsou nejnižší u stropu a nejvyšší u podlahy. Vhodná kombinace teploty a vlhkosti vzduchu určuje snášenlivost sauny, protože vysoké teploty vyžadují velmi nízkou vlhkost vzduchu. Rosný bod, což je teplota, na kterou se vzduch musí ochladit, aby nastala kondenzace vodních par, musí být nižší než teplota těla pro umožnění evaporace (Matěj et al., 2005).

Příjem tepla organismem při průměrné teplotě stěn potírny 80 °C tvoří asi 92 kJ/min. Rozdíl mezi příjmem tepla (92 kJ/min) a výdejem tepla organismu radiací při teplotě kůže 37 °C (58 kJ/min) tvoří 34 kJ/min, což je přibližně dvojnásobek příjmu tepla kondukcí a konvekcí, který se pohybuje okolo 17 kJ/min (Matěj et al., 2005).

Při proudění vzduchu se množství tepla převáděného konvekcí zvyšuje, proto se v potírně dosahuje proudění vzduchu ovíváním (třeba pomocí vějířů). V nehybném vzduchu se totiž nad povrchem těla tvoří stagnující vzduchová obalová vrstva, která působí jako přechodná izolující vrstva (Matěj et al., 2005).

Ochlazovací prostor nabízí postupné ochlazení studeným vzduchem nebo rychlé ochlazení studenou vodou, které je účinnější než-li pomalé ochlazení. Voda ochlazovacího bazénku by neměla stoupnout nad 10 °C (Matěj et al., 2005).

### 2.5.2. Vliv sauny na lidský organismus - její fyziologické účinky

Sauna působí jako stresor, ale vzhledem k tomu, že jde o příznivý vliv, je možné saunu zařadit mezi eustresory. Přestože saunování zatěžuje organismus, většina návštěvníků se na pobyt v sauně těší a dobře ho snáší. Při saunování je důležité mít na mysli fyziologický účinek všech jednotlivých procedur. Kromě všeobecně známého účinku hypertermie a ochlazení je v sauně důležité věnovat **dostatečnou pozornost odpočinku** po saunování. Odpočinek by se neměl zkracovat na několik minut, jak se často stává, ale měl by trvat alespoň 30 minut, protože jinak se narušuje výsledný vagotonní účinek saunování (Matěj et al., 2005). Také způsob ochlazení má vliv na účinek saunování, zvláště na vyplavování hormonů (Kukonen-Harjula et al., 2006).

Jelikož sauna působí na organismus jako celek a v organismu se jednotlivé systémy a orgány navzájem ovlivňují, není možné zcela izolovat účinky saunování na každý jednotlivý systém. Proto je toto rozdělení v mé diplomové práci pouze orientační a vztahené k jejímu tématu.

#### Kardiovaskulární systém

Kardiovaskulární systém reaguje na tepelnou zátěž vasodilatací. Zvýší se prokrvení kožní vrstvy, zvýší se tepová frekvence a nastává pocení. Srdeční frekvence se zvyšuje až na dvojnásobek klidového stavu nebo i více (Kukonen-Harjula et al., 2006). Hodnotu tepové frekvence ovlivňuje také poloha těla při saunování (poloha vleže, vsedě atp.). Poloha vsedě v porovnání s polohou vleže přináší větší svalové zatížení izometrickými kontrakcemi vzpřimovačů, což je jeden z faktorů zvyšujících nároky na kardiovaskulární systém. Na konci 10. minuty je tepová frekvence u polohy vsedě přibližně o 30 tepů/min vyšší než u polohy vleže. Kromě toho přináší s sebou poloha vsedě ještě rozdílnou teplotu



pro různé oblasti organismu. Rozdíl mezi teplotou v oblasti nohou a teplotou v oblasti hlavy je asi 25 °C (Matěj et al., 2005).

Srdeční výdej stoupá asi o 70 % oproti klidovému stavu. Klesá periferní odpor cév asi o 40 %, tepový objem je nezměněný. Klesá diastolický tlak, systolický je prakticky nezměněn. Zátěž srdce a kardiovaskulárního systému nezávisí jen na teplotě, relativní vlhkosti a délce času stráveného v potírně, ale je dána také způsobem ochlazení v ochlazovací fázi (Kukonen-Harjula et al., 2006).

### Tělesná teplota a termoregulace

Teplota kůže během saunování stoupá až na hodnoty okolo 40 °C v potírně a klesá až na hodnoty okolo 33 °C při ochlazení v bazénku. Teplota jádra měřená v jícnu je stabilnější. Stoupá rychlostí asi 0,07 °C/min do hodnoty 38 °C, dále pak rychlostí 0,4 °C/min až do hodnoty 39 °C. V ochlazovací fázi se teplota jádra vrací rychle k původním hodnotám, přičemž rychlost poklesu teploty závisí na způsobu ochlazení (Kukonen-Harjula et al., 2006).

Lidský organismus má k dispozici 3 základní způsoby udržení stálé teploty: termoregulační chování, fyzikální a chemickou termoregulaci. Chemická termoregulace je zabezpečována pomocí metabolismu prostřednictvím tělesného jádra, jež je tvořeno metabolicky aktivními vnitřními orgány. Úroveň látkové přeměny se však při saunování podstatně nemění. Zvýšení tělesné teploty v sauně je poměrně malé a krátké, než aby nastala výraznější aktivace biochemických procesů. Teplota prostředí mezi 25-35 °C klidový metabolismus snižuje a teploty prostředí nad 35 °C v důsledku enzymatických reakcí zvyšují základní přeměnu asi o 1 % na 1 °C zvýšení tělesné teploty. Při ochlazování v sauně nesmí vzniknout pocit mrznutí a třes, přičemž možnosti termogeneze bez třesavky nepřesahují asi 15 % basálního metabolismu. Podstatně důležitější úlohu hraje při saunování termoregulace fyzikální (Matěj et al., 2005).

Fyzikální termoregulací nazýváme soubor procesů umožňujících udržení stálé teploty organismu výdejem tepla při zvýšení teploty okolního prostředí nebo naopak generováním tepla při snížení teploty okolního prostředí. Fyzikální termoregulace

je v organismu zajišťována prostřednictvím termoregulační funkce tělesného obalu. Anatomicky je tělesný obal tvořen asi polovinou tělesné hmoty – zahrnuje prakticky celé končetiny a povrchové vrstvy trupu. Mezi termoregulační funkce obalu se řadí funkce tepelného nárazníku (akumulace tepla), funkce proměnlivého tepelného izolátoru (vazokonstrikce, vazodilatace), funkce tepelného receptoru (termoreceptory), funkce vypínače tukové vrstvy (vazodilatace v horkém prostředí vyřazuje tepelně izolační funkci tukové vrstvy) a funkce výkoného orgánu perspiračního ochlazování (pocení) (Matěj et al., 2005).

Výdej tepla uskutečňuje organismus pomocí kondukce, konvekce, radiace a evaporace. Kromě aktivní možnosti zvýšit rychlost výdeje tepla intenzivnějším pocením má organismus ještě další možnost aktivního přenosu tepla, a to zrychlením oběhu, čímž nastává přesun většího množství krve z vnitřních do povrchových částí organismu. V chladném prostředí se zase pomocí vazokonstrikce krevní oběh omezuje a s ním i transport tepla na povrchových a akraálních částech těla, které tak tvoří poikilotermní obal, a které svojí tepelně izolační schopností chrání vnitřní homoiotermní jádro před dalšími ztrátami tepla (Matěj et al., 2005).

Řídicím orgánem termoregulace je hypotalamus. Řízení přesunu krve na periferii je uskutečňováno vazomotorickými centry, drážděním hypothalamických neuronů chladnou nebo ohřátou krví a dále reflexně přes kožní nervové zakončení. Jsou známy dvě hypothalamická termoregulační centra – přední a zadní. Přední je citlivé na změny absolutní teploty kolující krve. Při teplotě 37,3 °C vyvolává uvolnění adrenergního vazokonstrikčního napětí, kožní vazodilataci a sekreci potu. Intenzitu těchto procesů zároveň ovlivňují signály z kožních termoreceptorů, jejich hlavní role je však termoregulace za normálních teplot. Zadní centrum reaguje na pokles teplot. Aktivuje se sumací z chladových podnětů z velkých kožních ploch. Tomu však musí předcházet útlum reakce předního centra na pokles teploty krve. Potom vzniká celková vazokonstrikce, zastavuje se sekrece potu a vzniká mrznutí. Nakonec se objeví svalový třes se spuštěním chemické termoregulace (Matěj et al., 2005).

Termoregulační funkce se v průběhu života jedince rozvíjí podobně jako jiné funkce člověka, přičemž je pravděpodobné, že mladší jedinci jsou schopni ekonomičtěji využívat termoregulační schopnosti oproti starším jedincům (Matěj et al., 2005).

Dalším z činitelů zvyšujících výdej tepla je zrychlení povrchového dýchání. Vzduch vydechovaný z plic je nasycený vodními parami, jejichž teplota se rovná tělesné teplotě. Rychlé a povrchové dýchání podstatně zvyšuje množství vody odpařené z dýchacích cest, a tím i množství vydaného tepla. Množství vodní páry nabrané vydechovaným vzduchem však závisí na původní vlhkosti vdechovaného vzduchu (Matěj et al., 2005; Ganong, 2005).

## Psychika, nervový a hormonální systém

Charakteristické mikroklima v průběhu saunování ovlivňuje organismus jako celek. Uplatňuje se především neurohumorální regulace. Nervová část narozdíl od humorální složky odpovídá ihned. Změny na centrálním nervovém systému se projevují jednak ovlivněním centrálních struktur v mozku, jednak změnami ve funkci centrálního nervového systému (Matěj et al., 2005).

**Centrální ovlivnění** se projevuje změnami psychiky. Vydatné prokrvení periferních orgánů v potírání při delším pobytu v sauně způsobuje **snížení prokrvení mozku**, a to je pocíťováno jako psychické uvolnění. Takto snížená psychická tenze je zároveň spojena s **uvolněním svalového napětí** (Matěj et al., 2005).

Saunování vyvolává pocity komfortu a relaxace, ustupují pocity nepokoje a stísnění. Při předchozích studiích byl prokázán i vliv tepla a sauny na prodloužení fáze hlubokého spánku, tzv. delta-spánku. Výsledky poukázaly na jeho prodloužení o 45% na úkor fáze bdění a zaspávání, na což upozornili Putkonen a kol. (1973) a Horne a Reid (1985).

Výrazné ovlivnění autonomního nervového systému se projevuje především změnami základních hodnot oběhové soustavy (tlak, puls), ale i změnami funkce dalších orgánů inervované autonomně. Při hypertermii nastává nejprve postupné dráždění parasymptiku s následující iritací sympatiku. Ochlazení způsobuje nejprve dráždění sympatiku, ale po krátkém čase následuje převažující vagotonie (Matěj et al., 2005).

Pro udržení termoregulace je aktivován sympatický nervový systém a hypotalamicko-hypofyzárně-adrenergní systém. Celkový efekt hormonálních změn má za následek retenci tekutin a dochází k typické odpovědi organismu na stresovou reakci typu „útok nebo útek“, která má za následek snížení percepce bolesti, povznesení nálady a zlepšení bdělosti. Zvyšují se plasmatické koncentrace noradrenalinu. Hladiny adrenalinu zůstávají buď beze změn nebo jsou zvýšené, což je přisuzováno zejména různým způsobům ochlazování, ale také užitím různých technik při rozboru krve (Kukonen-Harjula et al., 2006).

Některé studie prokázaly, že saunování vyvolává zvýšení sekrece ACTH a kortizolu, u kterého bylo toto prokázáno především při ochlazení zanořením do ledové vody. Hladiny růstového hormonu, prolaktinu a  $\beta$ -endorfinu se také zvyšují (Kukonen-Harjula et al., 2006).

Snížené koncentrace sodíku v krevní plasmě způsobené jeho ztrátami pocením aktivují renin-angiotensin-aldosteronový systém. Koncentrace ADH a atrialního natriuretického peptidu také během saunování stoupají. Vlivem pocení se ztrácí cca 0,5 - 1 kg tělesné hmotnosti, proto by se měly doplnit tekutiny pitím vody při nebo po saunování (Kukonen-Harjula et al., 2006).

## Respirační systém

Relativní vlhkost v potírně mezi 15-30 % předchází vysušování sliznic horních cest dýchacích. Teplota vzduchu okolo 80-90 °C zamezuje přežití mikroorganismů a tím nebezpečí jejich inhalace (Kukonen-Harjula et al., 2006).

Při saunování dochází k mělčím nádechům spolu se zvýšením frekvence dýchání a minutové plicní ventilace. Vitální kapacita plic (VC) a výdech za jednu sekundu (FEV1) se také zvyšují. Všechny tyto změny jsou v rozsahu zhruba 10 % a krátce po ukončení saunování se vše rychle navrácí k původním hodnotám. Plicní schopnost difuze se u zdravých jedinců během celého cyklu nemění (Kukonen-Harjula et al., 2006).

## Imunitní systém

Sauna byla vždy užívána k léčbě bolestí u různých poruch pohybového aparátu, často způsobených degenerativními změnami. Mechanismus teplem indukovaného sedativního účinku sauny by mohl být zprostředkován skrze senzory v kůži. Když je tepelná zátěž kombinována s intenzivním ochlazením, může dojít k analgesii, která je vyvolána zvýšenými hladinami cirkulujících  $\beta$ -endorfinů. Tyto děje mohou zlepšit immunosupresivní a protizánětlivé funkce organismu (Kukonen-Harjula et al., 2006).

### 2.5.3. Průběh procedury

Správnému saunování je třeba věnovat dostatek času. Celá procedura zabere přibližně 2 hodiny a není vhodné ji zkracovat. Při saunování je třeba zachovat tělesný i duševní klid a není možné nikam pospíchat, stejně jako je třeba respektovat případné úzkosti či obavy z pobytu v sauně a od saunování v takovém případě raději ustoupit. Saunování nemá probíhat po vydatnějším jídle ani nalačno, po těžkém fyzickém výkonu je třeba před vstupem do sauny vyčkat 15 – 30 minut (Matěj et al., 2005).

### Příprava před vstupem do sauny

Před vstupem do sauny je potřeba si umýt mýdlem celé tělo, osprchovat se a důkladně osušit ručníkem (což je důležité mj. proto, aby se v přiměřené době dosáhlo zvýšení tělesné teploty a vyvolalo pocení). Pokud cítí saunující studené nohy nebo ruce, je třeba tyto končetiny do dvou třetin ohřívat ve vaničkách s vodou o teplotě 36 – 40 °C po dobu asi 10 minut. Z hygienických důvodů je třeba před vstupem do sauny ponořit nohy do antimykotického roztoku. Saunování zásadně probíhá bez jakéhokoli oděvu (Matěj et al., 2005).

## Průběh saunování v potírně

Saunující si sedne nebo lehne na takový stupeň lavice v potírně, na kterém mu vyhovuje jeho teplota. Nejvhodnější poloha je leh na zádech s pokrčenými koleny, kterou se nejvíce podporuje krevní oběh. Hlava je mírně podložena dřevěným podhlavníkem. Délka pobytu v potírně závisí na individuální snášenlivosti tepla, zvoleném stupni lavice a mikroklimatických podmínkách sauny. Zůstat by se mělo v potírně tak dlouho, dokud se celý organismus prohřeje natolik, že saunující pocítí neodolatelnou potřebu ochlazení. Tato doba by se neměla nikdy překračovat. Průměrně to bývá asi 10 minut. Přibližně 2 – 3 minuty před opuštěním potírny se provede parní náraz: na rozpálené kameny vyhřívacího zařízení se vylije 10 – 15 g vody na 1 m<sup>3</sup> prostoru místnosti. Voda může být s obsahem léčiv nebo rostlinných extraktů. Součástí saunování může být také šlehání těla březovými proutky – to zvyšuje prokrvení kůže, představuje svalovou práci s mírným zrychlením tepové a dechové frekvence, a také zrychluje proudění vzduchu, takže dochází ke zvýraznění oteplování organismu (Matěj et al., 2005).

## Fáze ochlazení

Při ochlazovací fázi se saunující pomalu přesune z potírny do ochlazovacího prostoru – buďto místnosti s bazénkem nebo venkovního prostoru – kde provede několik hlubokých nádechů a výdechů. Při ochlazení vzduchem se teplota vzduchu pohybuje mezi 18 – 20 °C, při ochlazení vodou je to 8 – 15 °C a provádí se ponořením nebo poléváním. Při polévání se postupuje od nohou směrem k srdci, pokračuje se na horních končetinách od prstů směrem ke středu těla a polévání se zakončí v oblasti srdeční. Při ponořování do bazénku je třeba se napřed z hygienických důvodů důkladně osprchovat vlažnou vodou a poté pomalu sestoupit do bazénku, kde se saunující ponoří do vody až po krk (hlava vždy zůstává nad hladinou) a volně se ve vodě pohybuje. Ochlazování by mělo trvat tak dlouho, dokud saunující nepocítí potřebu dalšího prohřátí a nikdy by se při něm neměl dostavit pocit prochladnutí, nebo dokonce třes. Ochlazování se končí osprchováním a důkladným osušením ručníkem před dalším vstupem do potírny. Pokud saunující pocítí, že má studené nohy, provede se již zmíněná koupel končetin v teplé vodě (Matěj et al., 2005).

Po ochlazení následuje znovu fáze prohřátí v potírně a celý cyklus se opakuje 2x – 3x. Saunování se končí ochlazovací fází tak, aby nevznikl nepříjemný pocit chladu (zejména na dolních končetinách, proto se doporučuje zakončit celou proceduru jejich teplou koupelí) (Matěj et al., 2005).

## Fáze odpočinku

Na poslední ochlazovací fázi navazuje nezbytná fáze odpočinku, probíhající v poloze v sedě nebo v leže na zádech. Přitom je třeba se zabalit dekou tak, aby nenastalo prochladnutí ani další pocení. Odpočinek musí trvat alespoň půl hodiny a nevylučuje se při něm krátký a vydatný spánek. Během odpočinku je také vhodné doplnit ztracené tekutiny, nejlépe minerální vodou nebo ovocnými šťávami. Správným saunováním má být dosaženo pocitu příjemné svěžesti (Matěj et al., 2005).

## **3. CÍLE PRÁCE A STANOVENÉ HYPOTÉZY**

### **3.1. Cíle práce**

V teoretické části této diplomové práce je cílem shrnutí teoretických poznatků o řízení svalového napětí, biomechanice svalové tkáně a o fyziologických účincích saunování na lidský organismus, ale zejména jeho vliv na svalový aparát a svalové napětí.

Cílem praktické části této diplomové práce je ohodnotit vliv saunování na svalové napětí vzniklé po krátkodobém maximálním anaerobním výkonu a porovnat jej s pasivním odpočinkem.

### **3.2. Stanovené hypotézy**

#### **Hypotéza I**

Předpokládáme, že po krátkodobém maximálním anaerobním výkonu dojde ke zvýšení napětí zatížených svalů.

#### **Hypotéza II**

Předpokládáme, že saunovací procedura má pozitivní vliv na svalovou tuhost a elasticitu. Svalové napětí, zvýšené předchozí zátěží, se po saunování sníží výrazněji, než při pasivním odpočinku.



## **4. PRAKTICKÁ ČÁST**

### **4.1. Obecná charakteristika výzkumného plánu**

Tato diplomová práce je pojata jako pilotní studie, která má za cíl zhodnotit účinek sauny na zvýšené svalové napětí po sportovním výkonu

Všichni účastníci experimentu byly nejprve náhodně rozděleni do dvou skupin (kontrolní a experimentální) a poté podrobeni zátěžovému testu wingate. Experimentální skupina byla podrobena saunovací proceduře a kontrolní skupina byla podrobena pasivnímu odpočinku. Svalové napětí se měřilo před zátěží, po zátěži a po sauně/pasivním odpočinku.

#### **4.1.1. Řešení zvláštních situací**

S veškerými osobními údaji bude zacházeno v souladu se zákonem. Účastníci této studie budou podrobně seznámeni s informovaným souhlasem (příloha č. 2). Všichni by s ním pak měli souhlasit a měli by ho podepsat. Práce byla schválena etickou komisí FTVS UK a podepsaná žádost o vyjádření etické komise je součástí diplomové práce (příloha č.1).

## 4.2. Zkoumaný soubor

### 4.2.1. Výběr souboru

Všichni účastníci experimentu byly náhodně vybráni mezi studenty FTVS, jen jeden z účastníků studentem FTVS nebyl, s ostatními ovšem tvořil homogenní skupinu. Před měřením byly náhodně rozděleny do dvou skupin – experimentální a kontrolní.

### 4.2.2. Charakteristika souboru

Soubor tvořilo 6 osob (4 ženy, 2 muži). Všichni účastníci jsou sportovního zaměření, žádný z nich neprovozuje sport na vrcholové úrovni. Každý účastník je bez interních onemocnění, bez kontraindikací k aplikaci sauny. Během posledního roku žádný z testovaných neutrpěl zranění, které by mohlo ovlivnit výsledky experimentu. Žádný z účastníků není pravidelným návštěvníkem sauny ani kryoterapie. Lýtkový sval nebyl u žádného testovaného zkrácen. Žádný z účastníků neporušil před experimentem pravidla pro saunování a v den experimentu nepodstoupil výraznou fyzickou zátěž. Všichni účastníci v den experimentu byli zdraví, kromě jedné ženy, která se necítila dobře. Soubor lze charakterizovat průměrnými hodnotami ( $\bar{x}$ ) a směrodatnými odchylkami ( $s$ ) kalendářního věku, tělesné výšky, hmotnosti a BMI. (tabulka č. 1)

**Tabulka č. 1: Specifikace zkoumaného souboru**

Specifikace	Testování n = 6	
	$\bar{x}$	$s$
Věk	25,2	2,156
Hmotnost	70,1	16,36
Výška	174,8	11,01
BMI	22,65	2,92

*Legenda :  $\bar{x}$  – průměr,  $s$  – směrodatná odchylka*

### 4.3. Průběh Experimentu

Před zahájením měření byli všichni účastníci studie poučeni o průběhu experimentu, souhlasili s účastí na studii a podepsali informovaný souhlas. Bezprostředně před prvním měřením v kineziologické laboratoři strávili všichni účastníci studie 30 minut odpočinkem vsedě na židlích. Během této doby byli sledovaní jedinci rozděleni do experimentální a kontrolní skupiny náhodným výběrem. Experimentální skupina obsahovala stejně jako kontrolní skupina, dvě ženy a jednoho muže. Nejprve bylo postupně provedeno měření napětí m. soleus a poté m. gastrocnemius caput mediale myotonometrem u sledovaných jedinců experimentální skupiny, následně u kontrolní skupiny.

Po prvním měření myotonometrem se účastníci postupně odebírali do zátěžové laboratoře (doba přesunu cca 30 s) k absolvování wingate testu na bicyklovém ergometru, kterému předcházelo měření jejich výšky, tělesné hmotnosti a tuku. Bezprostředně po zátěžovém testu bylo účastníkům opět změřeno napětí zmíněných svalů myotonometrem a v 5. minutě po ukončení zátěžového testu jim byl odebrán vzorek krve z prstu pro stanovení hodnoty laktátu. Časový interval měření mezi jednotlivými účastníky byl 3 min. Po odebrání laktátu následoval odpočinek po dobu 10 minut. Poté účastníci experimentální skupiny postupně přecházeli do prostor sauny (přesun asi 2 minuty), kde podstoupili celou saunovací proceduru. Celková uplynulá doba od ukončení zátěžového testu byla 17 minut. Účastníci v kontrolní skupině zůstali nadále ležet po dobu trvání saunovací procedury, která představovala 50 min. Po ukončení saunovací procedury bylo provedeno poslední měření myotonometrem všem účastníkům studie.

#### **Atmosferické podmínky v laboratořích při průběhu experimentu:**

##### **Kineziologická Laboratoř**

Teplota = 22 °C

Tlak = 1021 hPa

Vlhkost = 46 %

##### **Zátěžová laboratoř**

Teplota = 24 °C

Tlak = 1021 hPa

Vlhkost = 46 %

#### 4.4. Měření pomocí myotonometru

Svalové napětí bylo měřeno pomocí myotonometru, kterým je simulována palpace svalu. Hodnoceny byly viskoelastické vlastnosti svalové tkáně (tuhost, elasticita).

Při měření pomocí myotonometru a při následném vyhodnocování výsledků jsem vycházel z disertační práce Šifta (2005) a také z jeho publikační činnosti, Šifta (2004; 2008; 2009; 2010)

Při měření myotonometrem byli testovaní probandi v poloze vleže na břiše a měli vybranou dolní končetinu podloženou tak, aby byla zajištěna její fixace a mírná flexe v kolenním kloubu. Tato poloha byla zvolena proto, aby se uvolnil m. triceps surae a byl tak v optimálním stavu pro palpaci. Pro měření byly zvoleny svaly m. soleus a m. gastrocnemius. Jedná se o svaly povrchové, dobře se palpují, představují zástupce tonických a fázických svalů, a proto jsou vhodné pro sledovaný účel této studie (Šifta 2004; 2005). Měřicí hrot myotonometru byl vždy po předchozí palpaci pečlivě nasměrován na střední část m. gastrocnemius caput mediale a na střed bříška m. soleus. Měření proběhlo celkem 2x na každém svalu.

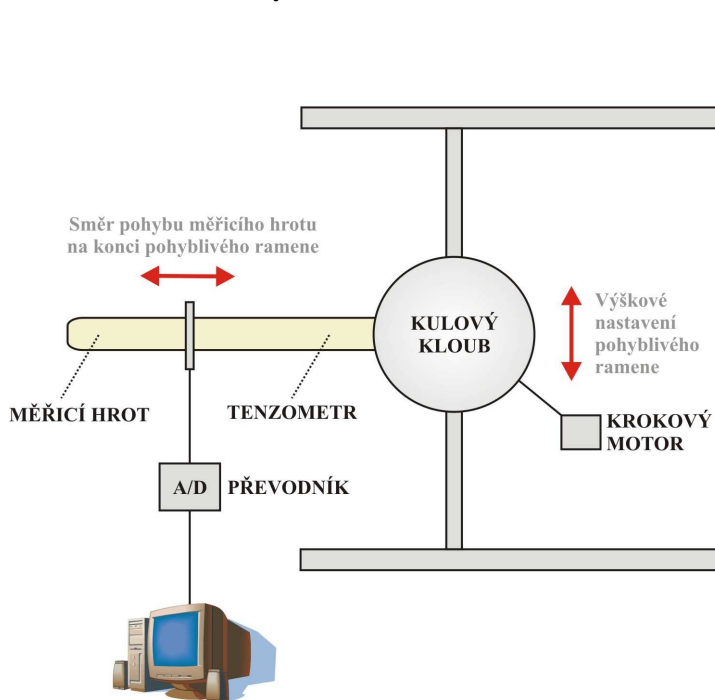
Základní část celého přístroje tvoří tenzometrický snímač, který je připevněn na pohyblivé rameno společně s měřicím hrotem. Měřicí hrot o ploše 3,7 cm<sup>2</sup> (odpovídá ploše palpujícího palce) byl přiložen kolmo k měřenému svalu a pak se rychlostí 3,5 – 4mm/s s lineární odchylkou 3% zanořoval do svalu a poté zpět. Zanořování a vynořování hrotu je poháněno krokovým motorem a to po dráze o délce 32mm oběma směry. Maximální síla, která působí přes hrot na tenzometr, který je základním prvkem celého přístroje, je 110N, při rozlišení 0,43N a přesnosti  $\pm 1\%$  (Šifta 2005).

Elektronickou část přístroje tvoří diferenciální zesilovač pro tenzometrický snímač a dva osmibitové A/D převodníky pro sílu a vzdálenost. Myotonometr je sériově připojen k počítači standardu IBM PC, jeho vzorkovací frekvence je 10 ms a doba snímání 10 sekund (100 A/D převodů za sekundu). Z důvodu doby snímání stanovené na 10s může

u některých měření dojde k tomu, že měřicí hrot myotonometru nestihne vykonat celou svou dráhu, a tudíž nemusí dojít k vykreslení celého průběhu hysterézní smyčky (Šifra 2005).

Nákres myotonometru je schématicky znázorněn v obrázku č. 2.

Obrázek č.2: Schéma myotonometru



Pramen: Šifra (2005)

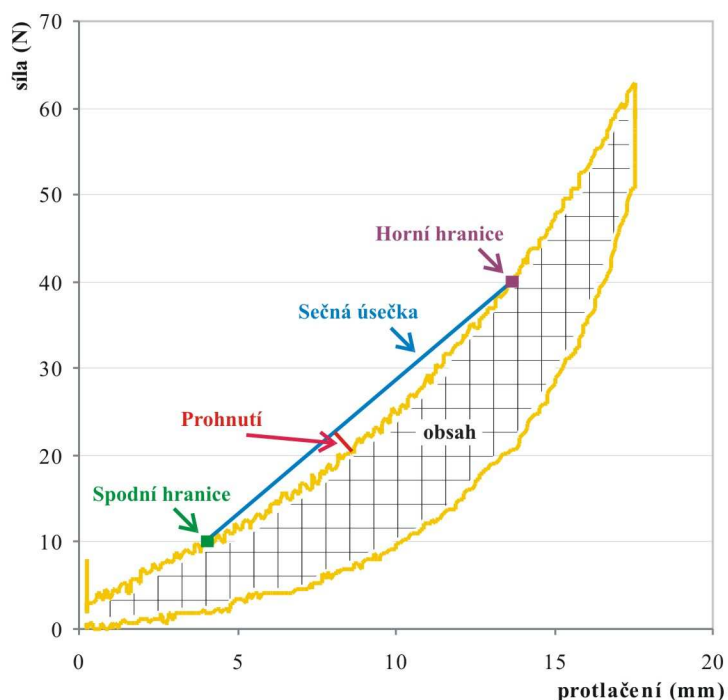
#### 4.4.1. Interpretace výsledků měření myotonometrem

Výstupem měření myotonometru jsou hodnoty tensometru a snímače polohy zapsané v časové závislosti do jednoduchého souboru. Na zpracování a vyhodnocování těchto dat byl vyvinut speciální software v programátorském prostředí programu Matlab.

Nejvhodnější metodou pro hodnocení svalové tkáně je dle Šifry (2005; 2009) zobrazení velikosti odporu tkáně v závislosti na hloubce zanoření měřicího hrotu myotonometru do zkoumané tkáně. Při měření měkkých tkání myotonometrem získáme vždy hysterézní křivku ležící v intervalu mezi Euklidovou tuhou hmotou a Pascalovou tekutou kapalinou, která vzniká při zasouvání a vysouvání měřicího hrotu do měkké tkáně.

Danou křivku lze poté použít pro relevantní popis viskoelastických vlastností měkkých tkání.

Obrázek č. 3: Vyjádření vlastností hysterézní křivky



Pramen: Šifra (2005)

Při hodnocení sledujeme zejména 2 parametry na vzestupující hysterézní křivce. Prvním parametrem je její strmost. Větší strmost křivky poukazuje na větší tuhost svalové tkáně. Druhým sledovaným parametrem je míra prohnutí křivky, čím větší je prohnutí křivky, tím je sval elastičtější a zároveň „zdravější“. (Šifra 2005; 2008; 2010).

Dále můžeme sledovat charakter hysterézní smyčky a její obsah, podle kterého lze odvodit množství disipované energie a tím zjistit, v jakých podmínkách se sval nachází. V případě většího obsahu hysterézní smyčky se bude jednat o tužší sval. (Šifra 2005; 2008; 2010).

Jelikož je potřeba myotonometr po zasunutí do tkáně ručně přepnout do režimu vysouvání, výsledek by nebyl přesný, z tohoto důvodu nebude v této studii hodnoceno množství disipované energie.

## **4.5. Zátěž**

Jako způsob zátěže byl vybrán aneorobní test Wingate. Je to nejčastější forma “all-out“ testu, tedy testu s dosažením maximálního možného úsilí. Jde o test na bicyklovém ergometru a z hlediska sportovní praxe byl již dostatečně prakticky ověřen a standardizován.

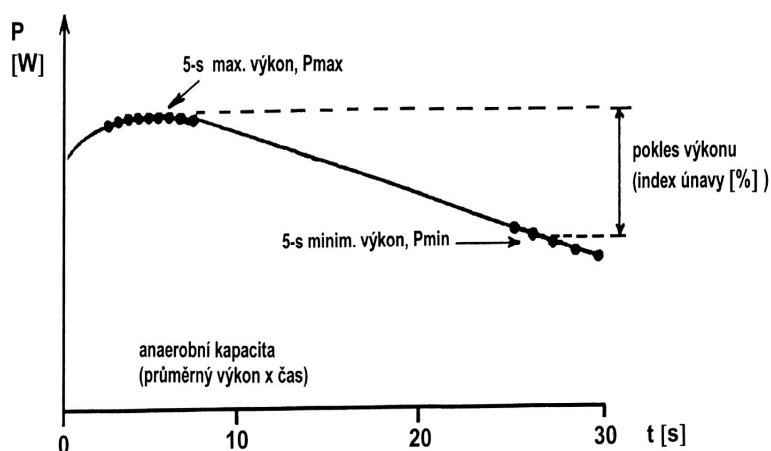
### **4.5.1. Průběh zátěžového testu**

Každému účastníkovi byl před zahájením samotného testu nasazen sport-tester, bicyklový ergometr byl přizpůsoben výšce jeho postavy a do počítače byly zadány údaje o výšce, hmotnosti a množství tělesného tuku, podle kterých se nastavila brzdící síla na ergometru. Poté se účastník zahřál krátkým šlapáním, dokud nedosáhl tepové frekvence 120-130 tepů za minutu. Po dosažení této frekvence byl účastník vyzván ke zvýšení rychlosti šlapání a test byl zahájen když bylo dosaženo 120 otáček za minutu. Od tohoto okamžiku po dobu 30s bylo prováděno měření za maximálního úsilí účastníka v rychlosti šlapání. Bezprostředně po ukončení testu byla zaznamenána tepová frekvence a po 5 minutách byl odebrán vzorek krve ke stanovení hladiny laktátu.

### **4.5.2. Wingate test a hodnocené parametry**

Klasická varianta testu spočívá ve šlapání na bicyklovém ergometru maximální rychlostí po dobu 30 sekund proti konstatnímu odporu. Optimální brzdící síla je u dospělých mužů 6 W/ kg tělesné hmotnosti a u dospělých žen 5W/kg tělesné hmotnosti. Od začátku testu se pracuje s maximálním úsilím a v průběhu 3 až 7 sekund je vyvinuta maximální rychlost. Počáteční vrchol výkonu znázorňuje využití pohotovostních zdrojů energie (ATP, CP, případně i využití kyslíku vázaného na myoglobin). Následně se rychlost šlapání začne zpomalovat a v metabolismu již převažuje anaerobní glykolýza. Tvoří se laktát a vzniká lokální metabolická acidóza. Ve 30. sekundě, těsně před ukončením testu, obvykle rychlost dosahuje jen 50-70% maximální (vrcholové) rychlosti. Aktuální výkon je dán součinem rychlosti šlapání a brzdící síly. Změny výkonu v průběhu testu jsou vyhodnocovány počítačem přímo v jednotlivých otáčkách (při starším grafickém způsobu vyhodnocení po 5 s intervalech) a umožňují získat základní parametry (obr. č. 4) (Heller, 2005; Heller, 1999)

Obrázek č. 4: Dynamika výkonu ve Wingate testu a základní parametry testu



Pramen: Heller (1999)

**Maximální anaerobní výkon (PP – peak power)** – nejvyšší výkon v testu v libovolném 5 s intervalu. Hodnotí se ve wattech nebo lépe relativně ve wattech na kg tělesné hmotnosti.

**Anaerobní kapacita (AnC)** – průměrný výkon ve wattech, nebo jako celková práce (součin průměrného výkonu a času v kilojoulech, kJ)

**Index únavy (FI - fatigue index)** – pokles mezi pětisekundovým vrcholovým a nejnižším, rovněž pětisekundovým výkonem (obvykle v závěru testu), který je vyjádřený relativně v procentech maximálního výkonu.

**Doplňkové ukazatele – Pozátěžová koncentrace laktátu** z hlediska přiměřené, či nepřiměřené metabolické odezvy na celkově vykonanou práci během testu.

**Srdeční frekvence**, jako nepřímý ukazatel úsilí v průběhu testu (Heller, 2005).

*Orientační normy pro výsledky anaerobního 30-s Wingate testu dolních končetin u studentů a studentek ve věku cca 20-25 jsou k nahlédnutí v příloze č. 3.*



## 4.6. Průběh saunovací procedury

Před vstupem do potírny sauny se každý z účastníků osprchoval a řádně osušil ručníkem. Poté následovalo 10 minutové setrvání v potírně, z toho 8 minut v poloze vleže na zádech s pokrčenými koleny na druhém stupni lavice a poslední 2 minuty v sedě se spuštěnými dolními končetinami. Následovalo z hygienických důvodů opláchnutí vlažnou vodou a ochlazení v bazénku. Každý účastník setrval v bazénku tak dlouho, jak mu to bylo příjemné, z toho byl nejkratší čas 25 s a nejdelší čas 40 s. Poté následovalo opakování celého cyklu ještě jednou. Na závěr následoval pobyt v odpočívárně na dřevěných lehátkách v leže na zádech pod přikrytím prostěradly. Odpočinek trval po dobu 30 min.

### Podmínky v prostorách sauny:

<b>Potírna</b>	Teplota = 95 °C	Vlhkost = 30 %
<b>Ochlazovací bazének</b>	Teplota = 9 °C	
<b>Odpočívárna</b>	Teplota = 28 °C	

### 4.6.1. Popis sauny

Použitá sauna se nachází v prostorách FTVS UK a je finského typu. Potírna je obložena dřevem a vybavena trojstupňovými dřevěnými lavicemi, teploměrem, vlhkoměrem a elektrickými kamny s nahřívacími kameny. Bazének je velký cca 2 x 2 x 1,5 m naplněný studenou vodou s přístupem po nerezovém žebříku a nachází se hned vedle vstupu do potírny. V prostorách vedle bazénku se nacházejí také dvě sprchy. Odpočívárna je tmavá tichá místnost vybená řadou dřevěných polohatelných lehátek a dřevěnými židlemi. Součástí sauny je i převlékárna a sociální zařízení.

## 4.7. Technika použitá pro odběr dat

Tělesná hmotnost byla stanovena digitální osobní váhou Seca 899 s přesností 0,1 kg a tělesná výška digitálním bezdrátovým stadiometrem Seca 242 (pracujícím na principu optického senzoru) s přesností 0,1 cm.

Zatížení vysoké intenzity bylo modelováno 30- Wingate testem na mechanickém bicyklovém ergometru Monark 824E za použití brzdícího odporu 6 W na kg tělesné hmotnosti (resp.  $0,102 \text{ N.kg}^{-1}$ ) pro muže popř. 5 W na kg tělesné hmotnosti (resp.  $0,084 \text{ N.kg}^{-1}$ ) pro ženy, což jsou úrovně doporučované pro trénované osoby, které byly odvozeny z optimalizačních modelů podílu rychlosti a síly pro 30 s práci na bicyklovém ergometru. (Vandewalle a kol., 1987). Tato úroveň brzdícího odporu byla později vzata v úvahu autory Wingate testu a doporučena v revidovaném protokolu Wingate testu (Inbar a kol., 1996), na rozdíl od původně doporučovaných hodnot cca 0,075 kg/kg shodně pro muže a ženy, které se osvědčily u netrénovaných osob, ale nikoli u trénovaných jedinců.

Koncentrace laktátu v krvi byla stanovena elektrochemicky aparaturou Biovendor Super GL. Vzorky kapilární krve (20  $\mu\text{l}$ ) byly ihned po odebrání naředěny systémovým roztokem (1 ml), který zajistil jejich hemolýzu a stabilizaci. Vzorky byly následně analyzovány biosenzorem s využitím ampérometrického principu (Davidson et al., 2000). Před každým měřením byl analyzátor kalibrován standardem o koncentraci  $12 \text{ mmol.l}^{-1}$ .

Viskoelastické vlastnosti svalů byly měřeny pomocí Myotonometru. Maximální možná měřitelná síla působící přes měřící hrot na tenzometr je 110N, při rozlišení  $\pm 0,43\text{N}$ , což představuje odchylku 0,47% (Šifta, 2005).

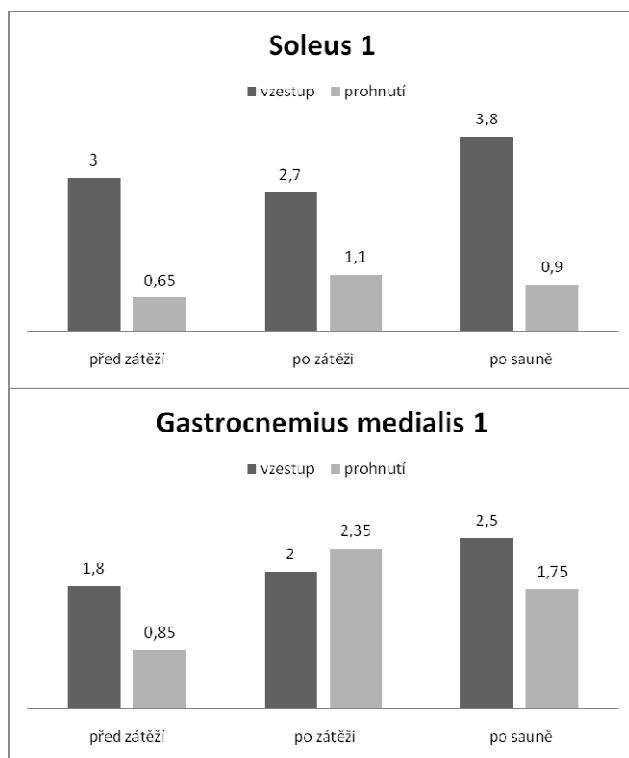
## 5. VÝSLEDKY

### Účastník 1 – Experimentální skupina (E)

Tabulka č. 2: Výsledky Wingate - účastník E1

Průměrný výkon (W/kg)	10,3
Počet otáček (během testu)	51,2
Srdeční frekvence (po testu)	179
Hodnota laktátu (mmol/l)	13,4

Graf č. 1: Výsledky měření myotonometrem - účastník E1



*Pramen – vyhodnocení měření*

bezprostředně po zátěži a k jeho dalšímu vzestupu po sauně. Parametr prohnutí reprezentující elasticitu s nárůstem napětí po zátěži významně vzrostl a po sauně významně klesl.

U m. soleus došlo po zátěži ke snížení parametru vzestupu o 0,3 a k jeho následnému zvýšení o 1,1 po sauně, což nasvědčuje prvotnímu mírnému snížení tonu bezprostředně po zátěži a k jeho výraznějšímu vzestupu po sauně. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, s poklesem napětí vzrůstal a s nárůstem napětí klesal.

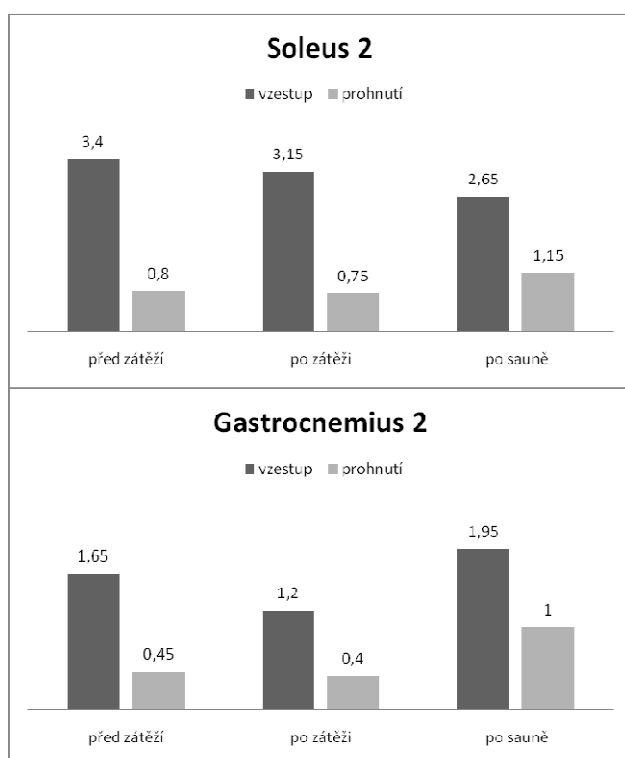
U m. gastrocnemius caput mediale došlo ke zvýšení parametru vzestupu o 0,2 po zátěži a k jeho dalšímu zvýšení o 0,5 po sauně, což nasvědčuje prvotnímu mírnému zvýšení tonu

## Účastník 2 – Experimentální skupina (E)

Tabulka č. 3: Výsledky Wingate - účastník E2

Průměrný výkon (W/kg)	8,1
Počet otáček (během testu)	48,1
Srdeční frekvence (po testu)	184
Hodnota laktátu (mmol/l)	9,76

Graf č. 2: Výsledky měření myotonometrem - účastník E2



U m. soleus došlo po zátěži ke snížení parametru vzestupu o 0,25 a k jeho dalšímu snížení o 0,5 po sauně, což svědčí o prvotním mírném snížení tonu bezprostředně po zátěži a jeho výraznějším snížení po sauně. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, s poklesem napětí po zátěži zůstal téměř nezměněn a po sauně výrazně stoupl.

U m. gastrocnemius caput mediale došlo ke snížení parametru vzestupu o 0,45 po zátěži a k jeho výraznému zvýšení o 0,75 po sauně, což svědčí o prvotním mírném snížení tonu

*Pramen – vyhodnocení měření*

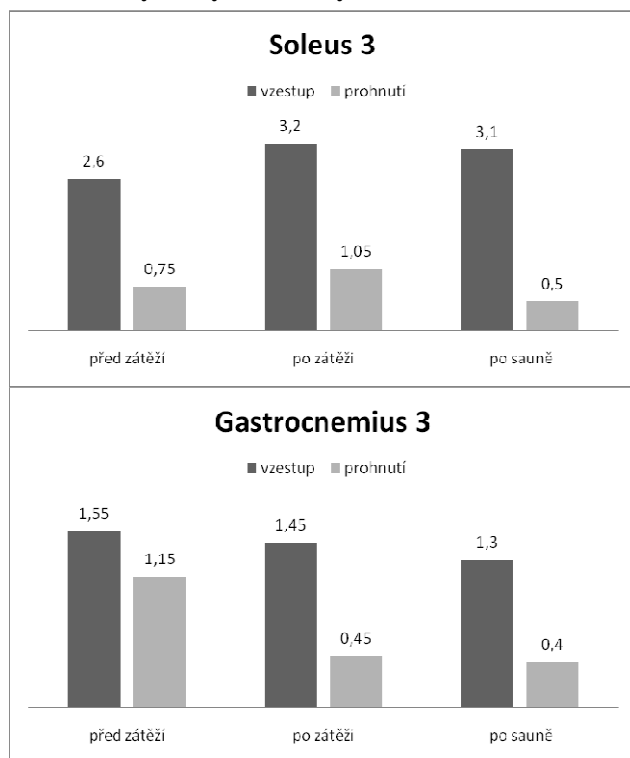
bezprostředně po zátěži a jeho výraznějším vzestupu po sauně. Parametr prohnutí reprezentující elasticitu se s nárůstem napětí po zátěži významně nezměnil a po sauně významně vzrostl.

## Účastník 3 – Experimentální skupina (E)

Tabulka č. 4: Výsledky Wingate - účastník E3

Průměrný výkon (W/kg)	7,2
Počet otáček (během testu)	43,1
Srdeční frekvence (po testu)	161
Hodnota laktátu (mmol/l)	8,78

Graf č. 3: Výsledky měření myotonometrem - účastník E3



U m. soleus došlo po zátěži ke zvýšení parametru vzestupu o 0,6 a k jeho následovnému nepatrnému snížení o 0,1 po sauně, což svědčí o prvotním zvýšení tonu bezprostředně po zátěži a jeho nepatrném snížení po sauně. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, se s nárustem napětí po zátěži zvýšil a po sauně klesl.

U m. gastrocnemius caput mediale došlo ke snížení parametru vzestupu o 0,1 po zátěži a k jeho dalšímu snížení o 0,15 po sauně, což svědčí o prvotním nepatrném snížení tonu bezprostředně po zátěži a jeho dalším nepatrným poklesem po sauně. Parametr prohnutí s poklesem napětí významně klesl po zátěži a dále nepatrně klesl po sauně.

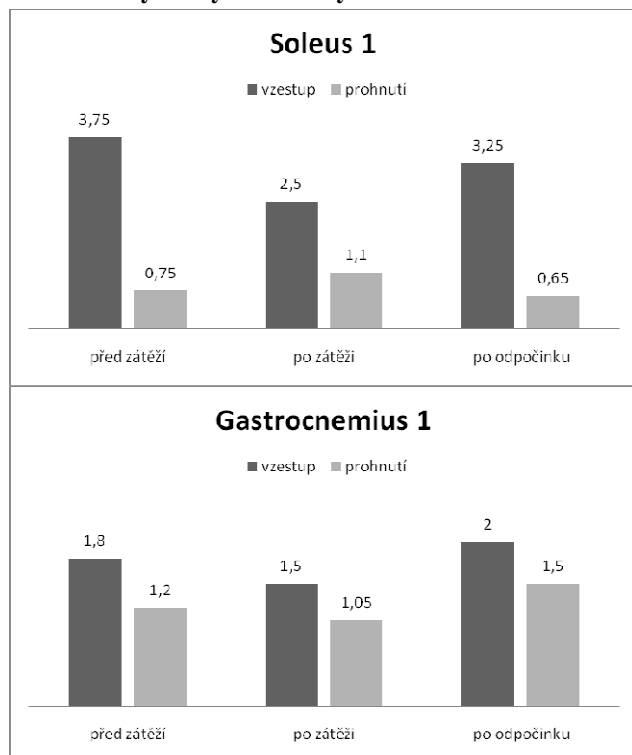
*Pramen – vyhodnocení měření*

## Účastník 1 – Kontrolní skupina (K)

Tabulka č. 5: Výsledky Wingate - účastník K1

Průměrný výkon (W/kg)	7,1
Počet otáček (během testu)	35,6
Srdeční frekvence (po testu)	164
Hodnota laktátu (mmol/l)	7,07

Graf č. 4: Výsledky měření myotonometrem - účastník K1



*Pramen – vyhodnocení měření*

což svědčí o prvotním snížení tonu bezprostředně po zátěži a jeho následném zvýšení po odpočinku. Parametr prohnutí se s poklesem napětí po zátěži snížil a se vzrůstem napětí po odpočinku vzrostl.

U m. soleus došlo po zátěži k výraznému snížení parametru vzestupu o 1,25 a k jeho následovnému zvýšení o 0,75 po pasivním odpočinku, což svědčí o prvotním snížení tonu bezprostředně po zátěži a jeho následném zvýšení po pasivním odpočinku. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, se s poklesem napětí po zátěži zvýšil a po pasivním odpočinku se zvýšením napětí klesl.

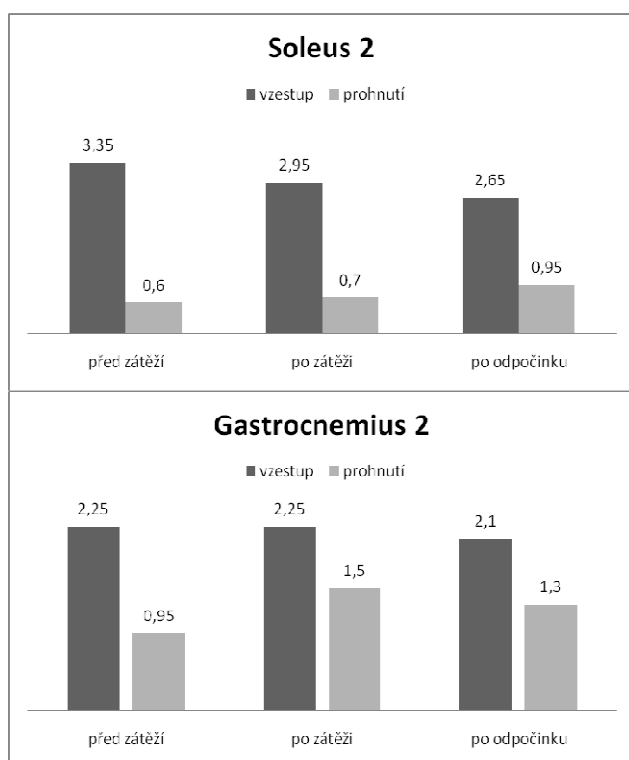
U m. gastrocnemius caput mediale došlo ke snížení parametru vzestupu o 0,3 po zátěži a k jeho následnému zvýšení o 0,5 po pasivním odpočinku,

## Účastník 2 – Kontrolní skupina (K)

Tabulka č. 6: Výsledky Wingate - účastník K2

Průměrný výkon (W/kg)	7,6
Počet otáček (během testu)	45,2
Srdeční frekvence (po testu)	168
Hodnota laktátu (mmol/l)	10,4

Graf č. 5: Výsledky měření myotonometrem - účastník K2



U m. soleus došlo po zátěži ke snížení parametru vzestupu o 0,4 a k jeho dalšímu poklesu o 0,3 po pasivním odpočinku, což svědčí o snížení tonu bezprostředně po zátěži a jeho dalším poklesu po pasivním odpočinku. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, se s poklesem napětí po zátěži nepatrně zvýšil a po pasivním odpočinku se nadále mírně zvyšoval.

U m. gastrocnemius caput mediale nedošlo po zátěži ke změně parametru vzestupu, jen po pasivním odpočinku klesl o 0,15, což nasvědčuje setrvání tonu bezprostředně po zátěži a jeho

*Pramen – vyhodnocení měření*

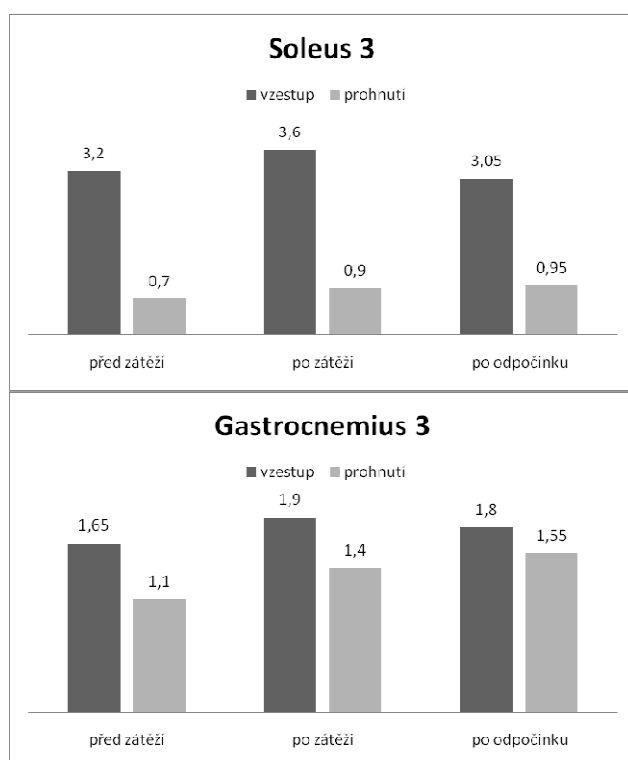
mírném poklesu po pasivním odpočinku. Parametr prohnutí se po zátěži zvýšil a po odpočinku klesl.

## Účastník 3 – Kontrolní skupina (K)

Tabulka č. 7: Výsledky Wingate - účastník K3

Průměrný výkon (W/kg)	7,1
Počet otáček (během testu)	42,6
Srdeční frekvence (po testu)	177
Hodnota laktátu (mmol/l)	7,33

Graf č. 6: Výsledky měření myotonometrem - účastník K3



U m. soleus došlo po zátěži ke zvýšení parametru vzestupu o 0,4 a k jeho následnému poklesu o 0,55 po pasivním odpočinku, což svědčí o zvýšení tonu bezprostředně po zátěži a jeho poklesu po pasivním odpočinku. Parametr prohnutí, reprezentující elasticitu, se s nárůstem napětí po zátěži zvýšil a po pasivním odpočinku téměř nezměnil.

U m. gastrocnemius caput mediale došlo ke zvýšení parametru vzestupu o 0,25 po zátěži a k jeho následnému snížení o 0,1 po pasivním odpočinku, což svědčí o prvotním zvýšení tonu

*Pramen – vyhodnocení měření*

bezprostředně po zátěži a jeho následném snížení po odpočinku. Parametr prohnutí se s nárůstem napětí po zátěži zvýšil a s poklesem napětí po odpočinku dále rostl.



## 6. SOUHRN VÝSLEDKŮ A DISKUSE

Napětí m. soleus pokleslo bezprostředně po zátěži u čtyř z šesti účastníků, u dalších dvou naopak vzrostlo. Napětí m. gastrocnemius caput mediale kleso po zátěži u tří z šesti účastníků, u jednoho se nezměnilo a u dvou došlo k jeho nárůstu. Hypotéza č. I, že po krátkodobém maximálním anaerobním výkonu dojde ke zvýšení napětí zatížených svalů, se nepotvrdila, ba naopak byla vyšší tendence k poklesu napětí bezprostředně po zátěži. Vysvětlení těchto výsledků může spočívat v nevhodně zvolené anaerobní zátěži, při které sice dochází k výraznému zvýšení hodnot laktátu, ale vzhledem ke krátkému trvání zátěže zřejmě nedochází k bezprostřednímu zvýšení napětí zatížených svalů. To můžeme vysvětlit skutečností, že během wingate testu dochází ke stresové reakci s vyplavením příslušných katabolických hormonů, z nichž se adrenalin významně podílí na redistribuci krve do kosterních svalů a srdce. Vlivem zvýšeného prokrvení ve svalech dochází k rychlému odplavování vznikajících odpadních látek. Kromě toho dochází k zahřátí svalů. Vzhledem ke krátkému trvání zátěže, při kterém nezačne docházet k městnání krve ve svalech a vzhledem k výše popsaným skutečnostem, může naopak dojít k bezprostřednímu snížení svalového napětí.

Kromě této skutečnosti mohlo výsledky ovlivnit i to, že účastníci, mimo jiné kvůli nutnosti předem podepsat informovaný souhlas s účastí na studii, očekávali již během prvního měření značnou fyzickou zátěž, namísto toho, aby zůstali po psychické stránce zcela uvolněni, což se projevuje zvýšením basálního svalového napětí. Kromě očekávání fyzické zátěže mohla k psychické tenzi přispět i skutečnost, že účastníci podstupovali neznámé měření na myotonometru, takže oproti měřením následujícím, při kterých už průběh měření znali, mohlo toto dále přispět ke zvýšení svalového tonu při prvním měření.

U čtyř z šesti účastníků se napětí m. soleus a m. gastrocnemius caput mediale po zátěži měnilo stejným směrem, u ostatních dvou tomu bylo naopak. Nestejnost těchto výsledků může být způsobena odlišným způsobem zapojení obou svalů při různých stylech šlapání na bicyklovém ergometru. Styl „jízdy“ může představovat záběr nohama do pedálů špičkami, patami, nebo různými kombinacemi obojího, stejně jako se v něm projevuje umístění nohy na pedálu ve smyslu zevní či vnitřní rotace v kloubu kolenním a kyčelním.

S tímto vysvětlením koresponduje i fakt, že při regeneraci, ať již v sauně, nebo pasivním odpočinkem, docházelo ke změně napětí stejným směrem u obou svalů u všech účastníků kromě jednoho.

Po saunování došlo v experimentální skupině u prvního účastníka ke zvýšení napětí, u druhého ke snížení napětí m. soleus a u třetího se napětí významně nezměnilo. Napětí m. gastrocnemius caput mediale se po sauně u prvního účastníka zvýšilo, u druhého také zvýšilo a u třetího snížilo. Po pasivním odpočinku došlo v kontrolní skupině u prvního účastníka ke zvýšení napětí m. soleus i m. gastrocnemius caput mediale a u druhého i třetího účastníka ke snížení napětí m. soleus i m. gastrocnemius caput mediale. Vzhledem k dosaženým výsledkům není možno potvrdit hypotézu č. II, že saunovací procedura má pozitivní vliv na svalovou tuhost a elasticitu, a že svalové napětí zvýšené předchozí zátěží se po saunování sníží výrazněji, než při pasivním odpočinku. Důvody, proč nebyla tato hypotéza potvrzena mohou spočívat ve skutečnosti, že všichni účastníci podstupující saunovací proceduru neměli předpokládané zvýšené svalové napětí po předchozí zátěži, jak to bylo i s vysvětlením popsáno výše.

Zajímavé je, že u kontrolní skupiny s pasivním odpočinkem se napětí m. soleus i m. gastrocnemius caput mediale měnilo u každého účastníka stejným směrem a s menší intenzitou, než tomu bylo u experimentální skupiny s použitím sauny. Dále je nutné poznamenat, že u tonického svalu (m. soleus) se elasticita neměnila tak výrazně jako u svalu fázického (m. gastrocnemius caput mediale). Při využití sauny se změny elasticity m. gastrocnemius caput mediale projevíly opět ještě výrazněji než u kontrolní skupiny.

## 7. ZÁVĚR

Cíle teoretické části diplomové práce byly dosaženy, podařilo se dohledat a zpracovat dostatek dostupné odborné literatury a utvořit z ní významově kompaktní celek.

Cíle praktické části práce dosaženy nebyly, protože nebyla potvrzena základní hypotéza, která předpokládala, že po krátkodobém maximálním anaerobním výkonu dojde ke zvýšení napětí zatížených svalů. Na vzdory očekávání, vyplívajícího z faktů uváděných v literatuře, ve většině případů nedošlo bezprostředně po zvolené zátěži k nárůstu svalového napětí zatížených svalů. Vlivem toho nevznikla během experimentu vhodná skupina účastníků, která by podstoupila saunovací proceduru. Do sauny tak odcházeli jednak účastníci, u kterých buďto po zátěži došlo naopak ke snížení tonu obou ze sledovaných svalů, nebo účastníci u, kterých bylo po zátěži svalové napětí jednoho ze sledovaných svalů zvýšené, ale u druhého naopak snížené. Vzhledem k tomu, že nás zajímal vliv sauny na zvýšené svalové napětí, nemají pro nás získané výsledky v tomto ohledu vypovídající hodnotu. Můžeme ale na základě výsledků konstatovat, že při saunovací proceduře se hodnoty napětí a elasticity svalů mění výraznějším způsobem, než při pasivním odpočinku.

Z výše uvedeného však můžeme dále vyvodit překvapující závěr, že po krátkodobé maximální anaerobní zátěži organismu nemusí bezprostředně docházet ke zvýšení napětí zatížených svalů, ale toto napětí může naopak poklesnout. Otázkou zůstává, jak se hodnoty napětí a elasticity budou měnit po delších časových intervalech od zátěže. Z tohoto důvodu je žádoucí provést další výzkum zaměřený na měření svalového tonu po krátkodobé maximální anaerobní zátěži, ale i po jiných typech zátěže, s ověřením hodnot napětí a elasticity zatížených svalů nejen bezprostředně po zátěži, ale i po delších časových intervalech. Na základě výsledků těchto studií by bylo dále žádoucí vybrat vhodnou zátěž pro zopakování experimentu zaměřeného na účinky sauny na zátěží zvýšené svalové napětí. Pro získání dostatečně validních výsledků by bylo vhodné experimenty provést s velkým počtem účastníků.

Dalším překvapivým zjištěním při zpracování výsledků měření myotonometrem bylo, že změny elasticity svalů nejsou přímo ani nepřímo úměrné změnám jejich napětí.

Pro tuto skutečnost nenalzáme uspokojující vysvětlení a bylo by přínosné objasnit zákonitosti vyskytující se mezi změnou napětí svalu a jeho elasticitou.

## **8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

ACTH – Adrenokortikotropní hormon

ADH – Antidiuretický hormon

UK – Univerzita Karlova

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

## 9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### 9.1. Knižní tituly

- CAEL, C. *Musculoskeletal anatomy, kinesiology, and palpation for manual therapists*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. ISBN 978-0-7817-7404-8
- DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4
- GANONG, WF. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén, 2005. ISBN 80-7262-311-7
- GREENSTEIN, B., GREENSTEIN, A. *Color Atlas of Neuroscience*. New York: Thieme, 2000. ISBN 0-86577-710-1
- HAMILL, J., KNUTZEN, KJ. *Biomechanical Basis of Human Movement, 3rd Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 978-0-7817-9128-1
- HELLER, J. *Laboratory Manual for Human and Exercise Physiology*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0926-6
- INBAR O., BAR-OR O., SKINNER, JS. *The Wingate Anaerobic Test*. Champaign : Human Kinetics, 1996, ISBN: 0873229460
- KOLÁŘ, P., et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1
- LIPPERT, LS. *Clinical kinesiology and anatomy*. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2006. ISBN 978-0-8036-1243-5
- MATEJ, M., a kol. *Sauna v zdraví a chorobe*. Martin: Osveta 2005. ISBN 80-8063-170-0
- MATEJ, M., a kol. *Sauna v prevencii a terapii*. Martin: Osveta 1984.
- MORRIS, GE. *Low back syndromes: Integrated Clinical Management*. New York: McGraw-Hill, 2006. ISBN 0-07-137472-8
- PODĚBRADSKÝ, J., VAŘEKA, I. *Fyzikální terapie I*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-661-7

- ROHKAMM, R. *Color Atlas of Neurology*. New York: Thieme, 2004. ISBN 1-58890-191-2
- TROJAN, S., a kol. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2004. ISBN 10-247-0512-5
- TROJAN, S., DRUGA, R., PFEIFFER, J., VOTAVA, J. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1296-2

## 9.2. Časopisy

- BURGESS, C., LAI, D., SIEGEL, J., PEEVER, J. An Endogenous Glutamatergic Drive onto Somatic Motoneurons Contributes to the Stereotypical Pattern of Muscle Tone across the Sleep-Wake Cycle. *The Journal of Neuroscience*, 2008, vol. 28(18), s. 4649–4660.
- DAVIDSON, R. C. R., COLEMAN, D., BALMER, J., NUNN, M., THEAKSTON, S., BURROWS, M., and BIRD, S. Assessment of blood lactate: practical evaluation of the Biosen 5030 lactate analyzer. *Med Sci Sports Exerc*, 2000, vol. 32, No. 1, s. 243-247.
- DOUBLE, KL., CROCKER, AD. Dopamine receptors in the substantia nigra are involved in the regulation of muscle tone. *Proc Natl Acad Sci*, 1995 vol. 92, s. 1669-1673.
- ENGEL, P., AFFLERBACH, F., MÜLLER, C., GUTENBRUNNER, C., MOOG, R. Zur therapeutischen Wirksamkeit von Ganzkörper Hyperthermien beim schmerzhaften Muskel'überlastungssyndrom. *Phys Rehab Kur Med*, 2006, vol. 6, 113-117.
- FRANK, C. Recognition and treatment of serotonin syndrome. *Canadian Family Physician*, 2008, vol. 54, s. 988-992.
- FUKUI, K. Thermotherapy: physical therapy. *Ishiyaku*, 1991 Tokyo, s. 10–11
- HEMSLEY, KM., CROCKER, AD. Changes in Muscle Tone Are Regulated by D1 and D2 Dopamine Receptors in the Ventral Striatum and D1 Receptors in the Substantia Nigra. *Neuropsychopharmacology*, 2001, vol. 25, no.4, s. 514-526.

- HENRICSON, A., FREDRIKSSON, K., PERSSON, I., et al. The effect of heat and stretching on the range of hip motion. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1984, vol. 6, s. 110-115.
- HORNE, JA., REID, AJ. Modifications de l'EEG du sommeil nocturne après élévation de la température corporelle par un bain chaud. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Volume 60, Issue 2, February 1985, s. 154-157.
- KNIGHT, CA., RULEDGE, CR., COX, ME., ACOSTA, M., HALL, SJ. Effect of Superficial Heat, Deep Heat, and Active Exercise Warm-up on the Extensibility of the Plantar Flexors. *Physical Therapy*, 2001, vol. 81, no. 6, s. 1206-1214.
- KUKONEN-HARJULA, K., KAUPINEN, K. Health effects and risks of sauna bathing. *International Journal of Circumpolar Health*, 2006, 65:3.
- KUMAMOTO, T., ITO, T., KUBOTA, K., YAMAMOTO, I., ABE, K., FUJIWARA, T. The Influence of Thermotherapy on Muscle Elasticity: Measurement of Pennaion Angle with the Use of Ultrasound Images. *J Phys Ther Sci*, 2006, vol. 18, s. 193-199.
- LENTELL, G., HETHERINGTON, T., EAGAN, J., MORGAN, M. The use of thermal agents to influence the effectiveness of a low-load prolonged stretch. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1992, vol. 16, s. 200-207.
- MATSUMOTO, S., KAWAHIRA, K., ETOH, S., IKEDA, S., TANAKA, N. Short-term effects of thermotherapy for spasticity on tibial nerve F-waves in post-stroke patients. *Int J Biometeorol*, 2006, vol. 50, s. 243-250.
- MILANOV, I. Examination of the segmental pathophysiological mechanisms of spasticity. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, 1994, vol. 34, s. 73-79.
- PUTKONEN, PTS., ELOMAA, E., KOTILAINEN, PV. Increase in delta (3+4) sleep after heat stress in sauna. *Scand J Clin Lab Invest 31*, Suppl. 130, 1973, s. 19.
- REKLING, JC., FUNK, GD., BAYLISS, DA., DONG, X., FELDMAN, JL. Synaptic Control of Motoneuronal Excitability. *Physiological Reviews*, 2000, vol. 80, no. 2, s. 768-816.
- SAKAI, M., MATSUNAGA, M., YAMANISHI, Y., NISHIZAWA, Y. Reduction in excessive muscle tone by selective depletion of serotonin in intercollicularly decerebrated rats. *Brain Research*, 2000, 860(1-2), s. 104-11.



- SCHWARZ, PB., YEE, N., MIR, S., PEEVER, J. Noradrenaline triggers muscle tone by amplifying glutamate-driven excitation of somatic motoneurons in anaesthetized rats. *J Physiol*, 2008, 586.23, s. 5787–5802.
- SMOLANDER, J., LOUHEVAARA, V. Effect of heat stress on muscle blood flow during dynamic handgrip exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 1992, vol. 65, s. 215-220
- ŠIFTA, P., OTÁHAL, S., SÜSSOVÁ J., JAEGER M. Measurement of viscoelastic properties of soft tissue in spastic syndrome. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, vol. 22, n. 5, September, October 2008, 5th Congress for NeuroRehabilitation
- ŠIFTA, P., SÜSSOVÁ, J. A new method for measuring stiffness of soft tissue, *International Journal of Rehabilitation Research*, 32: Suppl. 1, August 2009
- TSAI, KH., YEH, CY., CHANG HY., CHEN JJ. Effects of a single session of prolonged muscle stretch on spastic muscle of stroke patients. *Proc Natl Sci Counc Repub China*, 2001, vol. 25, s. 76–81.
- VANDEWALLE, H, PÉRÈS, G., HELLER, J., PANEL, J., MONOD, H. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology*, 1987, vol. 56, s. 650-656.
- WARREN, CG., LEHMANN, JF., KOBLANSKI JN. Elongation of rat tail tendon: effect of load and temperature. *Arch Phys Med Rehabil*, 1971, vol. 52, s. 465-474.

### 9.3. Ostatní prameny

- HELLER, J. Anaerobic fitness assessment using the Wingate test: A comparison of the results among various population groups. *In Movement and Health, Proceedings of the International Conference, Olomouc, September 11-14, 1999*. Ed. VÁLKOVÁ, H., HANELOVÁ Z. Olomouc : Palacký University, Faculty of Physical Culture, 1999, s. 218-222.

- *Patobiomechanika a patofyziologie kompendium* [online].  
Poslední revize nenalezena [cit. 2010-12-18].  
Dostupné z: <http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk/kompendium/index.php>.
- ŠIFTA P., BITTNER V.: Measurement of Reologic Properties of Soft Tissue (Muscle Tissue) by Device Called Myotonometer: 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010). August 1-6, 2010 Singapore IFMBE Proceedings, 2010, Volume 31, Part 3, 1020-1023, DOI: 10.1007/978-3-642-14515-5\_260
- ŠIFTA, P. *Měření viskoelastických vlastností měkkých tkání při spastickém syndromu* Praha, 2005. 109 s. Disertační práce na UK FTVS. Vedoucí disertační práce doc. MUDr. Jana Süsová, CSc.
- ŠIFTA, P., SÜSOVÁ, J., OTÁHAL, S. Hodnocení spasticity pomocí přístroje zvaného myotonometr. *Sborník konference Nové perspektivy výzkumu a praxe, FTVS UK, 20.-21. března 2004*, s. 6.

## **10. SEZNAM TABULEK V TEXTU**

Tabulka č. 1: Specifikace zkoumaného souboru.....	28
Tabulka č. 2: Výsledky Wingate - účastník E1.....	37
Tabulka č. 3: Výsledky Wingate - účastník E2.....	38
Tabulka č. 4: Výsledky Wingate - účastník E3.....	39
Tabulka č. 5: Výsledky Wingate - účastník K1.....	40
Tabulka č. 6: Výsledky Wingate - účastník K2.....	41
Tabulka č. 7: Výsledky Wingate - účastník K3.....	42

## **11. SEZNAM GRAFŮ V TEXTU**

Graf č. 1: Výsledky měření myotonometrem - účastník E1.....	37
Graf č. 2: Výsledky měření myotonometrem - účastník E2.....	38
Graf č. 3: Výsledky měření myotonometrem - účastník E3.....	39
Graf č. 4: Výsledky měření myotonometrem - účastník K1.....	40
Graf č. 5: Výsledky měření myotonometrem - účastník K2.....	41
Graf č. 6: Výsledky měření myotonometrem - účastník K3.....	42

## **12. SEZNAM OBRÁZKŮ V TEXTU**

Obrázek č. 1: Závislost síly na délce svalu.....	6
Obrázek č. 2: Schéma myotonometru.....	31
Obrázek č. 3: Vyjádření vlastností hysterézní křivky.....	32
Obrázek č. 4: Dynamika výkonu ve Wingate testu a základní parametry testu.....	34

## **13. SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č. 1: Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2: Informovaný souhlas

Příloha č. 3: Normy k úloze 11. Anaerobní zátěžová diagnostika – Wingate test

## Normy k úloze 11. Anaerobní zátěžová diagnostika – Wingate test

Tab. 11.a Výsledky anaerobního Wingate testu dolních končetin u mužů a žen ve věku cca 20-25 let s různým sportovním zaměřením (brzdící odpor 6 W na kg tělesné hmotnosti, resp. 0,102 N.kg<sup>-1</sup> u mužů a 5 W na kg tělesné hmotnosti, resp. 0,084 N.kg<sup>-1</sup> u žen (Heller, 1999; Heller, 2005).

Muži:	Hokejisté	Sprinteři	Vytrvalci	Rekr. sport
Max. anaerobní výkon [W/kg]	15,2	14,2	13,8	12,3
Anaerobní kapacita [J/kg]	355	327	332	292
Index únavy [%]	42,0	42,0	36,3	45,5
Koncentrace laktátu [mmol/l]	14,5	14,0	11,9	13,5
Ženy:	Sprinterky	Plavkyně	Vytrvalkyně	Rekr. sport.
Max. anaerobní výkon [W/kg]	11,4	10,8	11,0	9,1
Anaerobní kapacita [J/kg]	272	265	266	216
Index únavy [%]	37	34	32	39
Koncentrace laktátu [mmol/l]	13,3	12,5	11,4	9,9

Tab. 11.b Orientační normy pro výsledky anaerobního 30-s Wingate testu dolních končetin u studentů a studentek ve věku cca 20-25 let, kteří se systematicky věnují sportovnímu tréninku (brzdící odpor 6 W na kg tělesné hmotnosti, resp. 0,102 N.kg<sup>-1</sup> u mužů a 5 W na kg tělesné hmotnosti, resp. 0,084 N.kg<sup>-1</sup> u žen (Heller, 1999; Heller, 2005).

	Muži	Ženy
Max. anaerobní výkon [W.kg <sup>-1</sup> ]	13,5	10,6
Anaerobní kapacita [J.kg <sup>-1</sup> ]	322	256
Index únavy [%]	39,8	36,8
Průměrný výkon/Max. anaer. výkon [%]	79,4	80,5
SF <sub>peak</sub> [min <sup>-1</sup> ]	90 % SF <sub>max</sub>	90 % SF <sub>max</sub>