

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Viktor Čejka**

**Použití masážní pistole pro úlevu od  
symptomů opožděné svalové bolesti**

**Bakalářská práce**

Praha 2024

Autor práce: **Viktor Čejka**

Vedoucí práce: **MUDr. Michal Procházka**

Oponent práce: **Mgr. Michaela Rampová, PhD.**

Datum obhajoby: **2024**

## **Bibliografický záznam**

ČEJKA, Viktor. Použití masážní pistole pro úlevu od symptomů opožděné svalové bolesti. Praha: Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2024. 66 s., přílohy. Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Michal Procházka.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením účinnosti masážní pistole Flow NANO v kontextu zmírnění symptomů opožděné svalové bolesti (DOMS) na oblast m. biceps brachii a m. brachialis. Cílem studie bylo prostřednictvím krátké formy Mc Gill Pain Questionnaire dotazníku v češtině, vizuální analogové škála (VAS) a ukazatele současné bolesti (PPI) zhodnotit, zda pravidelná aplikace tohoto zařízení může efektivně redukovat bolest spojenou s DOMS. Další metrikou bylo měření obvodu pravé paže před a po cvičební jednotce pro sledování fyzických změn. Výsledky kazuistiky jednoho probanda naznačují, že aplikace masážní pistole Flow NANO může poskytnout úlevu od bolesti spojenou s DOMS, avšak pouze její některé kvality. Některé kvality bolesti se naopak zhoršily. Co se týče zlepšení bolesti měřené pomocí VAS, proband zaznamenal zlepšení ve všech intervalech po cvičební jednotce. U PPI proband popsal zlepšení u hodnocení po 30 minutách a 24 h po cvičební jednotce. Výzkum poukazuje na potřebu dalšího objektivního hodnocení efektivity pro zmírnění symptomů DOMS.

## **Abstract**

This bachelor's thesis deals with the evaluation of the effectiveness of the Flow NANO massage gun in the context of alleviating symptoms of delayed onset muscle soreness (DOMS) in the m. biceps brachii and m. brachialis areas. The aim of the study was to assess whether regular application of this device can effectively reduce pain associated with DOMS, using the short form of the Mc Gill Pain Questionnaire in Czech, the visual analogue scale (VAS), and the present pain indicator (PPI). Another metric was the measurement of the circumference of the right arm before and after the exercise session to monitor physical changes. The results of the case study of one subject suggest that the application of the Flow NANO massage gun can provide relief from pain

associated with DOMS, but only some qualities of the pain improved while others worsened. Regarding the improvement in pain measured using VAS, the subject recorded improvements at all intervals after the exercise session. For PPI, the subject described improvements in the assessments after 30 minutes and 24 hours post-exercise. The research highlights the need for further objective evaluation of the effectiveness in alleviating DOMS symptoms.

### **Klíčová slova**

Perkusivní terapie, opožděná svalová bolest, masážní pistole, regenerace po cvičení, management bolesti, Mc Gill Pain Questionnaire, vizuální analogová škála, m. biceps brachii, m. brachialis

### **Keywords**

Percussive therapy, delayed onset muscle soreness, massage gun, post-exercise recovery, pain management, visual analogue scale, m. biceps brachii, m. brachialis

# **Zadávací protokol**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením MUDr. Michala Procházky, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 23.4.2024

Viktor Čejka

## **Poděkování**

Chtěl bych upřímně poděkovat MUDr. Michalu Procházkovi za odborné vedení, věnovaný čas a podporu během tvorby mé bakalářské práce. Velké poděkování si zaslouží Milan Šťava za trpělivost a úsilí v rámci cvičebních jednotek, které byly zásadní pro praktickou část mé práce. Mé díky patří také fyzioterapeutce Bc. Kateřině Vaňkové za její cenné rady a Kevinu Machů, studentu medicíny, za jeho inspiraci a podporu. Chtěl bych poděkovat i pedagogickému sboru 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy za poskytnuté kvalitní vzdělání a také mé rodině za podporu ve studiu.

## SEZNAM ZKRATEK

- ARFI – acoustic radiation force impulse, akustický radiační impuls
- CEUS – contrast enhanced ultrasound, kontrastní ultrazvuk
- CK – kreatinkináza
- CRP – C-reaktivní protein
- CWI – cold water immersion, ponoření do studené vody
- DOMS – delayed onset muscle soreness, opožděná svalová bolest
- DOSS – delayed onset soft tissue stiffness, opožděný nástup ztuhlosti měkkých tkání
- EIMD – exercise induced muscle damage, poškození svalů vyvolané cvičením
- IL-6 – interleukin 6
- LV – local vibration, lokální vibrace
- NSAID – non-steroidal anti-inflammatory drugs, nesteroidní protizánětlivé léky
- PPI – present pain intensity, ukazatel intensity současné bolesti
- PT – percussive therapy, perkusivní terapie
- SF – MPQ – short form McGill Pain Questionnaire, krátká forma McGillova dotazníku bolesti
- STR – soft tissue release, technika určená k uvolnění měkkých tkání
- VAS – vizuální analogová škála
- VT – vibration therapy
- WBV – whole body vibration, celotělová vibrace



**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>1 SVALY A POJIVOVÁ TKÁŇ .....</b>	<b>8</b>
1.1 SVALY .....	8
1.1.1 Hladká svalovina.....	8
1.1.2 Srdeční svalovina .....	9
1.1.3 Kosterní svalovina.....	9
1.1.4 Dělení kosterní svaloviny.....	10
1.1.5 Struktura kosterního svalu.....	11
1.1.6 Excitace a kontrakce kosterního svalu .....	13
1.1.7 Dělení kontrakce svalu .....	15
1.1.8 Excentrická kontrakce .....	15
1.1.9 Rhabdomyolýza .....	16
1.2 POJIVOVÁ TKÁŇ.....	17
<b>2 OPOŽDĚNÁ SVALOVÁ BOLEST .....</b>	<b>18</b>
2.1 KLASIFIKACE AKUTNÍCH PORUCH SVALŮ A ZRANĚNÍ.....	18
2.2 DIAGNOSTIKA DOMS .....	19
2.3 PŘÍČINY A TEORIE VZNIKU DOMS.....	21
2.4 SYMPTOMY A DŮSLEDKY DOMS.....	25
2.5 AKUTNÍ SVALOVÁ BOLEST .....	27
2.6 TRÉNINK, PŘETÍŽENÍ A PŘETRÉNOVÁNÍ.....	27
2.7 RHABDOMYOLÝZA A POROVNÁNÍ S DOMS .....	28
<b>3 PREVENCE A TERAPIE SYMPTOMŮ DOMS.....</b>	<b>29</b>
3.1 NEGATIVNÍ TERMOTERAPIE .....	30
3.2 POZITIVNÍ TERMOTERAPIE .....	30
3.3 KOMPRESNÍ TERAPIE .....	31
3.4 MASÁŽ .....	32
3.5 AKTIVNÍ FORMY REGENERACE.....	32
3.6 DALŠÍ FORMY TERAPIE SYMPTOMŮ DOMS .....	33
3.7 FARMAKOLOGICKÁ LÉČBA SYMPTOMŮ DOMS .....	33
<b>4 MASÁŽNÍ PISTOLE A DOMS.....</b>	<b>34</b>
4.1 VIBRAČNÍ TERAPIE .....	34
4.2 HISTORIE A VÝVOJ VIBRAČNÍ TERAPIE .....	35
4.3 MASÁŽNÍ PISTOLE.....	36
4.4 TECHNOLOGIE MASÁŽNÍCH PISTOLÍ .....	37
4.5 FYZIOLOGICKÉ ÚČINKY MASÁŽNÍ PISTOLE.....	38
4.6 ÚČINKY MASÁŽNÍ PISTOLE NA TĚLESNÉ FUNKCE .....	39
4.7 MASÁŽNÍ PISTOLE A ÚČINKY NA DOMS.....	40
4.8 VÝHODY A LIMITACE MASÁŽNÍ PISTOLE .....	42
<b>5 PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
5.1 CÍL.....	44
5.2 METODIKA.....	44
5.3 VSTUPNÍ VYŠETŘENÍ.....	46
5.3.1 Anamnéza .....	46
5.3.2 Aspekční vyšetření stoje .....	48
5.3.3 Palpace .....	49
5.3.4 Vyšetření aktivního rozsahu pohybu.....	50
5.3.5 Funkční svalové testy dle Jandy et al. (2004) .....	50
5.3.6 Vybrané speciální testy ramene dle Koláře, Máčka et al. (2015).....	51
5.3.7 Vybrané speciální testy lokte dle Koláře, Máčka et al. (2015).....	51
5.3.8 Závěr vstupního vyšetření .....	51
5.4 CVIČEBNÍ JEDNOTKA .....	52
5.4.1 Popis cviků.....	54

5.5	FYZIOTERAPEUTICKÁ INTERVENCE POMOCÍ MASÁŽNÍ PISTOLE FLOW NANO .....	55
5.5.1	Technická specifikace a doporučení používání pistole Flow NANO.....	55
5.6	SLEDOVÁNÍ, VÝSLEDKY A ANALÝZA DAT .....	57
<b>6</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>60</b>
6.1	INTERPRETACE A KONTEXTUALIZACE VÝSLEDKŮ.....	60
6.2	VARIABILITA ODPOVĚDÍ .....	61
6.3	SROVNÁNÍ S PŘEDCHOZÍMI STUDIEMI .....	61
6.4	LIMITACE STUDIE .....	63
6.5	DOPORUČENÍ PRO BUDOUCÍ VÝZKUM .....	65
<b>ZÁVĚR</b>	<b>.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM</b>	<b>.....</b>	<b>67</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>.....</b>	<b>80</b>
<b>PŘÍLOHY</b>	<b>.....</b>	<b>81</b>

## ÚVOD

Téma své bakalářské práce jsem si vybral na základě svého zájmu o sport, odporový trénink a s ním spojenou problematiku opožděné svalové bolesti, anglicky delayed onset muscle soreness (zkratkou DOMS).

DOMS je typem poranění svalů na ultrastrukturální úrovni. Symptomy DOMS jsou způsobeny excentrickým typem cvičení nebo fyzickou aktivitou, na kterou není lidské tělo zvyklé (Hotfiel et al., 2018). Jedná se o poměrně častý jev, a to především po tréninku obsahující velkou složku excentrických kontrakcí svalu (Mizumura, Taguchi, 2015).

I přes to, že DOMS není považována za zásadní fenomén či onemocnění, tak je jedním z nejčastějších důvodů k snížení výkonnosti ve sportu (Hotfiel, 2018). Cheung et al. (2003) uvádí, že DOMS je možná také jedno z nejčastějších forem sportovního poranění, které má opakující se charakter. DOMS a další související změny mohou být také faktorem pro větší riziko zranění při nedostatečné regeneraci a brzké obnově sportovního tréninku.

Zároveň mě zajímaly různé možnosti, které mohou ulevit od symptomů DOMS. Moje motivace pro hlubší pochopení technik zmírňujících DOMS vycházela z osobní potřeby najít efektivní způsoby úlevy po náročných trénincích. Zároveň jsem se chtěl dozvědět o dalších možnostech, o kterých jsem dříve neslyšel a ani je sám nevyzkoušel. Navíc jsem chtěl pochopit principy jednotlivých technik. Motivací bylo i to, že mě zajímaly postupy, které mohou fyzioterapeuti nebo jiní odborníci použít pro zmírnění symptomů DOMS a pomoci tak s regenerací po odporovém tréninku.

V mé bakalářské práci jsem se zaměřil na nástroj, který získává na popularitě, a to na masážní pistoli. Její výhody spočívají ve schopnosti cílené aplikaci vibrací a tlaku, což zapříčiňuje větší průtok krve a napomáhá tak rychlejší regeneraci svalů (Martin et al., 2021). Tato metoda je snadno použitelná, finančně dostupná a efektivně pomáhá snižovat symptomy DOMS. Cílem praktické části práce je zhodnotit efektivitu masážní pistole jako nástroje na zmírnění DOMS z hlediska bolesti.

# 1 SVALY A POJIVOVÁ TKÁŇ

## 1.1 Svaly

Mezi základní projevy života je řazen pohyb. Nepohybuje se pouze organismus vůči okolí, ale pohybují se i jeho orgány, buňky a jejich části. Majoritní část pohybu organismu zajišťuje právě svalová tkáň (Rokyta et al., 2015).

Svaly jsou měkké tkáně, které mají schopnost kontrakce. Svaly patří mezi hlavní tkáně lidského těla. Jejich funkcí je pohyb organismu, jeho vnitřních orgánů a vyvíjení tlaku a napětí. To umožňují svalová vlákna, základní stavební a funkční jednotky svalu, která obsahují kontraktilní proteiny. Svalová tkáň přeměňuje chemickou energii z molekuly sloužící jako univerzální zdroj energie, adenosintrifosfátu, na mechanickou energii (Hudák, Kachlík et al., 2017).

Existují tři typy svalové tkáně, skládající se z funkčně a strukturně odlišných buněk, a to hladká, srdeční a kosterní svalovina (Rokyta et al., 2015). Příčně pruhované svalstvo je v těle zastoupeno dvěma typy svalovin, a to jako srdeční a kosterní svalovina (Shadrin et al., 2016). Svalové buňky dle Rokyty et al. (2015) reagují na různé signály jako je teplota, elektrické podněty, působení signálních molekul jako například neurotransmiterů nebo hormonů. Odpověď na tyto signály se označuje jako transdukce signálu (Rokyta et al., 2015). Propojení excitace, jako reakce na signál, a kontrakce, jako odpovědi na excitaci, je klíčový fenomén ve fyziologii (Rokyta et al., 2015). Startérem pro kontrakci je nitrobuněčný signál v podobě kalciových iontů a výsledkem je poté remodelace části cytoskeletu za spotřeby energie (Rokyta et al., 2015). I když se tyto jednotlivé typy svalovin liší, všechny přeměňují chemickou energii na mechanickou práci a pohyb (Noto et al., 2023).

### 1.1.1 Hladká svalovina

Hladká svalovina je přítomna především v gastrointestinálním, urogenitálním a respiračním systému a též v oběhové soustavě s výjimkou kapilár (Noto et al., 2023, Trojan et al., 2003). Napomáhá funkci orgánu nebo pohybu různých obsahů v lumen dané orgánové soustavy a řízení je zajištěno autonomním nervovým systémem, hormony, neurotransmitery a další (Noto et al. 2023).

Přítomnost hladké svaloviny hraje také důležitou roli během léčby některých onemocnění jako například u bronchodilatancí cílených na hladkou svalovinu u

asmatiků, medikamenty ovlivňující vyprazdňování žaludku, nebo užití nitrátů u ischemické choroby srdeční (Hafen, Burns, 2013).

### ***1.1.2 Srdeční svalovina***

Srdeční svalovina, vzhledem příčně pruhovaná, zodpovídá za kontraktilitu srdečního svalu, nasávání a vypuzování krve, přičemž vede ke správné oxygenaci a udržování každé buňky lidského těla. Stejně jako svalovina kosterní je myokard složen ze sarkomer, avšak jeho ovládání není řízeno vůlí (Noto et al., 2023). Aerobní procesy je hlavním typem metabolismu a metabolismus anaerobní může srdeční svalovina využívat jen v omezené kapacitě (Kolwitz et al., 2014).

Onemocnění srdce je přední příčinou úmrtí lidí po celém světě (Lopez, Mathers, 2013). Léčba zahrnuje hodnocení funkce srdečního svalu a využití intervencí ke zlepšení jeho výkonu a prevence maladaptací. Terapie se liší podle konkrétní patofyziologie onemocnění, běžná jsou však vazodilatancia, diuretika a pozitivní inotropy nebo digoxin. Stěžejní je edukace pacientů o kardiiovaskulárním zdraví a pravidelném aerobním cvičení, které posiluje myokard a snižuje riziko infarktu a cévní mozkové příhody (Noto et al., 2023).

### ***1.1.3 Kosterní svalovina***

S problematikou DOMS souvisí kosterní svalovina jako jediná. Srdeční svalovina spolu se svalovinou hladkou nejsou s DOMS spojovány. Je to kvůli tomu, že tyto typy svaloviny, nejsou vystavovány nadměrné intenzivní fyzické aktivitě a excentrickým kontrakcím, která je stěžejním etiologickým faktorem pro DOMS. Hladká svalovina ani svalovina srdeční nejsou vystavovány takovému stresu ani excentrickým kontrakcím jako právě svalovina kosterní. Proto jsou další kapitoly zaměřeny především na typ svaloviny kosterní, která s problematikou DOMS nejvíce souvisí.

Kosterní svalovina je spolu se svalovinou srdeční tvořena obrovskými buňkami vzniklými fúzí mnoha samostatných buněk (Au, 2004). Příčně pruhovaná kosterní svalovina se podílí majoritně na pohybu, udržování postury a tělesné teploty a také stabilizuje klouby (Frontera, Ochala, 2014). Kosterní svalovina zajišťuje všechnu aktivní tenzi a aktivní pohyb, mimiku a artikulaci (Kittnar, 2011). Z mechanického hlediska je primární funkcí kosterního svalstva tvorba síly pomocí přeměny chemické energie na mechanickou. Dále také kosterní svalovina značně přispívá k bazálnímu metabolismu. Její funkcí je též skladování glykogenu, triglyceridů, ATP, kreatinfosfátu a aminokyselin (Noto et al., 2023).

Teplo produkované kosterní svalovinou během fyzické aktivity je vedlejším produktem, avšak při extrémním chladu se spustí třes a svalovina tvoří teplo pro zachování homeostázy (Periasamy et al., 2017). McCuller et al. (2023) doporučuje pravidelné cvičení pro rozvoj svalové síly. Rozvoj a udržování síly svalů je esenciální pro zdraví kostí, rovnováhu, flexibilitu, posturu a také zdraví celkově (McCuller et al., 2023).

Kosterní svalstvo je v lidském těle zastoupeno hojně a zodpovídá přibližně za 40 % tělesné hmotnosti těla u jedinců středního věku, přičemž zhruba dalších 10 % hmotnosti těla tvoří svalstvo hladké a srdeční (Kittnar, 2011). Samozřejmě záleží na konstituci daného jedince, pohlaví a poměr svalů k hmotnosti se tedy může lišit. Z hlediska rozdělení hmoty v rámci těla připadá přibližně na dolní končetiny asi 56 % hmotnosti, 28 % hmotnosti na horní končetiny a zbývajících 16 % na hlavu a trup (Čihák, 2016). Lidské tělo obsahuje velké množství kosterních svalů ovládaných vůlí, a to kolem 600 a velká část z nich je párová (Čihák, 2016).

#### ***1.1.4 Dělení kosterní svaloviny***

Dělení kosterní svaloviny spočívá v tom, jaká je stavba a funkce více zastoupených vláken ve svalu. Poměr vláken je částečně dědičný a také ukazuje na schopnost pro určitý typ sportu. Podle zastoupení vláken se mohou svaly dělit na svaly převážně rychlé a převážně pomalé (Rokyta, 2015). Kosterní sval obsahuje heterogenní složení různých typů vláken, které existují v kontinuu od pomalého k rychlému, takže jejich funkce je specifická pro daný úkol. Avšak i mezi vlákny stejného typu existují strukturální a funkční charakteristické rozdíly (Plotkin et al., 2021).

Pomalé svaly obsahují více vláken typu I. Nazývají se také pomalá, červená vlákna (anglicky *slow oxidative*). Tato vlákna jsou bohatě protkána sítí kapilár, obsahují četné mitochondrie a více myoglobinu. Mohou pracovat po delší dobu aerobně a jako zdroj energie využívají cukry a tuky (Rokyta, 2015). Vlákna typu I, neboli *slow-twitch* vlákna, se hojně vyskytují u elitních vytrvalostních sportovců, jako jsou běžci dlouhých tratí a vytrvalostní cyklisté (Plotkin et al., 2021).

Rychlé svaly naopak obsahují více rychlých, bílých vláken typu II. Bílá vlákna mají dvojnásobný rozměr oproti červeným vláknům. Pro rychlé uvolnění kalciových iontů mají velké sarkoplazmatické retikulum. Kontrakce je rychlá, intenzivní, ale svaly se rychle unaví. Jsou spíše vhodná na krátkou vysokointenzivní anaerobní aktivitu. Bílá vlákna jsou zodpovědná nejvíce za svalovou sílu stahu (Rokyta, 2015).

Z hlediska zastoupení jsou rychlá vlákna IIa a IIx přítomna v největším množství u elitních silových sportovců, jako jsou vzpěrači nebo sprinteři. Rychlá bílá vlákna mají další své podtypy. Vlákna typu IIa neboli vlákna rychlá oxidativně-glykolytická (anglicky *fast oxidative glycolytic fibers*) vykazují vyšší rychlosti stahu než vlákna typu I, ale jsou méně odolná vůči únavě. Vlákna typu IIx nebo také rychlá glykolytická vlákna (anglicky *fast glycolytic fibers*) mají nejvyšší rychlosti stahu, ale jsou také nejsnáze unavitelná ze všech (Plotkin et al., 2021).

### ***1.1.5 Struktura kosterního svalu***

Kosterní sval se skládá z mnoha svalových vláken, latinsky nazývaných myofibrily. Tyto myofibrily jsou obaleny minimálním množstvím vaziva, čímž je zajištěno, že se navzájem nedotýkají. Sarkolemy neboli buněčné membrány svalových buněk tedy oddělují jednotlivé myofibrily. Do primárního svalového snopečku je spojeno zhruba 10 až 100 myofibril a ten je obalen další vrstvou vaziva. Tyto snopečky tvoří malé svalové jednotky. U větších svalů jsou tyto primární snopečky spojeny do sekundárních snopečků, které jsou opět obaleny vazivem a tvoří složitější struktury známé jako snopečky vyšších řádů. Celý sval je pak obalen vnější vazivovou vrstvou (Čihák, 2016).

Podle umístění v rámci svalu se pojmenování jednotlivých vazivových struktur liší. Nejvnitřnější vrstva, *endomysium*, obaluje myofibrily a snopce a snopečky všech řádů. *Epimysium*, které obklopuje mnoho svalových snopců obalených v *perimysiu*, je nejzevnější vrstvou svalu (Čihák, 2016).

Dvě nejhojnější myofilamenta jsou proteiny aktin a myozin, tvořící cca 70–80 % celkového obsahu proteinů v jedné myofibrile. Myosin je jakýmsi hlavním molekulárním motorem. Sarkomera a sarkoplazma obsahují mnoho dalších proteinů, které přispívají ke struktuře cytoskeletu, spojení procesu excitace a kontrakce, uvolňování energie a vytváření síly. Zvláště důležité jsou regulační proteiny, jako je na vápníkově-závislý troponinový komplex (včetně troponinů C, I a T) a tropomyosin, které hrají roli s aktinem v procesu aktivace skluzu myofilament a generaci síly. (Frontera, Ochala, 2014).

Sarkomera, funkční jednotka svalového vlákna, se nachází uvnitř myofibril, přičemž kontrakce na buněčné úrovni probíhá právě na sarkomeře (Au, 2004). Sarkomera se jeví jako síť paralelních linií. Boční hranice každé sarkomery se označují jako Z linie. Z linie ukotvují jeden set paralelních tenkých filament, takzvaného aktinu. Opačným směrem probíhají jiná širší filamenta, a to filamenta myozinu. Tento překryv mezi filamenty je podstatnou součástí fyziologie svalu. Čím více se filamenta překrývají, tím více se sval kontrahován (Henderson et al., 2017).

Pruhy A, umístěné ve středu každé sarkomery, obsahují silná vlákna, která se mohou překrývat s tenkými vlákny. Pruh A se dále dělí na pruh H, který neobsahuje žádná tenká vlákna. Výrazná M linie půlí H pruh a slouží ke spojení středních částí tlustých vláken. Na obou stranách pruhu A jsou pruhy I, které obsahují jak tenká vlákna, tak tlustá vlákna. Linie Z, která prochází středem každého pruhu I slouží jako ukotvení pro tenká vlákna (Pham, Puckett, 2023).

Titin a nebulin jsou dva další proteiny, které podporují mechanické a fyziologické vlastnosti svalu. Rozměrově větší a elastický titin se váže na myosin a Z linii sarkomery, aby pomohl vyrovnat a stabilizovat tlusté vlákno. Naproti tomu nebulin je integrován s jinými proteiny v tenkých vláknech obsahujících aktin (Ottenheijm, Granzier, 2010). Tyto proteiny podporují integritu sarkomer, ovlivňují vlastnosti pasivního napětí a tuhosti jednotlivých buněk a mohou být důležité pro tvorbu myofibril a buněčnou signalizaci (Frontera, Ochala, 2014).

Přenos nervového akčního potenciálu dovnitř svalové buňky je zásadní funkcí systému T-tubulů, který proniká do sarkolemy. Tato síť tubulů, která je přímo spojená s vnější stranou buňky, umožňuje rovnoměrné rozšíření excitace po celém vláknu. Klíčový protein nazývaný dysferlin, lokalizovaný v membráně T-tubulů, reaguje na změny v koncentraci vápníku uvnitř buňky (Frontera, Ochala, 2014).

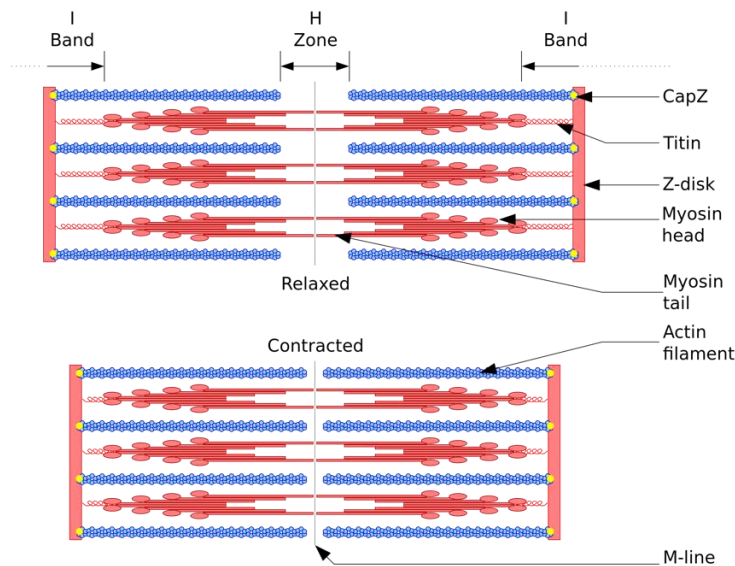


Po aktivaci se vápník ukládá, uvolňuje a reabsorbuje sarkoplazmatickým retikulem. Koncové cisterny sarkoplazmatického retikula, které jsou v těsné blízkosti systému příčných tubulů, slouží jako hlavní místa pro ukládání vápníku (Frontera, Ochala, 2014).

K tématu svalu nevyhnutelné patří i neurologická problematika. Nervy, které jsou zodpovědné za inervaci svalových vláken, se nazývají motoneurony. Motorická jednotka je souhrnný název pro jeden motoneuron a svalová vlákna, která inervuje. Počet svalových vláken motorické jednotce se mění s funkcí svalu. Například motorické jednotky zodpovědné za mimické svaly obsahují podstatně méně svalových vláken než motorické jednotky zodpovědné za svaly používané při plavání jako například m. pectoralis major. U mimických svalů je totiž důležitější přesná koordinace, což je důvodem menšího zastoupení svalových vláken v jedné motorické jednotce. (Pham, Puckett, 2023).

### ***1.1.6 Excitace a kontrakce kosterního svalu***

Kontrakce kosterního svalstva je poměrně komplexní proces, který zahrnuje řadu kroků. Proces kontrakce kosterního svalu začíná na neuromuskulárním spoji, což je místo, kde nervové zakončení, motoneuron, přiléhá ke svalovému vláknu. Při aktivaci nervu se zde uvolňuje neurotransmiter acetylcholin, který přechází přes synaptickou štěrbinu a váže se na receptory na svalové buňce. To vyvolá elektrický signál, známý jako akční potenciál, který se šíří po membráně svalového vlákna. Akční potenciál postupuje poté do struktur zvaných T-tubuly, což jsou kanálky, přenášející signál hlouběji do myofibril. Tato aktivita vyvolá uvolnění vápníku ze skladů vápníku uvnitř svalového vlákna, což je klíčové pro spuštění svalové kontrakce (Pham, Puckett, 2023).



Obr. 2 - Mechanismus svalové kontrakce a relaxace

([https://www.wikiskripta.eu/w/Spojení\\_excitace\\_a\\_kontrakce](https://www.wikiskripta.eu/w/Spojení_excitace_a_kontrakce))

Uvolněný vápník se váže na bílkoviny ve svalovém vlákně, což vede k chemickým změnám, které umožňují vzájemné působení aktinu a myosinu. Toto působení způsobuje, že sval se kontrahuje. Uvolněné ionty vápníku se vážou na troponin, protein, který reguluje interakci mezi aktinovými a myosinovými vlákny. Tato vazba způsobuje konformační změnu troponinu a odhaluje tak vazebná místa na aktinu pro myosinové hlavy. Myosinové hlavy pak tvoří můstky s aktinem a svalové vlákno se stahuje (Pham, Puckett, 2023).

Jakmile je kontrakce dokončena, vápník se znovu uloží zpět do sarkoplazmatického retikula a sval se relaxuje (Pham, Puckett, 2023).

Celý tento proces, od aktivace nervu k svalové kontrakci a následné relaxaci, je koordinován a řízen tak, aby svalová aktivita byla hladká a efektivní. Jednotlivé svalové stahy, vyvolané jedním akčním potenciálem, se nazývají anglicky twitch (Pham, Puckett, 2023).

Mechanismus excitace a kontrakce kosterní svaloviny lze zjednodušit jako rychlá komunikace mezi elektrickými impulzy probíhajícími na plazmatické membráně s následným uvolněním vápníkových iontů ze sarkoplazmatického retikula, což vede ke kontrakci kosterního svalstva (Calderón et al., 2014).

### ***1.1.7 Dělení kontrakce svalu***

Z pohledu dělení svalové kontrakce se rozlišuje kontrakce izotonická a izometrická (Lindstedt et al., 2001). U izotonické aktivity sval mění svoji délku a u izometrické kontrakce si svoji délku zachovává. Dalšími podtypy izotonické kontrakce je dle Lindstedt et al. (2001) excentrická kontrakce, kdy sval zvětšuje svoji délku a kontrakce koncentrická, kdy sval svoji délku naopak zkracuje a přibližuje se k sobě tedy začátek a úpon svalu. Starší studie popisuje excentrickou kontrakci jako práci negativní, protože sval absorbuje energii vnější síly a pohyb spíše brzdí (Armstrong, 1984). U koncentrické kontrakce užívá Armstrong (1984) pojem práce pozitivní.

Symptomy DOMS mohou vyvolat všechny typy fyzické aktivity (Cheung et al., 2012). Nejvíce se ale podílí na vzniku DOMS excentrická kontrakce (Hody et al., 2019). Excentrická kontrakce dle Lewis et al. (2011) způsobuje větší mikropoškození než jiné typy kontrakcí, proto je na ní zaměřena větší pozornost.

### ***1.1.8 Excentrická kontrakce***

Excentrická kontrakce je součástí každodenních aktivit, ačkoliv se to na první pohled nemusí zdát. Napomáhá udržet hmotu lidského těla ve vzpřímené poloze a působit tak proti gravitaci. Dále umožňuje též absorbovat nárazy a skladovat tuto energii v rámci přípravy na akcelerační či koncentrickou kontrakci svalu (LaStayo et al., 2003).

Excentrická kontrakce by se dala zjednodušit jako jakési zpomalení pohybu, například u extenzorů kolene při chůzi ze schodů nebo při chůzi dolů z kopce (Gault, Willems, 2013). Pokud externí zátěž přesáhne schopnost svalu aktivně odolávat zátěži, sval je nucen se prodloužit. Takto je charakterizována excentrická kontrakce, a to jako elongace se současnou svalovou kontrakcí (Eston et al., 2000).

Stále ještě plně nerozumíme buněčným a molekulárním mechanismům, které jsou základem první reakce na poškození a pozdějších adaptací na excentrické cvičení, navzdory rostoucímu počtu výzkumů zaměřených na excentrickou kontrakci (Hody et al., 2019).

Při excentrické kontrakci je generována větší síla ve srovnání s jinými typy kontrakcí při stejné úhlové rychlosti, fenomén známý také jako excentrický paradox (Hortobágyi, Katch, 1990). Tento typ kontrakce užívá méně energie a kyslíku a menší aktivaci motorické jednotky oproti koncentrické kontrakci, konkrétně jsou náklady na metabolismus asi čtyřikrát nižší (Hody et al., 2019).

Rozdíly v aktivaci svalů jsou pozorovatelné nejen na úrovni samotného svalu, ale i v mozku. Studie ukazují, že během maximálních excentrických kontrakcí je aktivace mozku nižší, což lze vidět na menších hodnotách EMG signálů, než u maximálních koncentrických nebo izometrických kontrakcí. To ovlivňuje schopnost koordinace během excentrických pohybů, protože pro dosažení stejného výkonu je potřeba aktivovat méně svalových jednotek, což může ztěžovat jemnou motorickou kontrolu (Hoppeler, 2016).

Existují dvě primární charakteristiky excentrické kontrakce, a to její největší síla a nižší energetická potřeba, což z ní činí efektivní náhradu za tradiční trénink. Vzhledem k tomu, že bylo prokázáno to, že cvičení s velkým podílem excentrické složky má řadu pozitivních účinků na nervové řízení a zdraví celkově, mnoho odborníků v současnosti uznává, že výhody tohoto typu tréninku přesahují pouhé zlepšení svalového výkonu (Pachalis et al., 2010).

U excentrické kontrakce dochází k posunu aktinových a myozinových filament, přičemž je sval nucen se prodloužit i přes probíhající kontrakci, zároveň je vnější zátěž větší než generovaná svalová síla (Debold et al., 2005). Velká síla generovaná během excentrické kontrakce může vést k poškození sarkomer, což je často spojováno s příčinou DOMS. Poškození sarkomer následně vyvolá zánětlivou odpověď a aktivaci satelitních buněk spouštějící regeneraci a růst svalu (Imaoka et al., 2015).

Z hlediska adaptací lze zmínit zvyšování maximální svalové síly a podporu svalové hypertrofie. U častější excentrických kontrakcí lze zmínit menší riziko k poškození svalů z excentrické aktivity dle Lindsay et al. (2020), ale je třeba dalšího výzkumu pro přesnou korelaci.

### **1.1.9 Rhabdomyolýza**

U rhabdomyolýzy dochází k tomu, že se myoglobin a další intracelulární látky uvolňují do extracelulární oblasti v důsledku přímého narušení architektury kosterního svalu. Mezi příklady, které mohou způsobit poškození kosterního svalstva, patří četné faktory, včetně nadměrného sportování (například maratónský běh), kompartment

syndromu a v některých případech užívání volně prodejných látek jako je alkohol či léků na předpis jako jsou statiny, používané ke snížení hladiny cholesterolu v krvi, neuroleptika z řad antipsychotik nebo dokonce nelegálních látek jako amfetamin nebo kokain. Rozsáhlé uvolňování ionizovaného vápníku z terminálních cisteren, které spouští procesy degradace, je přímo zodpovědné za poškození buněk. Poškození kosterního svalstva způsobuje uvolňování rozkladných chemikálií, které zhoršují funkci ledvin a v extrémních situacích způsobují dokonce jejich akutní selhání s nutností dialýzy. Tyto následné důsledky rhabdomyolýzy mohou být na systémové úrovni a mohou být pro člověka potenciálně fatální (Zimmerman, Shen, 2013).

## 1.2 Pojivová tkáň

Další základní strukturou související s muskuloskeletálním systémem jsou šlachy. Šlachy jsou pruhy tuhého fibrózního vaziva, které spojují kosterní svaly s kostí. Nejčastějším způsobem úponu svalu je úpon ke kosti. Ne všechny svaly se ale takto upínají a mohou se také upínat do kůže, jako například svaly mimické, nebo do kloubních pouzder, kdy tyto svaly zabraňují uskřínutí pouzdra kloubu svým tahem (Čihák et al., 2011).

Co se týče pojivové tkáně a vzniku DOMS naznačují výsledky studie od Gibson et al. (2006), že k poškození DOMS je náchylné svalové břicho spolu se spojením mezi šlachou (anglicky tendon-bone junction), avšak šlachová tkáň zůstává nedotčena.

Wilke, Behringer (2021) poukazuje na silné zapojení pojivové tkáně do etiologie DOMS. Dokonce tato studie navrhuje, že opožděný nástup ztuhlosti měkkých tkání (anglicky delayed onset soft tissue stiffness, zkratkou DOSS) je přesnějším popisem fenoménu po fyzické námaze. V současné době však stále chybí studie, které by zkoumaly přístupy specifické pro fascie k prevenci a léčbě DOSS. (Wilke, Behringer, 2021). Fascie popisuje Comeaux (2011) jako silnější částí pojivové tkáně, které lze snadno rozpoznat a odpreparovat. Poukazuje také na to, že fascie a pojivová tkáň představuje kontinuum. U další studie Tenberg, Nosaka, Wilke (2022) bylo zjištěno, že excentrické cvičení zvýšilo tloušťku extramuskulární pojivové tkáně a symptomy DOMS.

Zjištění podporují a rozšiřují dostupné důkazy naznačující zapojení extramuskulární pojivové tkáně do patogeneze DOMS. I v tomto případě by však měly studie v budoucnu objasnit konkrétní a potenciální asociace excentrického zatížení, poškození pojivové tkáně, lokálního zánětu a DOMS (Tenberg, Nosaka, Wilke, 2022).

## 2 OPOŽDĚNÁ SVALOVÁ BOLEST

Opožděná svalová bolest, anglicky delayed onset muscle soreness (zkratkou také DOMS) je častým jevem po fyzické zátěži, která vykazuje znaky velké náročnosti a nezvyklého zatížení (Wilke, Behringer, 2021). Symptomy jako je bolest, ztuhnutí postižených měkkých tkání se objevují již hodiny po fyzické aktivitě, ale největší intenzity dosahují symptomy DOMS jeden až tři dny po cvičení (Cheung et al., 2003). Dalšími projevy jsou snížená svalová síla, zvětšení bolesti při pohybu, zatuhnutí, otok a neoptimální funkce sousedních kloubů (Hotfield et al., 2018).

I přes to, že DOMS není považováno za zásadní fenomén či onemocnění, tak je jedním z nejčastějších důvodů ke snížení výkonnosti ve sportu (Hotfield et al., 2018). Dokonce může být DOMS dle Cheung et al. (2003) považováno za jedno z nejčastějších a nejvíce se opakujících se typů sportovního zranění. Pro lepší volbu léčby a možnost uplatnit fyzioterapeutické techniky pro zmírnění symptomů DOMS je zásadním faktorem porozumění poškození svalu, patofyziologickým základům a diagnostice DOMS (Hotfield et al., 2018).

V současnosti nejsou plně pochopeny mechanismy DOMS, ale existuje mnoho hypotéz, které se pokouší tyto jevy vysvětlit. Nejvíce uznávaný princip považuje DOMS za mechanické poškození kosterního svalu způsobené excentrickým cvičením a sportovními aktivitami, na které tělo není zvyklé. To vede následně k rozkladu proteinů, autofágii a lokální zánětlivé odpovědi (Hotfield et al., 2018).

### 2.1 Klasifikace akutních poruch svalů a zranění

Aktuálně nejčastěji používaná klasifikace svalových zranění je odvozena od nálezů na magnetické rezonanci (MRI) a definuje čtyři stupně: stupeň 0 je bez patologických nálezů, u stupně 1 se vyskytuje pouze edém svalu, ale bez poškození tkáně, stupeň 2 je částečné natržení svalu a u stupně 3 je přítomno kompletní natržení svalu. Další klasifikace je z hlediska akutních poruch svalů a zranění, kde DOMS spadá pod typ 1B. Jedná se tedy o nepřímé poranění svalů s funkční odchylkou související s přetížením (Mueller-Wohlfahrt et al., 2012).

V porovnání s ostatními typy svalových zranění se DOMS odlišuje nejen svojí definicí, symptomy a klinickými nálezy, ale také lokací a možnostmi verifikace pomocí zobrazovacích metod jako je ultrasonografie nebo magnetická rezonance. DOMS nejpodobnější porucha, a to porucha svalů způsobená únavou (anglicky fatigue-induced muscle disorder, nebo dále FIMD) se od DOMS liší v několika směrech (Mueller-Wohlfahrt et al., 2012).

FIMD vzniká, když se jedinec nadměrně přetěžuje nebo je mu upraven jeho tréninkový plán. Jedná se o vymezené longitudinální zvýšení svalového tonu. DOMS naopak vykazuje znaky více generalizované svalové bolesti po neobvyklé fyzické aktivitě s deceleračními excentrickými kontrakcemi. Symptomy u FIMD jsou svalová ztuhlost, která se zvětšuje v průběhu aktivity. Bolest může být přítomna během aktivity či po ní. Naopak u DOMS se jedná o akutní zánětlivou bolest i v klidu a objevuje se až hodiny po fyzické aktivitě. U DOMS je přítomen otok spolu s omezeným rozsahem pohybu. Umístění symptomů je také jiné, přičemž u FIMD je lokalizováno na konkrétní místa až s projekcí na celý sval. V případě DOMS je postižen většinou celý sval až celá svalová skupina. Zobrazovací metody jsou v případě FIMD neúčinné a u DOMS mohou ukázat na edém (Mueller-Wohlfahrt et al., 2012).

Někteří autoři navrhují, aby se funkční zranění jako DOMS nebo FIMD klasifikovaly jako ultrastrukturální poranění (Sorg et al., 2018)

## 2.2 Diagnostika DOMS

Obecně platí, že důsledná anamnéza a klinické vyšetření s aspekcí, palpací a funkčním testováním postižených svalových skupin s odporem a bez odporu může poskytnout důležité informace o rozsahu a závažnosti svalového poranění, včetně případů DOMS (Hotfield et al., 2016).

Při manuálním diagnostickém hodnocení se DOMS často projevuje jako zřetelné vnímání svalové kontrakce, inhibice jejího působení, nebo jako redukce svalové síly. Palpace může odhalit zvýšený svalový tonus, který lze cítit přímo v oblasti postiženého svalu nebo může být přenesen do jiných částí těla (Hotfield et al., 2018).

Mueller-Wohlfahrt et al. (2012) uvádí, že prozatím není vymezena správná definice pro diferenciální diagnostiku DOMS. Existují totiž pojmy jako svalové přetížení (anglicky muscle overload), poškození svalu (anglicky muscle damage) nebo svalové zranění (anglicky muscle injury) a není mezi nimi jasná hranice.

Laboratorní vyšetření může pomoci při diagnostice DOMS. Zvýšená aktivita kreatinkinázy (zkratkou CK) v krvi, která je typicky spojována s poškozením svalů, naznačuje, že došlo k narušení integrity svalové membrány v důsledku mechanického stresu nebo metabolických změn, jako je nedostatek glykogenu během excentrického cvičení (Hotfield et al., 2018).

C-reaktivní protein (CRP) je biomarkerem, který se zvyšuje při zánětlivých reakcích a často se používá v klinické praxi k posouzení zánětu. Ačkoli interleukin 6 (IL-6) může rovněž reagovat na zánětlivé procesy, není rutinně testován mimo výzkum. Dalšími indikátory, které se mohou testovat pro posouzení stavu svalů po fyzické zátěži, jsou Pentraxin-3, který se zvyšuje po intenzivním cvičení, a laktátdehydrogenáza, která má roli v metabolismu glukózy a její zvýšené hladiny mohou indikovat poškození buněk. Mezi specifické biomarkery sloužící pro identifikaci přítomnosti rhabdomyolýzy, patří dle Stanley et al. (2023) myoglobin, který se uvolňuje do krevního oběhu po poškození svalových vláken. Všechny tyto markery jsou považovány za nespecifické a neměly by být používány jako jediný zdroj pro diagnostiku DOMS nebo rhabdomyolýzy (Hotfield et al., 2018)

Další možností, jak diagnostikovat DOMS jsou zobrazovací metody jako je například využití magnetické rezonance. Magnetická rezonance (MRI) je považována za nejpřesnější metodu pro diagnostiku DOMS, umožňuje detailní obrazování svalových lézí. MRI se doporučuje provádět ve třech rovinách: axiální, koronární a sagitální, přičemž tloušťka řezu by neměla být větší než 4 mm, aby bylo možné zachytit i drobná poranění. Zobrazovací metody jako ultrazvuk a MRI jsou klíčové pro stanovení míry svalového poškození. Optimální načasování pro MRI vyšetření je 24 až 72 hodin po vzniku symptomů, aby bylo možné detekovat změny jako intramuskulární edém. Přestože je důležité respektovat individuální rozdíly v projevu DOMS, charakteristické je to, že nezahrnuje úplné ani částečné natržení svalů či šlach (Hotfield et al., 2018).

U jakéhokoli zranění, které zvyšuje možnost strukturálního poškození svalu, je doporučeno MRI. Určení přítomnosti edému a jeho rozsahu s možným nálezem strukturální léze je snazší s použitím MRI. MRI je také užitečná při ověřování místa poranění a případného postižení šlach. Je však třeba poznamenat, že MRI sama o sobě není dostatečně citlivá k určení přesného stupně poškození svalové tkáně (Mueller-Wohlfahrt et al., 2012).



Ultrasonografie je další metodou používanou k diagnostice svalových poranění, ale ve srovnání s jinými zobrazovacími technikami není příliš přesná. U jiných stavů jsou specifickými změnami ve svalu jeho ztlustění a alternace v pennačním úhlu, obvykle pozorované u svalů s DOMS. To je potřeba porovnat s kontralaterální končetinou nebo opačnou stranou těla, aby došlo ke správnému vyhodnocení (Hotfield et al., 2018). Časný póúrazový ultrazvuk mezi 2 a 48 hodinami po svalovém traumatu poskytuje užitečné informace o jakékoli existující svalové lézi, zejména pokud oblast obsahuje hematom nebo pokud klinické vyšetření ukazuje na funkční poruchu bez známek strukturálního poškození (Peetrons, 2001).

Kontrastní ultrazvuk (CEUS) je nová technika ve srovnání s klasickým ultrazvukem ve stupních šedi a ukazuje se, že umožňuje lepší způsob vizualizace svalů i při detekci nejmenších lézí. Tato metoda může ukázat změny v prokrvení svalů díky své dynamice kontrastu. Další ultrazvukovou metodou je akustický radiační silový impuls (ARFI), jehož aplikace je v lékařství velmi různorodá a umožňuje posoudit tkáň bez aplikace invazivní biopsie. ARFI funguje na principu, že tkáň reaguje na sílu podle své viskoelastické síly, ovlivňuje také rychlost smykové vlny a může indikovat i tuhost tkáně. Tím pádem může ARFI sloužit jako zobrazovací marker pro ultrastrukturální poškození svalů v tom smyslu, že by mohl být užitečný při sledování pro hodnocení účinnosti některých léčebných postupů (Hotfield et al., 2018).

### 2.3 Příčiny a teorie vzniku DOMS

Zcela přesná příčina vzniku DOMS není známá. Nyní se jako nejpravděpodobnější příčina uvádí mikroskopické poškození svalů a následná zánětlivá reakce. Spolu s ní probíhá degradace proteinů a apoptóza buněk (Hotfiel et al., 2018).

V poslední dekádě bylo vytvořeno mnoho hypotéz, které se snaží vysvětlit etiologii DOMS (Heiss et al., 2019). Existuje tak mnoho teorií k vysvětlení principu vzniku DOMS jako je například nadměrná produkce laktátu, mikroskopické poškození svalu, zánět či akumulace metabolitů (Wilke, Behringer, 2021). Mezi další teorie vzniku DOMS uvádí Cheung et al. (2003) spasmus svalu, poškození pojivové tkáně a enzymový eflux. Přesto se předpokládá, že na vysvětlení vzniku DOMS se podílí dvě nebo více teorií zároveň (Cheung et al., 2003).

Laktát dříve považovaný za hlavní příčinu DOMS, se ukázal jako nepravděpodobný původce. Ačkoli je během intenzivního cvičení ve svalech přítomný ve zvýšených koncentracích, jeho hladiny se hodinu po cvičení normalizují. To zpochybnilo roli laktátu v etiologii DOMS, jelikož byla předtím spojována s akutní bolestí způsobenou únavou. Navíc zjištění, že fyzická aktivita obsahující především koncentrické kontrakce svalů, které vyžaduje vyšší metabolismus, nevede k DOMS pomohlo k vyvrácení této teorie (Cheung et al., 2003).

Teorie svalových spasmů je odvozena od zjištění, že excentrické cvičení zvyšuje klidovou svalovou aktivitu. Podle této teorie může nadměrná aktivita vyústit v tonické křeče motorických jednotek, což způsobuje omezení krevního oběhu a hromadění látek způsobující bolest a ischemii. Výsledky elektromyografie (EMG) jsou však rozporuplné. Zatímco některé studie zjistily zvýšení EMG aktivity v poškozených svalech, jiné nenalezly vůbec žádnou změnu, ani v případě porovnání s percepcí bolesti (Cheung et al., 2003).

Další teorie tvrdí, že narušení pojivové tkáně je etiologickým faktorem pro vznik DOMS, konkrétně porušení obalů myofibril. Různé typy svalových vláken mají odlišné složení i obsah pojivové tkáně. Vlákná typu II (s rychlým stahem) mají ve srovnání s vláknem typu I (s pomalým stahem) robustnější strukturu. Proto mohou vlákna s rychlým stahem vykazovat zvýšenou citlivost ke zranění způsobené nadměrným zatěžováním a protažením pojivové tkáně, což může vést k bolestem svalů. Laboratorní výsledky dokládají, že po fyzické aktivitě dochází k vylučování hydroxyprolinu a hydroxylysinu v moči. Přítomnost těchto aminokyselin v moči signalizuje degradaci kolagenu způsobenou napětím nebo přetížením. Na druhou stranu, zvýšené množství těchto látek v moči může naznačovat nejen rozklad kolagenu, ale i jeho syntézu. Zatím není zřejmý přesný patofyziologický proces zvýšení množství těchto látek (Cheung et al., 2003).

Další teorií vysvětlující vznik DOMS je teorie poškození svalu. Princip této teorie spočívá v tom, že mechanické poškození svalové tkáně, zejména během excentrického cvičení, vede k mikrotraumatům myofibril. Toto poškození svalové struktury, a to zejména Z-linií a sarkomer, způsobuje zánětlivou reakci a následnou bolest. V průběhu excentrických kontrakcí svaly generují větší sílu, což je částečně dáno aktivním prodlužováním svalových vláken. Tento zvýšený stres na svalové vlákna může přispět k jejich poškození, zejména u rychlých motorických jednotek, které jsou náchylnější k poškození. Poškození svalu a následná bolest jsou charakteristické pro DOMS, které mohou nastat i při zatížení se střední intenzitou, zejména pokud jsou aktivity nezvyklé a špatně koordinované (Hotfield et al., 2018).

Mechanické poškození se nachází především u svalových vláken typu II, které mají nejuzší a nejslabší Z-linie. Nociceptory nacházející se v okolí poté tělu předají signál bolesti (Cheung et al., 2003).

Další teorie je dle Cheung et al. (2003) založena na zánětlivé odpovědi, jako je edém nebo infiltrace zánětlivých buněk. V článku Connolly et al. (2003) tvrdí, že excentrické cvičení způsobuje mechanický stres, který poškozuje buněčné membrány a umožňuje vstup vápníku do buněk. Tento vápník aktivuje enzymy, jako je fosfolipáza A2, která štěpí kyselinu arachidonovou z buněčných membrán (Conolly et al., 2003). Uvolněná arachidonová kyselina je následně metabolizována na zánětlivé mediátory, jako jsou prostaglandiny a leukotrieny, které zvyšují propustnost cév a citlivost nervů, což vede k bolesti (Conolly et al., 2003). Leukotrieny přitáhnou neutrofile do poškozené oblasti, kde mohou uvolnit toxické látky a způsobit další škody. Tyto látky přilákají monocyty a neutrofile k místu zranění, což vede k otoku způsobeného přítokem proteinově bohaté tekutiny (Conolly et al., 2003). Cheung et al. (2003) zmiňuje, že tato teorie může částečně vysvětlovat, proč bolest nastává po určitém čase se zpožděním a proč je spojena s maximálními hladinami otoku.

Teorie úniku enzymů (anglicky enzyme efflux theory) předpokládá, že po poškození sarkolemy dochází k hromadění vápníku ve svalových buňkách, což brání obnově ATP nezbytného pro transport vápníku zpět do sarkoplazmatického retikula. Tato akumulace vápníku také aktivuje další enzymy, které dále poškozují sarkolemu a vyvolávají produkci zánětlivých látek, jako jsou leukotrieny a prostaglandiny. Tento proces vede k poškození svalových vláken a vyvolává bolest, což je hlavní princip, jakým může dojít k poškození svalu a následné bolesti (Cheung et al., 2003).

Excentrické kontrakce jsou klíčové pro vznik DOMS, jelikož se při nich svaly prodlužují pod zátěží a musí vyvinout vyšší sílu než při koncentrickém kontrakci. Tento jev může vést k poškození, zejména u rychlejších svalových vláken typu II. Vysoké napětí ve svalových vláknech je způsobeno zvýšenou tuhostí titinu a jeho interakcí s aktinem, což umožňuje ukládání a uvolňování energie. Riziko poškození se zvyšuje kvůli aktivaci menšího počtu motorických jednotek a může být komplikováno nedostatečnou koordinací a neurologickými problémy. Je zásadní další výzkum pro hlubší pochopení etiologie DOMS jako důsledku fyzické aktivity (Hotfiel et al., 2018).

Indukce strukturálního poškození svalové tkáně je ovlivněna několika faktory, z nichž významné jsou rychlost prodloužení svalu, délka fyzické aktivity a maximální síla vyvinutá během kontrakce. Zjištění naznačují, že přestože může být maximální síla považována za důležitý faktor, klíčovým determinujícím prvkem je rychlost, s jakou dochází k prodloužení svalu. U excentrických kontrakcí, kde sval produkuje sílu, zatímco se prodlužuje, vztah mezi intenzitou poškození a rychlostí prodloužení může být vysvětlen mechanismem cyklu příčných můstků. Příčné můstky jsou struktury tvořené interakcemi mezi myosinovými hlavami a aktinovými filamenty, které umožňují svalovou kontrakci. Předpokládá se, že při pomalých rychlostech prodloužení může cyklus příčných můstků udržet krok se změnou délky svalu bez značného poškození. V tomto případě je cyklus dostatečně rychlý na to, aby se příčné můstky stihly včas rozpojit a znovu spojit, čímž se minimalizuje riziko poškození. Při vyšších rychlostech prodloužení však cyklus příčných můstků nestíhá adekvátně reagovat na rychlé změny délky svalu. Tato neschopnost cyklu udržet krok s rychlými změnami vede k nadměrnému napětí na svalových vláknech a jejich strukturách, což může mít za následek mikroskopické poškození tkáně (Kuipers, 1994).

Je důležité poznamenat, že během sportu nebo obecně fyzické aktivity však téměř nikdy nedochází k izolovaným excentrickým kontrakcím, jak se používá v mnoha modelech DOMS. Místo toho jsou při sportovních aktivitách, jako je běh, změna směru nebo skoky excentrické kontrakce kratší a jsou součástí celého cyklu protažení a zkrácení (Nicol et al., 2006).

Celkově lze zjednodušeně shrnout fyziologický mechanismus etiologie DOMS tak, že začíná zatížením sarkomer během cvičení. Rozpad této funkční jednotky svalu vede k intracelulární akumulaci vápníku a následnému poškození sarkomer, což zvyšuje nároky na okolní pojivovou tkáň. Toto poškození vyvolává zánětlivou reakci s aktivací zánětlivých buněk a cytokinů, které zesilují vnímání bolesti. Manipulace svalů a aktivní

pohyb mění intramuskulární tlaky a stimulují mechanoreceptory, což přispívá k pocitu bolestivosti (Lewis et al., 2012).

## 2.4 Symptomy a důsledky DOMS

Manifestace DOMS je dle Hotfiel et al. (2018) založena na komplexních systémových fyziologických odpovědích. Čím větší je intenzita tréninku a jeho délka, tím závažnější jsou následně i symptomy DOMS (Cheung et al., 2003). Nejdřívější klinické manifestace se začínají projevovat 6 až 12 hodin po cvičení. Projevy jsou způsobeny takzvaným poškozením svalů způsobené cvičením (anglicky exercise-induced muscle damage, zkratkou EIMD), přičemž největšího rozměru dosahují 48 až 72 h po EIMD. Symptomy následně odeznívají 5 až 7 dní (Hotfiel et al., 2018).

EIMD je jev, ke kterému obvykle dochází po období intenzivní fyzické aktivity. Nejvyšší stupeň poškození svalu je způsoben excentrickými kontrakcemi, které vyvolávají nucené prodloužení svalu během cyklu příčných můstků (Boyd et al., 2023).

DOMS se projevuje na buněčné úrovni jako elektrolytická nerovnováha, zvýšená přítomnost leukocytů a zánětlivých cytokinů, které zvyšují propustnost cév a narušují mikrocirkulaci. Ultrazvukové vyšetření ukázalo zvýšený přítok krve do svalu až 60 hodin po fyzické aktivitě a změnu zánětlivých buněk v postiženém svalu. Poškození svalu může být spojeno s vyššími hladinami vápníku v buňkách, což může vést k dalšímu poškození tkáně (Hotfiel et al., 2018).

Bolest může být způsobena hromaděním tekutin v svalu, což vede k otoku a je doprovázeno uvolňováním zánětlivých faktorů. Satelitní buňky, které se nachází pod svalovou membránou, hrají důležitou roli v opravě poškozeného svalu. Tyto buňky jsou aktivovány po svalovém poškození a mohou být stimulovány různými signály k opravě a regeneraci. Jejich přesný mechanismus účinku v kontextu EIMD je však stále předmětem výzkumu. Tyto buňky jsou aktivovány po svalovém poškození a mohou být stimulovány různými signály k opravě a regeneraci (Hotfiel et al., 2018).

Typické příznaky DOMS zahrnují ztrátu svalové síly, bolest, citlivost, ztuhlost a otoky. Tyto příznaky jsou kvantifikovány různými proměnnými. Ztráta svalové síly obvykle nastává bezprostředně po cvičení a vrcholí do 48 hodin, s kompletním zotavením trvajícím více než 5 dní. Bolest a citlivost svalů dosahují maxima mezi prvním a třetím dnem po cvičení a obvykle odezní do 7 dní. Ztuhlost a otoky jsou nejvýraznější 3 až 4 dny po zátěži a obvykle zmizí do deseti dní. Tyto příznaky se mohou objevit i nezávisle na sobě, přičemž bolest a ztuhlost jsou více spojeny se

zánětlivou reakcí než s přímým poškozením svalu (Connolly et al., 2003). Snížení svalové síly souvisí s buněčným poškozením a zánětlivou odpovědí. Narušení integrity membrány a problémy s excitací a kontrakcí významně ovlivňují svalovou funkci (Lewis et al., 2012)

Svalová bolest, která se objevuje po cvičení, může začít jako lokalizovaná citlivost reagující na pasivní manipulaci a aktivní pohyb, a postupně se rozvíjet do rozsáhlejší bolesti s výraznými body bolesti v oblastech svalově-šlachových spojení. Bolest je klinicky důležité rozlišit od jiných typů zranění, jako jsou ruptury ligament nebo kostní defekty, které mohou být spojeny s traumatem. K určení příčiny bolesti lze využít diagnostické postupy zahrnující aktivní a pasivní pohyby, které prověřují, zda bolest pochází ze svalové nebo nesvalové etiologie (Lewis et al., 2012).

U DOMS se může vyskytnout nesouměrná bolest svalů způsobená cvičením může být vysvětlena specifickou intramuskulární architekturou svalů. Různé typy kontrakcí aktivují odlišné části svalové struktury, což vede k odlišnému rozvoji elektrické aktivity, hypertrofie a sil v určitých oblastech svalu. Při fyzické aktivitě, na kterou člověk není zvyklý, mohou nedostatečně rozvinutá vlákna svalu snadno podléhat přetížení a poškození, což vede k zánětu a následně nociceptivní odpovědi specificky lokalizované v těchto oblastech (Lewis et al., 2012).

Jelikož DOMS zmenšuje schopnost svalů tlumit nárazy a zmenšuje též rozsah pohybu v kloubu, může mít DOMS dopad na sportovní výkon. Vazy ve svalech a šlachy mohou být vystaveny neobvyklému stresu v důsledku změn ve stavbě svalů a motorických jednotek. Příliš brzké obnovení sportovní aktivity tak může přispět ke zraněním v důsledku těchto kompenzačních procesů (Cheung et al., 2003).

Příznaky DOMS jsou svou povahou a závažností podobné příznakům akutní svalové bolesti vyvolané cvičením, ale objevují se přibližně 24 hodin poté, co sportovec skončil s fyzickou aktivitou. Maximální projev symptomů můžeme pozorovat 72 hodin po cvičení a postupně projevy slábnou v rámci pěti až sedmi dní. Ačkoli se tyto stavy v průběhu času projevují různými způsoby, existuje podobnost se závažnějšími příčinami bolesti, jako je únavová zlomenina, natažení a natržení vazy nebo šlachy, což může být nebezpečné (Lewis et al., 2012).

## 2.5 Akutní svalová bolest

Na rozdíl od příznaků DOMS, které se začínají projevovat typicky v rozmezí 8 až 24 hodin po fyzické námaze podle Isabell et al. (1992), může akutní svalová bolest trvat pouze 4, v některých případech až 6 hodin po aktivitě (Lewis et al., 2012). Tato bolest je dle Lewis et al. (2012) okamžitá, objevuje se během cvičení nebo krátce po něm a je spojena s větší citlivostí, bolestí a ztuhlostí svalů. Oproti DOMS, která může trvat několik dní, jsou symptomy akutní svalové bolesti relativně krátkodobé a pomíjející, obvykle trvající jen několik hodin (Lewis et al., 2012).

## 2.6 Trénink, přetížení a přetrénování

S tématem DOMS souvisí i pochopení tréninku a přetížení. Úspěšným tréninkem nebo cvičební jednotkou se rozumí nejen přetížení, které je charakterizováno jako neexcesivní, s vyvarováním neadekvátní regenerace. Sportovci mohou pociťovat krátkodobý pokles fyzické výkonnosti, bez negativních psychických důsledků. Přetížení v trénincích má za následek v dlouhodobém horizontu zlepšení fyzické výkonnosti po regeneraci, označovaný jako přetrénování. Avšak pokud sportovci či trenéři nerespektují hranici mezi tréninkem a regenerací, mohou se vyskytnout dle Meusen et al. (2013) dva syndromy nefunkční přetížení (anglicky nonfunctional overreaching, NFO) a syndrom přetrénování (anglicky overtraining syndrom, OTS). Důsledkem obou syndromů je pokles fyzické zdatnosti, vysoká míra únavy a hormonální nerovnováha (Buyse et al., 2019).

Buyse et al. (2019) poukazuje na to, že rozlišovacím prvkem mezi NFO a OTS je závažnost, přičemž u OTS jsou symptomy přítomny ve větší míře. Přesné rozdělení je ale i přesto složité, proto European College of Sport Science a American College of Sports Medicine navrhuje, že čas je stěžejní pro odlišení těchto syndromů. Plné navrácení fyzické zdatnosti z NFO trvá týdny a měsíce. K určení není dle Budgett et al. (2000) zapotřebí znát tréninkový plán nebo stupeň poškození. U OTS je původní fyzická zdatnost navrácena až v rámci měsíců až roků. Pokles fyzické zdatnosti je jediný možný důsledek u OTS, avšak u NFO se může vyskytovat i stagnace fyzické zdatnosti. I přes tyto vlastnosti není dle Meusen et al. (2013) diferenciální diagnostika přesná a nelze jednotlivé typy přesně odlišit. Někdy se dokonce popisuje NFO syndrom jako častý jev u elitních sportovců kvůli relativně rychlému návratu fyzické výkonnosti do normálu a superkompenzatornímu efektu (Halson, Jeukendrup, 2004).

## 2.7 Rhabdomyolýza a porovnání s DOMS

Extrémní forma DOMS se označuje jako zátěží indukovaná rhabdomyolýza. Vyskytuje se obvykle po nezvyklém vyčerpávajícím cvičení, zejména v horkém počasí, a projevuje se zvýšeným množstvím enzymu v séru, otokem, bolestivostí a ztuhlostí svalů, horečkou, nevolností a zvracením (Armstrong, 1984).

Současný výzkum dle Stanley et al. (2023) ukazuje, že, poškození svalů vede ke vstupu sodíkových a vápenatých iontů do svalových buněk. Buňky nabobtnají a dojde k narušení struktur. Nadměrná koncentrace vápníku vede ke smrštění buněk, vyčerpání zásob ATP a k aktivaci enzymů rozkládající membrány buňky a iontové kanály. Při reperfúzi se do svalu dostávají leukocyty spouštějící zánětlivou odpověď. Látky z poškozených svalů jako je například draslík, myoglobin, kreatinkináza a další se dostávají do krve, což může vést k vážným komplikacím. Stanley et al. (2023) dále uvádí, že vysoké hladiny myoglobinu v plazmě mohou vést k akutnímu selhání ledvin kvůli poškození renálních tubulů.

Další příznaky zahrnují dehydrataci, hyperkalémii, hypokalcémii, hypoalbuminémii a zvýšené hladiny kreatininu v krevní plazmě (Armstrong, 1984). Ze začátku může vápník v krvi poklesnout, později však může být vápníku v krvi nadbytek (Stanley et al., 2023).

Většina svalových zranění a přetíženích je dočasná a omezená na DOMS nebo uvolnění určitých enzymů. Na druhou stranu rhabdomyolýza, často vyvolaná extrémním výkonem, může způsobit značné škody. Může se objevit i u zdravých jedinců, kteří intenzivně sportují. K zátěží indukované rhabdomyolýze dochází spíše u dehydratovaných jedinců. Zvýšené plazmatické koncentrace draslíku a náhlé selhání ledvin, které může vyústit v srdeční arytmii, jsou dobře známé vedlejší účinky rhabdomyolýzy. K rhabdomyolýze může dojít nejen u lidí, ale je běžně pozorována i u zvířat (Kuipers, 1994).



### 3 PREVENCE A TERAPIE SYMPTOMŮ DOMS

Ve vrcholových sportech hraje zmírnění symptomů DOMS a regenerace klíčovou roli. Prevence a léčba DOMS, které bylo způsobena EIMD, je stěžejní částí znovuzískání kapacity pro výkon ve sportu (Hotfiel et al., 2019).

DOMS a následná bolest a nepohodlí mohou bránit fyzickému tréninku, výkonu i každodenním činnostem. Proto má prevence DOMS velký význam pro lékaře, terapeuty i trenéry (Szymanski, 2001).

Mnoho studií porovnávalo různé druhy intervencí pro prevenci nebo zmírnění symptomů, a to pozitivní a negativní termoterapii, kompresní terapii, masáž, fyzioterapii a úpravu nutriční. Léčba se zaměřuje jak na primární prevenci ultrastukturálních poškození svalů během cvičení, tak i posléze na terapii inflamatorní odpovědi, která vede k DOMS (Heiss et al., 2019). Cheung et al. (2003) uvádí, že cílem mnoha studií bylo určit metody prevence DOMS. Skutečnost, že neexistuje žádné osvědčené preventivní opatření a široká škála terapeutických možností, lze většinou přičíst neúplné znalosti přesných mechanismů za DOMS (Cheung et al., 2003).

Do současné doby byla prozkoumána řada léčebných přístupů s cílem předcházet nebo mírnit symptomy DOMS s účelem urychlení zotavení. Intervence s cílem regenerace po cvičeních vyvolávajících DOMS jsou zvláště důležité ve vrcholovém sportu. Je to z toho důvodu, že zotavení z poškození svalů vyvolaného cvičením (anglicky exercise induced muscle damage, zkratkou EIMD) a prevence DOMS jsou zásadní pro znovuzískání původní svalové síly a výkonnosti. Dokonce vytvoření ideálního regeneračního programu je dnes velmi probíraným tématem na úrovni elitního sportu (Heiss et al., 2019).

Většina terapeutických přístupů zaměřených na léčbu poškození svalů vyvolaného excentrickým cvičením se snaží redukovat zánětlivou reakci, která je typická pro tento typ zátěže. Zánět je často považován za nežádoucí kvůli spojené bolesti a diskomfortu. Nicméně, zánětlivý proces je zásadní pro odstraňování nekrotické tkáně a vytváření prostředí podporujícího reparaci, a tedy je považován za nezbytný a prospěšný (Connolly et al., 2003).

Existují však celkem tři úrovně, kde může léčba DOMS pomoci a zlepšit symptomatický projev. První z nich je primární prevence během cvičení a snaha zabránit ultrastrukturálnímu poškození tkání. Druhou je léčba zánětlivé odpovědi na EIMD. Poslední možným typem terapie je ve stádiu již rozvinutých symptomů DOMS (Heiss et al., 2019).

### 3.1 Negativní termoterapie

Cold water immersion therapy (anglickou zkratkou CWI) je forma negativní termoterapie, která se používá k odebírání tepla z těla a zmírnění symptomů po EIMD. CWI snižuje perfuzi krve a teplotu v postižené oblasti, což vede k vazokonstrikci a redistribuci krve. Tento proces pomáhá odstraňovat metabolity a vytváří osmotický gradient mezi intravaskulárním a intracelulárním prostorem. Ačkoli je CWI užitečná pro celotělovou regeneraci, pro lokální svaly a menší svalové skupiny se méně doporučuje kvůli snížení perfuze tkáně. Metanalýzy naznačují, že CWI může být mírně efektivnější než pasivní kontrolní opatření pro zmírnění DOMS až do 96 hodin. Ideální teplota pro CWI je 11 až 15 stupňů Celsia po dobu 11 až 15 minut. Nicméně, studie se výsledky liší a účinnost CWI může být individuálně rozdílná (Heiss et al., 2019).

Celotělová kryoterapie (anglicky whole body cryotherapy, WBC) patří k dalším typům negativní termoterapie. Původní záměr této metody bylo využití u pacientů s nemocemi postihující pohybový aparát jako je revmatismus, revmatoidní artritida, roztroušená skleróza a také u kožního onemocnění jako je lupénka. Nyní se využívá i ve vrcholovém sportu. Kryoterapie zahrnuje vystavení těla extrémně chladnému vzduchu pod minus sto stupňů Celsia na 2 až 5 minut po cvičení. I přes její rozšířené použití, důkazy o její efektivitě v léčbě DOMS jsou omezené. Nejsou jasně definovány ani optimální frekvence, teplota či časování aplikace WBC, ačkoli se očekává, že by mohla zkrátit dobu zotavení a omezit zánětlivou odpověď na EIMD (Heiss et al., 2019).

### 3.2 Pozitivní termoterapie

Celková pozitivní termoterapie způsobuje v těle generalizovaným snížením svalového tonu, čímž snižuje endogenní tvorbu tepla. Například u saunování je při maximální evaporaci organismu tělesné jádro schopné udržet si teplotu na vcelku normálové teplotě, i přes to, že teplota suchého vzduchu v sauně může dosahovat sta stupňů Celsia (Poděbradský, s. 156). Teplo se používá pro léčbu poranění měkkých tkání velmi často (Heiss et al., 2019)

Po cvičení poškozujících svaly je primárním cílem snížit zánětlivou reakci, nejprve pomocí chladicích technik. Na základě patofyziologických teorií lze v pozdějších fázích rekonvalescence využít lokální a celotělové tepelné ošetření. Při aplikaci tepla je třeba pečlivě vzít v úvahu různé fáze regenerace. Aplikace tepla může během počáteční fáze zánětu nebo v akutní fázi po cvičení naopak zesílit zánětlivou reakci. Protože teplo zvyšuje perfuzi tkání krví, jeho aplikace může být výhodná později v procesu zotavení po klinickém vrcholu DOMS. Použití tepla jako preventivního opatření proti poranění měkkých tkání si v poslední době získalo pozornost. Je známo, že teplo snižuje degradaci proteinů a poškození buněk v buňkách kosterního svalstva (Heiss et al., 2019)

Teplo může zlepšit funkci svalů tím, že zvyšuje expresi genů důležitých pro vývoj a růst svalů. Efektivita mikrovlnné diatermie, která se používá k prevenci svalové bolesti a podporuje regeneraci po cvičení, se liší v závislosti na studii. Bylo prokázáno, že teplo přispívá k nárůstu svalové hmoty, což je pro silový trénink výhodné. Nicméně, je potřeba dalšího výzkumu k určení nejlepšího časování a celkového přínosu pozitivní termoterapie pro obnovu svalové funkce (Heiss et al., 2019).

### 3.3 Kompresní terapie

Kompresní terapie je zařazena ve fyzikální terapii k mechanoterapii. Ta obecně spočívá ve využití mechanické energie k terapeutickým účelům. U kompresní terapie princip spočívá ve využití zevní síly a změny tlaku na danou oblast. (Poděbradský s. 173). Komprese je součástí léčby hluboké žilní trombózy nebo chronické žilní insuficience, ale může být však také využívána jako způsob zlepšení výkonu ve sportu a urychlení následné regenerace (Heiss et al., 2019).

I u této metody je její efektivita na EIMD a DOMS některými studii podpořena, jinými naopak spíše vyvrácena. V těchto studiích je použita různá metodika, různé načasování, délka trvání kompresivní terapie spolu s odlišnými tréninkovými plány a cviky, proto jsou i výsledky nekonzistentní a je nemožné vyvodit přesný závěr. Z pohledu zvýšení výkonnosti ve sportu je kompresní terapie neúčinnou metodou, avšak pro zlepšení regenerace svalů po EIMD je komprese efektivní (Heiss et al., 2019).

### 3.4 Masáž

Z hlediska hodnocení účinku masáže na symptomy DOMS, je velmi těžké jednotlivé studie porovnat. Hlavním důvodem je nepříliš podrobný metodologický popis a vzájemná porovnatelnost mezi studii. Potenciální přínosy z masáže vyplívají z modulace činnosti parasympatiku, zvýšení průtoku lymfy a rychlejší odstranění metabolitů a psychologická nastavení zmírňující vnímání bolesti (Heiss et al., 2019)

Micklewright (2009) zkoumal účinek hluboké masáže, konkrétně techniku soft tissue release (zkratkou STR) na symptomy DOMS. Výsledky ukázaly, že STR dokonce může zesílit pocit DOMS a nezlepšuje rychlost zotavení během prvních 48 hodin. Studie dále naznačuje, že hluboká a agresivní manipulace s poškozenými svaly, která je typická pro STR, nepřináší lepší výsledky v zotavení oproti jemnějším masážním technikám. Dle Micklewright (2009) je třeba dalšího výzkumu ohledně vztahu mezi manuální manipulací poškozených tkání a mechanismy regenerace tkání na buněčné úrovni. To by mohlo objasnit účinnost masážních a jiných manuálních manipulačních technik.

### 3.5 Aktivní formy regenerace

Cvičení s nízkou intenzitou je považováno za efektivní při dočasném zmírnění bolesti způsobené DOMS, což může být způsobeno odstraněním svalových adhezí, zlepšeným odstraňováním metabolitů kvůli většímu průtoku krve nebo zvýšeným uvolňováním endorfinů. Výsledky studií však ukazují smíšené výsledky, kde některé hlásí přínosy a jiné nepozorují žádné zásadní rozdíly oproti kontrolním skupinám (Heiss et al., 2019).

Co se týče stretchingu, výzkumy včetně randomizovaných kontrolovaných studií a systematických přehledů ukazují, že protahování, ať už dynamické, statické nebo kombinované před a po cvičení, nemá významný vliv na léčbu DOMS (Heiss et al., 2019).

Foam rolling, populární technika self-myofascial release, byl studován pro své potenciální regenerační účinky v kontextu EIMD a DOMS. Výsledky těchto studií jsou nekonzistentní ve vztahu k vylepšení výkonu, ale ukazují konzistentní snížení subjektivně vnímané bolesti z DOMS (Heiss et al., 2019).

Flossing, novější metoda využívající elastické pásky pro dočasné snížení průtoku krve, získává na popularitě pro údajné přínosy jako zlepšená regenerace a výkon. Avšak nedávné studie nenašly žádný významný dopad na symptomy DOMS nebo na regeneraci po cvičení. Celkově jsou výsledky různých metod regenerace smíšené a zdůrazňují potřebu dalšího výzkumu k objasnění jejich fyziologických mechanismů a efektivity (Heiss et al., 2019).

### **3.6 Další formy terapie symptomů DOMS**

Mezi další techniku patří použití terapeutické ho ultrazvuku. Jeho efektivita je ale předmětem kontroverze. Některé výzkumy zpochybňuje jeho účinky jiné naopak zjistili uspokojivé výsledky. Další metoda z fyzikální terapie, a to elektrostimulace dosud neukázala výhody proti pasivního odpočinku. Využití rázové vlny neukázalo příznivé účinky v raných stádiích DOMS, avšak naznačují potenciální přínos v rámci 48 až 72 h po tréninku. Akupunktura z tradiční čínské medicíny získává v posledních desetiletích na popularitě. Výsledky však také neukázaly pozitivní přínos (Heiss et al., 2019)

### **3.7 Farmakologická léčba symptomů DOMS**

Užívání nesteroidních protizánětlivých léků (anglicky non-steroidal anti-inflammatory drugs, zkratkou NSAID), jako je diklofenak, je běžné pro léčbu zranění svalů a DOMS. Poskytují úlevu od bolesti a omezují zánětlivou reakci, avšak mohou omezovat schopnost svalů se regenerovat. Výzkumy rovněž zkoumají účinky výživových doplňků jako rozvětvené aminokyseliny (anglicky branched-chain amino acid, zratkou BCAA), omega-3 mastných kyselin a antioxidantů, které mohou mírnit DOMS, zejména pokud jsou přijímány ve vysokých dávkách před aktivitou. Přestože některé studie ukazují slibné výsledky, existují omezení kvůli malým vzorkům a rozdílům v metodice. Před užíváním doplňků je doporučeno vyšetření a dbát opatrnosti na možnou chemickou interakci, či předávkování (Heiss et al., 2019).

## 4 MASÁŽNÍ PISTOLE A DOMS

Masážní pistole jsou moderním nástrojem pro hlubokou tkáňovou masáž. Tyto přístroje využívají rychlé vibrace, aby cíleně uvolnily napětí a zlepšily krevní oběh ve svalové tkáni. Jsou ceněny zejména pro svou schopnost rychle zmírňovat bolest, zlepšovat pohyblivost a urychlovat regeneraci po EIMD. Díky své přenositelnosti a snadnému použití si získaly masážní pistole oblibu nejen mezi profesionálními atlety, ale i mezi běžnými uživateli, kteří hledají efektivní řešení pro péči o své tělo.

### 4.1 Vibrační terapie

Vibrační terapie (anglicky vibration therapy, zkratkou VT) zahrnuje více technik z mechanoterapie používající vibrace jakožto terapeutického prostředku. Existují dva základní typy aplikace. První z nich jsou lokální vibrace (anglicky local vibration, zkratkou LV) aplikované přímo do svalu nebo šlachy. Druhým typem jsou celotělové vibrace (anglicky whole body vibration, zkratkou WBV) prováděné vibračními plošinami nebo zařízeními připevněnými k posilovacím strojům (Cochrane, 2017).

Masážní pistole spadající po LV je specifický nástroj, užívající se pro lokální vibrační terapii. Pistole se může zacílit přímo na svaly postižené DOMS a efektivněji tak příznaky DOMS zmírňovat.

Větší množství studií se zabývalo spíše WBV a její dopad na funkci svalů, i přes to, že platformy WBV jsou velmi drahé a nabízejí velmi malou přenositelnost a nejsou tak časté jako přístroje aplikující LV (Pamukoff et al., 2014)

WBV stimuluje více receptorů na celé dolní končetině a ovlivňuje frekvenci a aktivaci motorické jednotky, ovlivňuje tuhost svalů, intramuskulární koordinaci a centrální motorický příkaz. Neurofyziologické účinky se mezi LV a WBV mohou tím pádem lišit. Účinky LMV jsou však pravděpodobně omezeny na receptory v blízkosti stimulace a vznikají z neurogenního potenciálu prostřednictvím tonického vibračního reflexu po stimulaci svalového vřetenka (Pamukoff et al., 2014).

Účinnost LV a WBV se liší kvůli odlišným schopnostem svalů absorbovat vibrace. U LV aplikované přímo na svaly, mohou být svaly více ovlivněné vibracemi než u WBV, u které jsou vibrace tlumeny svaly kolem kloubů. Účinnost vibrací také závisí na frekvenci, se kterou jsou aplikovány a je třeba dalších studií k jejich dlouhodobým účinkům. (Pamukoff et al., 2014)

## 4.2 Historie a vývoj vibrační terapie

Historie využívání vibrací pro léčebné účely sahá do antického Řecka, kde byly první pokusy o využití vibrací zaznamenány u léčitelů, kteří používali látku omotanou kolem zraněné části těla. Jeden konec látky byl připevněn k ohebné pile, což umožňovalo generování mechanických vibrací a podporovalo proces hojení. V Japonsku byl tlak a vibrace z bicích nástrojů používán v šestnáctém století ke zmírnění křečovitých svalových kontrakcí. Sporné je užívání vibrací u speciálně upravených židlí, plošin a ručních zařízení, které byly používány v 80. letech 19. století k léčbě bolesti dolní části zad, bolestí hlavy nebo obstipace (Cochrane, 2011).

Jedna z prvních zdokumentovaných aplikací vibračního ošetření se datuje kolem roku 1880. Byla provedena francouzským lékařem Jean-Martinem Charcotem. Po projížděce kočárem taženými koňmi nebo vagónem ve vlaku zjistil, že se pacienti cítí celkově lépe a také lépe spí, což připisoval vibracím uvnitř kočáru. Inspirován těmito výsledky zkombinoval použití židle a vibrující helmy k léčbě pacientů s parkinsonismem. Příznaky pacienta se zlepšily spolu s lepší kvalitou spánku (Albasini et al., 2010).

Robert Fulford vyvinul v 50. letech 20. století perkusní terapii (anglicky percussion therapy, zkratkou dále PT), když poprvé použil perkusní zařízení pro léčbu muskuloskeletálních bolestí pomocí technik z osteopatické školy (Sams et al., 2023).

Vibrační stimulace ve sportu je připisována profesorovi Nazarovovi, který zastával myšlenku, že vibrace působící na distální sval by mohly ovlivnit také svaly proximálněji uložené. Pomocí této myšlenky pomohl zvýšit výkonnostní úroveň sportovců. K provádění svých výzkumů použil unikátní přístroj, který produkoval vibrace o frekvenci 23 Hz. ROM kloubu se po aplikaci vibrací zvětšil, přičemž Nazarov byl přesvědčen o tom, že principem je posun prahu bolesti. Kromě zvýšení ROM předpokládal, že vibrační terapie může také zlepšit krevní oběh (Veqar, Imtiyaz, 2012).

Vibrační technologie zažívá od přelomu 21. století svůj návrat a využití vibrací jako terapeutického prostředku se přesunulo nejen do oblasti medicíny, klinické praxe a rehabilitace ale i sportu (Cochrane, 2011).

V roce 2008 byla představena první komerční masážní pistole a od té doby se staly velmi oblíbené, jak v terapeutickém využití na osobní a profesionální úrovni, tak i mezi sportovci a trenéry pro zlepšení výkonu (Sams et al., 2023).

Postupem času, se rozsah aplikací PT rozšířil na mnohá zdravotní onemocnění včetně osteoporózy, chronických obstrukčních onemocnění dýchacích cest, poruch rovnováhy, neurologických onemocnění, akutní a chronické muskuloskeletální bolesti, obezity, cévní insuficience, Downova syndromu, zlepšení kostní minerální denzity, přítomnosti močových kamenů, refrakterního syndromu akutní respirační tísně a zlepšení zdatnosti (Ferreira et al., 2023).

Vibrační technologie zažívá od přelomu 21. století svůj návrat a využití vibrační terapie vstoupilo do oblasti medicíny, klinické praxe a rehabilitace (Cochrane, 2011). Terapeuti, trenéři a další odborníci nyní často používají mechanická perkusní zařízení s různými hlavicemi jako možnou myofasciální léčbu. (Cheatham et al., 2021)

### 4.3 Masážní pistole

Masážní pistole fungují tak, že rychle pulsujícími tlakovými údery působí na šlachy nebo svaly. Tato technika kombinuje různé fyzikální veličiny jako kroučící moment, amplitudu a frekvenci a tím pádem napodobuje účinky tapotementové masáže. Tapotementová masáž nebo také technika tapotementu je technika švédské masáže, při které se používá hrana ruky k rytmickému tloukání po těle, což pomáhá uvolnit svaly a zlepšit cirkulaci krve (Sams et al., 2023).

Cílem ručních perkusních nástrojů a vibračních pěnových válečků je zmírnit účinky DOMS. Mohou být také použity ale pro různé další účely, jako je posílení svalové aktivity před cvičeními, jako je vertikální skákání a skok proti pohybu nebo mohou být použity během dynamického zahřátí (Martin, 2021).

Existuje mnoho výrobců masážních pistolí nabízející řadu modelů s různým nastavením, jako jsou amplitudy, hroty aplikátorů nebo frekvence (Ferreira, et al., 2023). Cheatham et al. (2021) uvádí, že rozsah frekvencí a amplitud lze u některých zařízení i měnit. Zařízení umožňující PT se mohou využívat nejen ve zdravotnictví, ale také v oblasti fitness. Lze je využívat na rozehrátí před fyzickou aktivitou nebo na zlepšení regenerace po fyzické aktivitě nebo jako součást myofasciálního ošetření (Cheatham et al., 2021).

Masážní pistole jsou nyní snadno dostupné i široké veřejnosti. Nové ruční masážní pistole jsou široce dostupné, s cenami od 50 USD až do 1000 USD za dražší modely. K uvolnění svalového napětí používá většina těchto zařízení perkusní pohyb, který má vysokou frekvenci a nízkou amplitudu. Pulzy za minutu jsou nastavitelné u několika modelů. Většina uživatelských příruček doporučuje používat zařízení na



dorzální straně krku, trapézech a svalecth okolo ramenního kloubu, ale také nedoporučuje používat masážní pistoli na ventrální části krku nebo masážní pistoli držet na místě (Sulkowski et al., 2022).

Ačkoli jiné firmy vyrobily výrobky, které jsou srovnatelné nebo téměř totožné s modely od firem Theragun a Hyperice, tyto dvě společnosti nyní drží významný oligopol na trhu s masážními pistolemi (Martin, 2021).

Neexistuje konsensus z hlediska parametrů PT i přes to, že je používaná širokou veřejností. S tím souvisí i produkce masážních pistolí, jelikož komerční výrobci vyrábí celou škálu modelů s odlišnými tvary velikosti a možností nastavení jako je frekvence, amplituda a hlavy (Roberts et al., 2024).

#### 4.4 Technologie masážních pistolí

V metaanalýze Lu et al. (2018) byly zpracované studie, které využívali různé typy masážní pistoli. Lišily se i svými nastavci, přičemž v některých byla použita například měkká hlavice, u jiných kulovitá nebo větší kulovitá násada. Rozdíly byly i v použité frekvenci která u některých byla neznámá a u některých variabilní. Většina studií však používala frekvenci od 30 Hz do 53 Hz. Použitá amplituda se také lišila a pohybovala se v intervalu od 10 mm do 16 mm. Jednotlivé studie navíc porovnávali intervence lišící se lokací aplikace a její délkou s případnými pauzami. Doba intervence byla v intervalu od 30 s do 30 minut (Lu et al., 2018) Třicetiminutová aplikace se netýkala pouze PT, ale byla v kombinaci s masáží, přičemž detaily nejsou známy (Piñero, 2019). Většinou se doba aplikace pohybovala v rámci desítek sekund či jednotek minut (Lu et al., 2018). Některé studie měli jednorázovou aplikaci PT, zatímco například u studie Mansuri & Patel (2021) následoval i follow-up s více aplikacemi PT po týdnu. Kayoda (2019) zase využívala PT dva dny v týdnu po dobu 4 týdnů. Odlišný přístup byl zvolen u studie Piñero (2019), kde jednotlivé intervence byly přerušeny patnáctidenní pauzou.

Bylo zjištěno, že frekvenční rozsah 30 až 50 Hz, který odpovídá maximální rychlosti výboje úsilí motorických jednotek, je vhodný pro podporu terapeutických adaptací, jako je zvýšená izometrická svalová síla (Germann et al., 2018).

Vzhledem k tomu, že parametry zařízení PT, jako jsou frekvence a amplitudy, se mohou lišit od jiných vibračních zařízení, je zapotřebí další výzkum, který by specificky používal PT a poskytl by tak hlubší pochopení těchto mechanismů (Roberts et al., 2024).

## 4.5 Fyziologické účinky masážní pistole

Existuje nedostatek konkrétních studií o účincích PT aplikované pomocí masážních pistolí týkající se fyziologické adaptace, navzdory velkému množství literatury (Sams et al., 2018). I Kondrad et al. (2020) poukazuje na to, že nebyl objasněn přesný mechanismus, jak PT funguje.

Princip PT je založen na aplikaci tření a tlaku na svaly, kůži a fascii. Tento způsob stimulace může ovlivnit viskozitu mezi tkáněmi, což umožňuje snížit odpor během pohybu, čímž se teoreticky zvyšuje ROM svalu (Konrad et al., 2020)

Mechanismy, jakými může PT zmírňovat vnímanou svalovou bolest, nejsou zatím dostatečně prozkoumané, protože v této oblasti chybí studie. Přesto existují teorie založené na výzkumech VT, které naznačují možné vysvětlení. Vibrace mohou aktivovat senzorická vlákna ve svalech, což může ovlivnit vnímání bolesti prostřednictvím aferentních vláken. Další teorie naznačují, že vibrace stimulují Ruffiniho a Paciniho tělíška, což by mohlo vést k uvolnění svalů tím, že potlačí sympatickou nervovou aktivitu (Rogers et al., 2024).

PT má vliv i na metabolismus. Sams et al. (2023) uvádí zvýšenou metabolickou aktivitu ve svalech po aplikaci PT, a to v podobě zvýšené perfuze krve, zvýšené saturaci krve kyslíkem a zvýšené teploty (Sams et al., 2023).

Přesný mechanismus, jak přesně PT ovlivňuje regeneraci a výkonnost není zcela zřejmý (Rogers et al., 2024). Nedávná studie Needs et al. (2023) potvrdila skutečně krátkodobě zvětšenou perfuzi krve, což může podpořit regeneraci svalů. Zvýšení teploty kůže (Yang et al., 2023), snížená svalová ztuhlost (Skinner et al., 2023) a snížená viskozita vaziva (Yang et al., 2023) mohou být vše faktory související se zvětšením ROM po aplikaci PT.

Identifikace nejlepších PT protokolů by v budoucnu vědcům mohlo umožnit vytvářet cílené terapie, které vysvětlují konkrétní fyziologické odpovědi na PT a snižují také jakým způsobem snižují muskuloskeletální bolesti (Sams et al., 2018).

## 4.6 Účinky masážní pistole na tělesné funkce

Starší studie se týkali především VT, nikoliv PT pomocí masážní pistole jako takové. Přesto jsou důležitou součástí vývoje poznatků o účincích masážních pistolí. Armstron et al. (2010) tvrdí, že VT zlepšuje ROM, zvyšuje průtok krve pod kůží, snižuje bolestivost svalů, zlepšuje kinestetické uvědomění a rozvoj svalové síly. Veqar, Imtiyaz (2014) část tohoto tvrzení potvrzují a říkají, že užití vibrací může napomáhat z hlediska flexibility a síly. Kondrad et al. (2020) předpokládal, že účinek aplikace masážní pistole je zvětšení flexibility, výkonnosti a také urychlení regenerace.

Studie Davis et al. (2020) naznačuje, že z hlediska svalové síly, sprintu, vytrvalosti a unavitelnosti nedošlo po aplikaci PT k významnému zlepšení.

Účinky na tělesné funkce se komplexně zabývala metanalýza od Sams et al. (2023). Popisuje detailně vliv PT na různé tělesné funkce jako je například svalová síla, flexibilita, bolest a další parametry.

PT pomocí masážní pistole prokázala pozitivní efekty na sílu svalů u horní části těla, ale u dolní části těla nebylo významné zlepšení zaznamenáno. Tyto závěry jsou však limitovány kvůli tomu, že bylo užito subjektivní hodnocení síly, což snižuje spolehlivost výsledků (Sams et al., 2023). Podle systematického přehledu Alghadir et al. (2018) VT zlepšila svalovou sílu, ale výzkumy neměli dostatečně konzistentní metodologii. Z hlediska výbušné svalové síly bylo dokázáno zlepšení po aplikaci PT (Sams et al., 2018). Studie Hernandez (2020) naopak neprokázala žádný vliv PT na výbušnou svalovou sílu, což však může být způsobeno neoptimální metodologií. Akutní fyziologická odpověď po PT jako je zvýšená perfuze tkáně krví, zvýšená saturace krve kyslíkem a zvýšená teplota mohou být dle Sams et al. (2023) důvodem pro lepší svalovou sílu a explozivní sílu svalů.

Co se týče flexibility mnoho studií poukazuje na pozitivní vliv po aplikaci PT (Sams et al., 2023). V konkrétní studii Park (2020) bylo prokázáno, že musculus triceps surae má větší flexibilitu po pěti minutách lokální vibrační terapie pomocí masážní pistole, a to podobně jako po statickém strečinku. Pro aplikaci lokálního vibračního stimulu může být masážní pistole pohodlná, snadno použitelná, přenosná a také účinná. Ačkoliv se metaanalýza Osawa et al. (2013) týká i WBT, stále se týká tématu užití vibrací a flexibility. Tato metaanalýza naznačuje, že se flexibilita po VT zlepšila.

Zatímco flexibilita se týká schopnosti svalu poddat se pasivnímu prodloužení bez poškození, ROM odkazuje na celkový rozsah, v němž se kloub může pohybovat mezi svými anatomickými omezeními. Masážní pistole, aplikující PT, vyvíjí tlak a tření na povrchové i hluboké tkáně, což může snížit viskozitu mezi nimi. Tímto způsobem může příznivě ovlivnit ROM svalů, což Konrad et al. (2020) udává jako jednu z klíčových tělesných funkcí, na které PT působí. Pro porovnání lze použít klasickou konvenční masáž, kde jako možný mechanismus zvýšení ROM popisuje Weerapong et al. (2005) redukcí muscle compliance, tedy schopnost svalů poddávat se změnám v napětí na vnější sílu bez poškození z biomechanického hlediska. Dále Weerapong et al. (2005) popisuje zvýšený průtok krve, redukcí bolesti a navození relaxace pomocí psychologického uvolnění. I studie Davis et al. (2020) naznačuje, že klasická masáž může zlepšit ROM, avšak krátkodobě a také dodává, že zmírňuje symptomy DOMS.

I bolest je jeden z aspektů, který dokáže ovlivnit PT. Metaanalýza Sams et al., (2023) popisuje vliv na muskuloskeletální bolest a to, že více aplikací PT zmírňuje její příznaky.

Metaanalýza Sams et al. (2023) tedy shrnuje PT tak, že pomocí masážních pistolí lze docílit zvýšení svalové síly, výbušné svalové síly, flexibility a zmírnit pocity bolesti. Výzkum ukazuje, že PT může zlepšit muskuloskeletální výkon pouze jednou aplikací, ale že ke zmírnění příznaků nepohodlí v oblasti ramen a zad je zapotřebí několik ošetření (Sams et al., 2023).

## 4.7 Masážní pistole a účinky na DOMS

Vzhledem k tomu že popularita masážních pistolí se ve velké míře rozšířila ve dvacátých letech jednadvacátého století, tak se starší studie příliš nezaobírali použitím a účinky masážních pistolí. S rostoucí popularitou však bylo provedeno více studií, které poznatky dále rozšiřují. Studie Konrad et al. (2020) poukazuje na to, že rozdílné přípojitelné násady masážních pistolí mohou vykazovat jiné výsledky a je v některých případech je proto velmi těžké studie mezi sebou porovnat v případě využití jiné násady.

Lu et al. (2018) pojednává o mnohých metodách pro úlevu od symptomů DOMS včetně masáže, ponoření do studené vody (anglicky cold water immersion) a VT, pro efektivnější regeneraci poškozených svalů a zabránění negativním účinkům DOMS. Účinnost VT u DOMS uvádí Lu et al. (2018) jako diskutabilní a není k dispozici mnoho spolehlivých údajů podporujících účinnost VT při léčbě DOMS.

Metaanalýza zkoumající VT a její účinky na DOMS Lu et al. (2018) používala vizuální analogovou škálu (VAS) k měření úrovně bolesti svalů. Výzkum ukázal, že VT může výrazně snížit bolest svalů, zejména kolem 48 hodin po cvičení. Navíc snižuje hladiny kreatinkinázy (CK), markeru svalového poškození, čímž podporuje regeneraci svalů (Lu et al., 2018).

Například do roku 2020 zkoumala účinky ruční PT na svalovou výkonnost a flexibilitu pouze jedna studie (Konrad et al. 2020). To zanechávalo do té doby v literatuře značné vakuum, protože perkusní masážní terapie si získala oblibu mezi sportovci i silovými a kondičními trenéry (Konrad et al., 2020).

Perkusní masážní pistole mohou efektivně zlepšovat ROM a současně snižovat nepohodlí spojené s DOMS. Ačkoli tyto nástroje nezvyšují svalovou sílu nebo aktivaci, jsou užitečné při předcvičeném rozehrátí, kdy zvyšují ROM a snižují únavu bez negativního dopadu na svalovou sílu, což je zásadní pro sportovce připravující se na výkony bez nepříznivého ovlivnění jejich výkonu (Martin, 2021).

Většina literatury o PT byla věnována dle Rogers et al. (2024) zkoumání PT jeho akutních účinků jako terapie před cvičením. Většinou byl dokázán akutně zvětšený ROM, větší izometrická síla, dynamická stabilita a laterální akcelerace po aplikaci PT. Ve studii Yang et al. (2023) byla naopak zjištěna snížená svalová výkonnost. Rogers et al. (2024) však udává, že je to způsobeno nejspíše odlišnými parametry PT, designem studie a měřením výkonnosti.

Účinky u vícero aplikací PT po fyzické námaze srovnávala nejnovější studie Roberts et al. (2024). Zjistila, že PT nezmírňovala bolest v prvních 48 hodinách, ale po 72 hodinách se účastníci, kteří podstoupili masáž, cítili lépe a jejich bolest se vrátila na úroveň před fyzickou aktivitou. Kontrolní skupina bez aplikace PT, se nezotavila. Studie tedy naznačuje, že pravidelná PT může pomoci snížit bolest až po několika dnech (Roberts et al., 2024).

Studie Roberts et al. (2024) zkoumala účinky PT na regeneraci po intenzivním excentrickém cvičení zaměřeném na musculus biceps brachii. Zjištění ukázala, že ačkoliv PT neměla vliv na maximální izometrické napětí (MIT) nebo aktivaci svalu, pozitivně ovlivnila ROM a poskytla dočasnou úlevu od DOMS, zejména když byla aplikována pravidelně během prvních 72 hodin po cvičení. Výsledky této studie naznačují, že PT může být prospěšná pro zlepšení pohyblivosti a snížení svalové bolesti po fyzické námaze, přičemž dala výsledky do souvislosti s testovaným vzorkem, kterým byli netrénovaní vysokoškolští jedinci.

## 4.8 Výhody a limitace masážní pistole

Jako jedna z výhod užití masážní pistole oproti WBV je ta, že může být aplikována přímo na měkké tkáně, přičemž je poměrně efektivní levná a přenositelná (Pamukoff et al., 2014)

S rostoucí celosvětovou popularitou perkusivních masážních pistolí je zásadní posoudit jejich bezpečnost a informovat sportovce a širokou veřejnost o tom, jak je správně používat, včetně indikací a kontraindikací a také potenciálního rizika rozvoje potenciálně smrtelných komplikací, jako je rhabdomyolýza (Cheung et al., 2020).

Chen et al. (2020) uvádí, že profesionální sportovci i nespportovci používají perkusní masážní pistole po celém světě pro zahřátí a fyzickou regeneraci, ale nebyly zveřejněny žádné klinické důkazy nebo evidencí podložené zprávy o výhodách, indikacích, kontraindikacích nebo dokonce negativních účincích perkusních masážních pistolí.

Ve studii Chen et al. (2020) se rozvinula rhabdomyolýza u pacientky po fyzické námaze a nejspíše nevhodné aplikaci masážní pistole. Tři a dva dny před přijetím do nemocnice pacientka jezdila na kole asi 30 minut každý den s intermitentní zátěží asi 11 kilometrů za hodinu. Bezprostředně poté podstoupila terapii masážních pistolí v oblasti třísel po dobu více než deseti minut na každém třísle s cílem uvolnit napjaté svaly. Tuto léčbu provedl její trenér, před terapií však neodebral anamnézu a neprováděl terapii pod dohledem zdravotnického personálu. Tu samou noc začala pacientka pociťovat bolesti v obou tříslech a po dvou dnech pozorovala změnu barvy moči (Chen et al., 2020).

Předpokládá se, že by opakované údery perkusní pistole na zraněné svaly mohly poškodit svalová vlákna a způsobit rhabdomyolýzu. Studie Chen et al., 2020 dokonce popisuje vznikl hematoma na tříslech pacientky. Bohužel není jisté, zda její trenér používal perkusní pistoli v souladu s pokyny výrobce a zda tyto pokyny byly nebo nebyly schváleny vědeckým a klinickým výzkumem. Tato studie by měla být první na světě dokladující rhabdomyolýzu jako důsledek použití masážní pistole.

Protože je obtížné ovládat vibrační sílu, existuje značné nebezpečí poškození jemných tkání. Proto by se tato zařízení neměla používat nad oblastí krku. Zde je méně měkkých tkání, jako jsou svaly nebo tuk. Osoby se zdravotními problémy mohou být dle Mu, Fan (2022) mnohem zranitelnější vůči poškození. Stejná studie se dokonce zabývala subluxací čočky a vzniku šedého zákalu v oku, jako důsledku aplikace PT pacientem v oblasti oka pro úlevu od bolesti hlavy. Studie Reyes et al. (2024) se také

týká traumatické katarakty v oku po PT aplikované v periorbitální oblasti. Pacientka posléze dokonce musela podstoupit operaci.

Očekáváme nárůst závažných očních nežádoucích účinků nesprávného používání masážních pistolí z důvodu jejich dostupné dostupnosti a rychle klesající ceny. Je důležité, aby veřejnost byla informována o možných rizicích spojených s masážními pistolemi a aby výrobci poskytli spotřebitelům varovné štítky a bezpečnostní pokyny na krabici, které uvádějí, že zařízení by se nemělo používat na očích nebo v jejich blízkosti. Aby byli zdravotničtí pracovníci varováni před nebezpečím nesprávného používání masážních pistolí, musí si být vědomi potenciálních následků (Reyes et al., 2024)

Studie Sulkowski et al. (2022) zmiňuje disekci vertebrální arterie v krční oblasti po aplikaci masážní pistole. Není možné říci přesnou příčinu a zda opravdu byla PT důvod k disekci. V některých případech se objevuje s malým traumatem po manipulaci v krční oblasti. Disekce posléze může být potencionální příčinou mozkové mrtvice.

Bohužel, zcela správné použití neexistuje a není podložené důkazy, a to ani s jeho rostoucí popularitou. Mnoho reklam na tato zařízení na webových stránkách s vyhledáváním obrázků obsahuje modely aplikující zařízení na více předních svalových tkání a přes horní a boční krk. Uživatelé, kteří nemají lékařské vzdělání nebo nerozumí základní anatomii, by měli dávat zvýšený pozor při aplikaci PT s vědomím, že je může PT poškodit. Přestože pacient v našem případě neměl žádné trvalé postižení, nemusí tomu tak být vždy. Pokud používání ručních masážních přístrojů na nevhodných místech vystavuje uživatele riziku, musí být uživatelé o těchto možných důsledcích informováni tvrdí Sulkowski et al. (2022)

## 5 PRAKTICKÁ ČÁST

### 5.1 Cíl

Cílem této bakalářské práce je vyhodnotit účinnost masážní pistole Flow NANO na snížení symptomů opožděné svalové bolesti (DOMS) u m. biceps brachii a m. brachialis po specifické cvičební jednotce zaměřené na odporový trénink. Speciálně se práce zaměřuje na změny v intenzitě bolesti a fyzické adaptaci svalů, hodnocené pomocí objektivních i subjektivních metod, dále popsanych v kapitole 5.2 *Metodika*.

Předpokladem je, že pravidelná aplikace masážní pistole Flow NANO přispěje k rychlejší regeneraci svalů a snížení bolesti související s DOMS, což bude demonstrováno porovnáním výsledků měření provedených po cvičení a v časových intervalech 24 h, 48 h a 72 h po cvičební jednotce.

### 5.2 Metodika

Praktická část této bakalářské práce byla zaměřena na kazuistiku jednoho probanda. Zahrnovala vstupní vyšetření s kineziologickým rozborem, popis cvičebních jednotek indikujících DOMS a hodnocení bolesti pomocí standardizovaného dotazníku a masážní pistole Flow NANO.

Pro vyvolání DOMS byly zvoleny odporové tréninky zaměřené na m. biceps brachii a m. brachialis. Celkem bylo provedeno osm cvičebních jednotek s týdenním odstupem, aby se minimalizovalo vzájemné ovlivnění mezi jednotlivými sezeními. Před prvním tréninkem bylo prováděno vstupní vyšetření, které zahrnovalo kineziologický rozbor a anamnézu. Proband byl seznámen s principem a cíli cvičební jednotky.

V průběhu každé jednotky bylo dbáno na správné provedení cviků, což zajistilo nejen validitu výsledků, ale i minimalizaci rizika zranění. Po každé jednotce bylo sledováno:

1. Krátká verze McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ): Proband vyplnil dotazník 30 minut po cvičební jednotce a pak po 24, 48 a 72 hodinách. Tento dotazník poskytoval komplexní pohled na typy a intenzitu bolesti, které proband pociťoval,
2. Vizualní analogová škála (VAS) a ukazatel intenzity současné bolesti (anglicky present pain intensity, PPI): Probandův subjektivní pocit bolesti



byl hodnocen pomocí VAS a PPI ve stejných časových intervalech. Tyto škály pomohly zjednodušit a kvantifikovat údaje o bolesti pro další analýzu.

3. Měření obvodu pravé paže: Obvody pravé paže byly měřeny před cvičební jednotkou a 30 minut po ní, na 4 různých místech (5 cm, 10 cm, 15 cm, a 20 cm proximálně od loketní rýhy). Toto měření poskytlo data o fyzických změnách, jako jsou otoky nebo zvýšení svalového napětí, což může být přímým důsledkem vyvolané fyzické aktivity a potenciálně indikovat výskyt DOMS. Předpokladem bylo, že změny mezi pravou a levou HKK budou stejné.

Tato kombinace metod umožnila přesné hodnocení efektů cvičení s a bez fyzioterapeutické intervence.

Jako intervence byla použita masážní pistole Flow NANO, aplikovaná na m. biceps brachii a m. brachialis po dobu 120 sekund, a to po 4 cvičebních jednotkách, tedy druhé poloviny cvičebních jednotek. Intervence proběhla ihned po cvičební jednotce, 24 h, 48 h a 72 h poté.

Pro minimalizaci ovlivnění krátkodobých důsledků masážní pistole byla všechna měření (SF-MPQ, VAS, PPI a obvody paže) provedena 30 min po aplikaci masážní pistole.

Tento metodologický přístup byl zvolen za účelem poskytnutí komplexního a objektivního hodnocení vlivu masážní pistole na snížení symptomů DOMS a zaznamenání fyzické reakce a adaptace na opakovanou svalovou zátěž

Pro kazuistiku byl vybrán proband, který je netrénovaný a bude u něj snazší navodit symptomy DOMS než u jedince trénovaného. DOMS u takového jedince bude mít větší intenzitu, která bude následně snáze a podrobněji hodnotitelná, a to jak kvantitativně, tak kvalitativně. Další výhodou je to, že pokud je po každé cvičební jednotce vyvoláno DOMS, což je i předpoklad, lze poté snáze porovnat i účinky terapeutické intervence (Meneghel et al., 2013).

Proband byl zároveň motivován v setrvání ve výzkumu a vydržet celkem dva měsíce intenzivního odporového tréninku s navozením DOMS, což bylo také jedno ze selekčních kritérií. Další výhodou bylo, že proband měl také osobní zájem o zlepšení fyzické kondice a chtěl se také dozvědět základy odporového tréninku. Z toho důvodu, že pociťoval po některých intenzivních fyzických aktivitách symptomy DOMS, se zajímal se o možnost jejich zmírnění. Zajímalo ho, zda opravdu masážní pistole je schopna ulevit od těchto symptomů.

## 5.3 Vstupní vyšetření

Vstupní vyšetření probanda bylo provedeno 10.2.2024 v 15:00. Byla odebrána detailní anamnéza zaměřená primárně na sportovní problematiku, odporový trénink a předchozí zkušenosti s DOMS. Vyšetření prováděla jedna osoba, a to autor této práce.

Během fyzikálního vyšetření byly změřeny aktivní rozsahy pohybu, které ukazují na funkční schopnosti a svalovou sílu probanda. Z anamnézy nebyly zjištěny žádné strukturální změny nebo jiná omezení, proto nebyl pasivní rozsah pohybu měřen. Vyšetření dále zahrnovalo aspekci, palpaci a svalové testy, které pomohly posoudit celkový zdravotní stav probanda a odhalit případné dysbalance nebo slabiny, které by mohly ovlivnit výzkum.

**Proband:** M. Š. (2001)

Věk: 23 let

Pohlaví: Muž

Výška: 188 cm

Hmotnost: 81 kg

### 5.3.1 Anamnéza

**Osobní anamnéza:**

Dětství: prodělal běžné dětské nemoci, operace tonsilektomie, běžná vakcinace

Vakcinace COVID-19 dvěmi dávkami Pfizer 2021

Plastická operace gynekomastie 2022

Odstranění mateřského znaménka na zádech v oblasti mezi lopatkami (lentigo simplex) 2022

Anxiózně-depresivní porucha od června 2023

Benigní cysta na levém varleti od prosince 2023

V září 2024 6 návštěv fyzioterapeuta se zaměřením na uvolnění triggerpointů v oblasti musculus trapezius, krčních svalů a posílení oslabených mezilopatkových svalů.

Bez civilizačních onemocnění jako ICHS, ICHDK, diabetu a hypertenze

**Úrazy:** bez úrazů

**Nynější onemocnění:**

- **Status subjectivus:** Proband občasně trpí vertebrogenním algickým syndromem a bolestmi hlavy, zřejmě od páteře. Zřídka má bolest hlavy již mnoho let. Všechny symptomy bolesti zad se mu zhoršilo v únoru 2023, což přičítá nadměrnému stresu, kterému byl vystaven zejména před a během zimního zkouškového období roku 2023. Popisuje, že se mu symptomy zhoršují při dlouhotrvající statické zátěži jako je sed či stoj s neoptimální obuví.
- **Status objectivus:** U vstupního vyšetření proband žádné bolesti zad.

**Pracovní anamnéza:** Student všeobecného lékařství Univerzity Karlovy

**Rodinná anamnéza:**

Matka: zdravá

Otec: mírná hypertenze prvního stupně

Otec matky: hypercholesterolémie

Otec otce: zemřel v 72 let na maligní melanom (úspěšná léčba), diabetes jako následek chemoterapie

Matka otce: hypertenze, diabetes 1.stupně, hypercholesterolémie, kardiak

Matka matky: abúzus alkohol, zemřela na jaterní cirhózu

**Sociální anamnéza:** Většinu času žije na koleji a s rodiči.

**Farmakologická anamnéza:** SSRI antidepresiva - Trittico 150 mg 0-0-1

**Alergická anamnéza:** neguje

**Abusus:** alkohol zřídka (jednou až dvakrát do měsíce), nekuřák, drogy neguje

**Sportovní anamnéza:**

V dětství sportovní plavání dvakrát týdně vždy hodinu, basketbal dvakrát týdně vždy hodina a půl. Oba sporty prováděl od 8 do 14 let.

Od 14 let do 18 let hrál stolní tenis dvakrát týdně hodinu, cyklistika jednou týdně 20 km, zhruba jednu hodinu.

Od 18 let jen občasná sportovní aktivita, nikoliv pravidelná.

Od ledna 2024 plavání jednou týdně 1200 m (cca jedna hodina), posilovna cca jednou za dva až tři týdny zhruba hodinu se zaměřením na odporový trénink

**Životní styl:** Snaží se dodržovat zdravější stravu, nekonzumuje monosacharidy a průmyslově zpracované potraviny. Spí kolem osmi hodin denně a pravidelně chodí spát. Ve všedních dnech nachodí kolem čtyř až pěti kilometrů a okolo 6500 kroků. Frekvence odporového tréninku je dvakrát do měsíce od ledna 2024 zhruba jednu hodinu.

**Výskyt DOMS:** DOMS popisuje po každé neobvyklé fyzické aktivitě nebo po aktivitě, která byla náročnější. Symptomy přetrvávají přibližně dva až tři dny. Bolest je lokalizovaná v oblasti namožených svalů a zhoršuje se při kontrakcích daných svalů. Popisuje, že výrazná složka vnímání DOMS je i emocionální zpracování, což příkládá i anxiózně-depresivní poruše. Podle vlastních slov pociťuje mírnou až střední nervozitu z bolesti po fyzické aktivitě, pokud přetrvává více než dva dny. Udává omezení v pohybu a pohybům způsobující bolest se vyhýbá a volí i jiné pohybové vzory. Jako nejvíce omezující vnímá DOMS v oblasti stehen a hýždí po tréninku v posilovně nebo po plavání. Dále také netoleruje DOMS zejména v oblasti ramen, kdy končetinami pohybuje pouze v ROM bez provokace bolesti.

**Vývoj DOMS v čase:** Většinou začne pociťovat bolesti zhruba 24 hodin po fyzické aktivitě. Trvají zhruba dalších 24 hodin. Udává, že pokud bolest přetrvává i druhý den, je bolest druhý den signifikantnější než první den. Nejčastěji symptomy DOMS prý vymizí třetím dnem.

### 5.3.2 *Aspekční vyšetření stoje*

Aspekční vyšetření stoje bylo zaměřeno především na odchylky od fyziologické normy a také na symetričnost pravé a levé strany.

#### Zepředu:

Hlava a krk: Hlava je umístěná nad tělem s mírnou lateroflexí k pravému rameni. Přítomná je mírná laterální deviace hlavy směrem doprava, což ukazuje na svalovou dysbalanci v oblasti krku a ramen.

Ramena: Levé rameno je elevováno vůči pravému. Elevace levé klavikuly.

Horní končetiny: Volně podél těla. Rozdílné tvary thorakobrachiální trojúhelníků

Hrudník: Levá polovina hrudního koše elevována v porovnání s pravou částí. Kaudální část pravé strany hrudníku s větším zářezem mediálně.

Břicho: Umbilicus ve střední čáře od země. Přítomna kožní rýha mezi oblastí břicha kaudální částí žeber. Laterální odchylka linie levého boku.

Pánev: Zepředu symetrická

Dolní končetiny: Pravý kyčelní kloub ve větší zevní rotaci oproti levé straně, což se odráží i na postavení paty a prstů. Kolena v symetrii s mírnou valgositou.

Zboku:

Hlava a krk: Mírná protrakce hlavy s extenzí.

Ramena: Protrakce a elevace ramen.

Horní končetiny:

Hrudník: Mírně vystouplé oblouky žeber kranioventrálně. Horní porce těla je předsazena oproti dolním končetinám.

Břicho: Mírně povolena břišní stěna.

Záda: Odstávající úhel lopatky zkresluje linii zad. Oploštělá bederní lordóza.

Pánev: V mírné anteverzi.

Dolní končetiny: Zevní kotník ve vertikále s ušním boltcem. Mírně flektovaná kolena.

Zezadu:

Hlava a krk: Ve vzpřímené pozici, mírná rotace vpravo a mírnou lateroflexí vpravo.

Ramena: Odchylna levého ramene, které je v mírné elevaci oproti pravé straně.

Horní končetiny: Asymetrické thorakobrachiální trojúhelníky s větším prostorem vpravo. Na levé straně je přítomno rozdělení thorakobrachiálních trojúhelníků na dva.

Záda: Mírně odstávající lopatky, více vlevo.

Pánev: Symetrická

Dolní končetiny: Pravá dolní končetina v mírně větší zevní rotaci v kyčli, což je vidět i na postavení plosky nohy. Mírně širší opěrná báze. Plosky DKK v mírné pronaci, valgózní postavení kotníků více vpravo.

### 5.3.3 *Palpace*

Hlava a krk: Svalstvo na levé straně krku více v hypertonu. Přítomné triggerpointy v m. sternocleidomastoideus na levé straně, nejvíce pars sternalis od půlky průběhu svalu směrem k začátku. M. levator scapulae na levé straně také s větším množstvím TrPs v celém průběhu než vpravo. Pravý m. sternocleidomastoideus s menším množstvím triggerpointů, které byly přítomny nejvíce v úponové oblasti.

Ramena: Zvýšené napětí v levém m. trapezius, zejména v jeho descendující části. Více TrPs v na pravé straně, avšak i na levé straně těla přítomny TrPs v m. trapezius v pars descendens.

Horní končetiny: Paže a předloktí bez výrazných odchylek.

Hrudník: Svalstvo hrudníku bylo symetrické s mírným zvýšením tonu v oblasti m. pectoralis major na obou stranách.

Břicho: Bez patologických TrPs. Mírně povolena břišní stěna, především šikmé břišní svalstvo.

Záda: Zvýšené napětí bylo palpovatelné v oblasti m. erector spinae v lumbální části na obou stranách.

Pánev: Svaly kolem pánve s adekvátním napětím. Byl zaznamenána mírná odchylka při palpaci m. piriformis na pravé straně s minimem TrPs.

Dolní končetiny: Napětí svalů v oblasti stehna vyrovnané s lehkým zvýšením tonu v m. quadriceps femoris – m. rectus femoris na obou stranách. M. gastrocnemius na obou stranách normotonu

#### **5.3.4 Vyšetření aktivního rozsahu pohybu**

Hodnoty zapsány SFTR metodou, případně slovním popisem. Byly měřeny obě HKK, a pro zajištění větší přesnosti bylo provedeno měření celkem třikrát a následně byly výsledky ve stupních zprůměrovány. Výsledky jsou uvedeny ve stupních.

Pravá HK:

Zápěstí: S: 75-0-80, F: 15-0-40

Loket: S: 140-5-0, R: 85-0-90

Rameno: S: 0-175-45, F: 0-180-70, R: 90-0-85

Lopatka: deprese-elevace: 0-50, retrakce-protrakce: 0-25, zevní rotace-vnitřní rotace: 0-60

Levá HK:

Zápěstí: S: 75-0-80, F: 15-0-40

Loket: S: 0-5-140, R: 85-0-90

Rameno: S: 0-175-45, F: 0-180-70, R: 90-0-80, omezenější vnitřní rotace než u pravé HK

Lopatka: deprese-elevace 0-40, retrakce-protrakce 0-25, zevní rotace-vnitřní rotace: 0-55, omezenější vnitřní rotace lopatky

#### **5.3.5 Funkční svalové testy dle Jandy et al. (2004)**

Pro komplexní hodnocení funkce horní končetiny byly testovány nejen flexory lokte, na které je cvičební jednotka zaměřena, a sice na m. biceps brachii a m. brachialis, ale byly testovány také jiné svaly. Zjištění svalové síly m. brachioradialis,

extenzorů lokte, pronátorů a supinátorů bylo také cílem měření. Dále byla testována síla extenzorů v ramenním kloubu, abduktory, adduktory a rotátory. U zápěstí se měřila síla flexorů, extenzorů a schopnost radiální a ulnární dukce. U lopatek byla zjišťována síla addukce, abdukce, vnitřní a vnější rotace. Všechny hodnoty byly měřeny třikrát a následně jejich výsledek zprůměrován. Měření proběhlo na obou stranách probandova těla. U všech testů byla zjištěna svalová síla 5, což má souvislost s věkem pacienta a také odebranou anamnézou.

Vyšetření nejčastěji zkrácených svalových skupin dle Jandy et al. (2004) proběhlo u m. pectoralis major – část sternální dolní, sternální horní a střední a klavikulární část s m. pectoralis minor. U LHK zjištěno malé zkrácení v oblasti dolní, střední a horní porci svalu. Na PHK zjištěno to stejné, přičemž u LHK zjištěno také malé zkrácení klavikulární části m. pectoralis major a m. pectoralis minor. U PHK klavikulární část bez zkrácení. Horní porce m. trapezius a m. levator scapulae byly hodnoceny na obou stranách jako malé zkrácení. M. sternocleidomastoideus byl hodnocen orientačně s malým zkrácením vpravo a mírně větším na levé straně.

Vyšetření hypermobility dle Jandy et al. (2004) proběhlo pomocí 10 testů a všechny byly hodnoceny jako negativní.

### **5.3.6 Vybrané speciální testy ramene dle Koláře, Máčka et al. (2015)**

Yergasonův a Speedův test na patologii dlouhé hlavy bicepsu byly na obou HKK negativní.

### **5.3.7 Vybrané speciální testy lokte dle Koláře, Máčka et al. (2015)**

Z testů na nestabilitu byly provedeny následující testy: varus stress test, valgus stress test a test na posteriorní instabilitu. Všechny byly hodnoceny jako negativní oboustranně. Odporové testy na m. supinator a extenzory prstů rovněž negativní na obou stranách.

### **5.3.8 Závěr vstupního vyšetření**

Z fyzikálního vyšetření nebyly zjištěny žádné strukturální problémy, což naznačuje, že případné změny v pohyblivosti nebo bolesti jsou pravděpodobně spojeny s DOMS a nikoliv tedy s trvalým poškozením. Testy svalové síly a rozsahu pohybu ukázaly dobrou funkční schopnost bez významných omezení, což je dobrým východiskem pro aplikaci masážní pistole. Odchylka byla přítomna u vnitřní rotace v

rameni u LHK z důvodu svalových dysbalancí a špatného pohybového stereotypu. Zaměření na m. biceps a m. brachialis může pomoci uvolnit napětí a snížit intenzitu a délku bolesti spojené s DOMS. Použití masážní pistole na m. biceps a m. brachialis u netrénovaného probanda, který pravidelně zažívá DOMS po fyzické aktivitě, by mohlo efektivně zmírnit symptomy DOMS v těchto specifických oblastech.

## 5.4 Cvičební jednotka

Každá cvičební jednotka byla pečlivě naplánována a prováděna pravidelně jednou týdně ve stejnou odpolední hodinu, aby se zajistila konzistence a minimalizovaly se vnější proměnné ovlivňující výsledky. Program začínal dynamickým stretchingem zaměřeným na horní polovinu těla, skládajícím se ze sedmi cviků:

1. Kruhový pohyb ramen – pohyb ramen s addukovanými HKK po a proti směru hodinových ručiček pro zlepšení mobility ramenního kloubu a přípravu na nadcházející zátěž
2. Horizontální abdukce a addukce – prováděná s extendovaným loktem zvyšující pružnost ramenního pletence a aktivující stabilizační svaly.
3. Analytický pohyb bicepsů – cíleně připravuje bicepsy a přilehlé svaly na následné zatížení, čímž může pomoci modulovat intenzitu DOMS prostřednictvím zlepšení průtoku krve a metabolismu v těchto svalových skupinách
4. Izometrické kontrakce a relaxace – Zlepšení svalového tonu a prevence svalové únavy stimulací cirkulace
5. Kruhové pohyby pěstí – zlepšení jemné motoriky a koordinace
6. Otevírání a zavírání pěstí s volně svěšenými HKK – stimulace lymfatického odtoku a krevního oběhu v rukou a předloktích.
7. Cviky na pronátory a supinátory předloktí – proband prováděl rychlé pohyby do pronace a supinace předloktí s probíhající flexí a extenzí v lokti, stimulace pronátorů a supinátorů pomáhá připravit HKK na různé typy zatížení a stimuluje prokrvení v oblasti předloktí

Po předchozím dynamickém stretchingu následovala sekvence cviků, které vyvolali EIMD a DOMS. Pro cviky byla zvolena přibližně taková zátěž, která odpovídala submaximální zátěži se zhruba 70 % odhladnutého opakovacího maxima s



důrazem na excentrickou složku pohybu. Cílem bylo provést 4 série každého cviku zhruba po 8 až 12 opakováních. To by mělo být také dostatečné pro vyvolání EIMD a DOMS, což se poté projevilo i v hodnocení pomocí dotazníku a v hodnocení VAS.

Odhad opakovacího maxima byl vypočten podle Epleyho vzorce. Tento vzorec umožnil jen velmi hrubý odhad a odvozená submaximální zátěž byla také orientační.

Opakování v tréninku znamená jedno kompletní provedení cviku. Počet opakování se může lišit v závislosti na svalové skupině. U malých svalů, jako je testovaný m. biceps brachii nebo m. brachialis, se svaly rychleji unaví, což může vést k nižšímu počtu opakování, než uvádějí standardní tabulky. U velkých svalů, jako jsou stehenní svaly, může být naopak možné provést více opakování, než tabulky předpokládají. Jelikož cvičební jednotka obsahovala více cviků s více sériemi, bylo třeba počítat s narůstající únavou, která ovlivňovala schopnost dokončit plánovaný počet opakování v dalších sériích (Haff, Travis 2015).

Cvičební jednotka s probandem obsahovala celkem 16 sérií, což je i v souladu s doporučením Stoppani (2016). Termín série označuje skupinu opakování cviku následovanou odpočinkem. Tréninkový objem se definuje jako produkt opakování, sérií a použitého zátěže. Celkový počet sérií v jednotce závisí na kondici, cílech a zkušenostech cvičence, obvykle se doporučuje 2 až 6 sérií na svalovou skupinu a 10 až 40 sérií celkem za trénink. Důležité je najít rovnováhu mezi příliš malou zátěží, která nepovede k adaptaci, a příliš vysokou, která může vést k nadměrnému přetížení nebo dokonce přetrénování. Začátečníci by měli začít s menším počtem sérií pro postupnou adaptaci (Stoppani, 2016).

Ve cvičební jednotce byl stanoven odpočinek mezi jednotlivými sériemi na jednu minutu. Pro minimalizaci únavy v rámci cvičební jednotky slouží přestávky po každé sérii. Délka přestávky se odvíjí od velikosti odporu. Čím vyšší je odpor, tím delší je i pauza. Nejčastější bývá odpočinek od 1 do 5 minut mezi sériemi (Stoppani, 2016).

Metody posilování lze rozdělit podle velikosti zátěže a rychlosti pohybu. Existují metody s maximálním odporem, metody s nemaximálním odporem a rychlým pohybem, a metody s nemaximálním odporem a maximální rychlostí pohybu (Bayer, 2020).

Pro vyvolání DOMS, což je i cílem této cvičební jednotky, lze použít brzděná metoda s maximálním odporem, která se zaměřuje na excentrickou fázi pohybu, kde sval aktivně brzdí pohyb proti zátěži. Tato metoda je účinná pro indukci EIMD a DOMS. Odporový trénink s nižší zátěží může také vyvolat DOMS, ale efekt bude méně výrazný. V cvičební jednotce probanda byla však zvolena však zátěž nemaximální

kolem 70 % opakovacího maxima, z toho důvodu, že proband je začátečník a existuje větší riziko zranění. Pro potřeby experimentu byla metoda upravena s důrazem na excentricitu pohybu. Excentrická fáze trvá 3 až 4 sekundy oproti 1 až 2 sekundám koncentrické fáze. Tento poměr by měl vyvolat výraznější EIMD a poskytnout snáze měřitelné symptomy DOMS, což umožní efektivní srovnání výsledků.

#### **5.4.1 Popis cviků**

Cvičební jednotka obsahovala celkem čtyři cviky cílené na m. biceps brachii a m. brachialis. Jednoruční činky a EZ tyč (speciální typ obouruční činky s ohledem na ergonomii zápěstí) byly vyrobeny firmou Tigrar. Níže je podrobnější popis jednotlivých cviků:

##### 1. Bicepsově zdvihy s jednoručními činkami v sedě

Jedná se o klasický cvik na m. biceps brachii. Provádí se za použití jednoručních činek v sedě se supinací v předloktích. Důležité je držet lokty u těla a zvedat činky směrem k ramenům s kontrolou. Bylo kontrolována správná technika provedení cviku bez synkinéz. Tento cvik byl zvolen pro jeho izolovanost a možnost snáze provádět excentrickou kontrakci. Tento cvik lze provádět také ve stoje, ale tato pozice je náročnější na stabilitu a je nutné zapojit také stabilizační svaly na trupu

##### 2. Kladivové zdvihy s jednoručními činkami v sedě

Podobný cvik také v pozici v sedě s tím rozdílem, že palce směřují nahoru a předloktí je tak ve střední pozici. Na pohybu se podílí nejen m. biceps brachii, ale také m. brachialis. Znovu se klade důraz na excentrickou kontrakci.

##### 3. Bicepsově zdvihy s EZ činkou ve stoji

Tento cvik se provádí se speciální EZ činkou, která má zakřivený úchop. Ten dodává zápěstí přirozenější polohu. Tento cvik bude jako jediný prováděný ve stoje, takže je také náročnější na trupovou stabilizaci. Excentrická kontrakce je jako u předchozích cviků prodloužena.

##### 4. Bicepsově zdvihy s jednoručními činkami na šikmé lavici v sedě

Použití jednoručních činek oproti EZ čince, nebo dvouruční čince umožňuje lepší izolaci bicepsů a zajišťuje, že oba svaly pracují rovnoměrně. Navíc, díky možnosti nezávislého pohybu každé ruky lze lépe cílit na slabší stranu a zamezit jejímu zaostávání za silnější stranou. Také je kladen důraz na prodlouženou excentrickou fázi.

Každou cvičební jednotku prováděl proband stejné cviky se stejnou sekvencí, stejným počtem opakování a stejným počtem sérií. Mezi sériemi byla pauza jedné minuty a mezi jednotlivými cviky pět minut. Níže je přiložena tabulka (tabulka č. 1) s jednotkovými cviky a jejich opakováním:

cviky	počet sérií	opakování v sérii	zátěž v kg
bicepsový zdvih s jednoručním činkami v sedě činkami v sedě	4	9	5
kladivové zdvihy s jednoručními	4	7	5
bicepsové zdvihy s EZ činkou ve stoji	4	9	5
bicepsové zdvihy s jednoručními činkami na šikmé lavici v sedě	4	7	5

**Tabulka č. 1 - Dávkování jednotlivých cviků s cílem vyvolat DOMS**

## **5.5 Fyzioterapeutická intervence pomocí masážní pistole Flow NANO**

Fyzioterapeutická intervence probíhala v sedě s uvolněnými horními končetinami. Byla aplikována perkusivní terapie pomocí masážní pistole Flow NANO bez aplikace tepla. Byl zvolen první stupeň aplikace, výrobcem udávaný jako relaxační. Frekvence masážní pistole odpovídala 30 Hz nebo také 1800 otáčkám za minutu. Použitá amplituda byla 6 mm. Jako násada byla vybrána hlavice s kulovitým tvarem a gumovým povrchem.

### **5.5.1 Technická specifikace a doporučení používání pistole Flow NANO**

V uživatelském manuálu masážní pistole Flow NANO od firmy je velký význam přikládán porozumění instrukcí v manuálu a také varováním. Až poté je povoleno produkt používat (Manuál masážní pistole Flow NANO, 2021)

Balení obsahuje masážní pistoli, čtyři hlavice různého tvaru, kabel pro nabíjení a také sáček, do kterého se může pistole vložit pro lepší mobilitu. Samotné zařízení disponuje spínacím tlačítkem a LED diodou pro indikaci zapnutí, vypnutí a také zvoleného módu PT. V zařízení je ukrytá baterie pro zajištění energie motoru produkujícího vibrace. Dále je na zařízení přítomný LED diodový indikátor termální funkce a ploška pro přenos tepla. Ve spodní části přístroje se nachází konektor USB-C pro nabíjení baterie (Manuál masážní pistole Flow NANO, 2021).

Výrobce také uvádí, že se jedná o revoluční zařízení, protože kombinuje PT a pozitivní termoterapii v jednom. Je dokonce uvedeno, že se jedná o celosvětově první masážní pistoli s touto kombinací. Pro zapnutí funkce tepelného nahřívání je zapotřebí kliknout dvakrát na spouštěcí tlačítko. K dispozici jsou 3 možné módy teploty, a sice 38 °C, 42 °C a 46 °C (Svět fyzioterapie, 2024).

Hlavice se liší nejen svým tvarem ale také zacílením. Zařízení umožňuje jejich jednoduchou výměnu. První z nich je kladivo, které se doporučuje pro ošetření celého těla nebo větších svalových skupin. Hlavice ve tvaru kulka má menší průměr a umožňuje fokusovanou aplikaci například na triggerpointy. Vidlice je doporučena pro oblast páteře, spodní krk, Achillovu šlachu nebo také kvadricepsy či lýtka. Tato hlavice by měla být používána s opatrností v oblastech s velkou bolestí. Posledním tvarem je koule vyrobená z pěny a je doporučena pro celé tělo nebo pro oblasti s větší bolestivostí.

Pistole Flow NANO disponuje 3 různými módy aplikace PT. První z nich je relaxační mód, druhý povzbuzující a třetí dobíjecí. Mezi jednotlivými módy lze jednoduše přepínat pomocí tlačítka.

Doba aplikace u této konkrétní masážní pistole se doporučuje kolem 60 s na region, přičemž 15 minut je celková doporučená doba aplikace. Pro větší úlevu je možné přístroj používat až 120 s.

## 5.6 Sledování, výsledky a analýza dat

Tato kapitola se zabývá popisem a analýzou účinků cvičební jednotky a následné fyzioterapeutické intervence na probanda. Zaměřuje se na kvantitativní a kvalitativní metody sledování, které byly aplikovány pro hodnocení intenzity a charakteru DOMS.

Pro porovnání získaných dat byl použit medián jako robustní ukazatel centrální tendence. Volba mediánu byla motivována charakterem dat, která mohou být asymetricky rozložena a obsahovat odlehlé hodnoty. V porovnání s průměrem, který může být těmito extrémny zkreslen, medián poskytuje stabilnější měřítko, odolné vůči atypickým výkyvům. Tato metoda zajišťuje věrohodnější interpretaci bolesti u probanda a umožňuje objektivní hodnocení efektivity intervence pomocí masážní pistole.

V tabulce č. 2 jsou zobrazeny mediány všech naměřených hodnot z 32 dotazníků krátké formy McGill Pain Questionnaire v české verzi bez aplikace masážní pistole. Tabulka č. 3 zobrazuje hodnoty v rámci VAS a PPI.

<b>Před intervencí (mediány)</b>	<b>0 h</b>	<b>24 h</b>	<b>48 h</b>	<b>72 h</b>
Škubavá, bušivá	1	1	2	0
Vystřelující	0,5	1	2	0
Bodavá	0	0	0,5	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	2	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	1	0
Citlivá na dotek	1	2	2	1
Jako by mělo prasknout	0	1	0	0
Únavná - vysilující	0	2	2	1
Protivná	0	2	2	1
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0

**Tab. číslo 2 - mediány hodnot bolesti SF-MPQ bez intervence**

<b>Před intervencí (mediány)</b>	<b>0 h</b>	<b>24 h</b>	<b>48 h</b>	<b>72 h</b>
VAS	2	4,5	5	3
PPI	1	2	2	1

**Tab. číslo 3 - mediány hodnot bolesti VAS a PPI SF-MPQ bez intervence**

V tabulce č. 4 jsou znázorněny hodnoty mediánů naměřených hodnot z 32 dotazníků krátké formy McGill Pain Questionnaire v české verzi s následnou aplikací masážní pistole. Hodnoty zvýrazněné světle šedivou barvou znamenají zlepšení, naopak tmavě šedé hodnoty zhoršení po intervenci.

Po intervenci (mediány)	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	0	1	1	0
Vystřelující	0	1	1	0,5
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	1	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0,5	1	1,5	1
Tíživá (těžká)	0	1	0	0
Citlivá na dotek	0,5	1	2	1
Jako by mělo prasknout	0	0	0	0
Únavná-vysilující	0	1	2	0
Protivná	0	0,5	1	0
Strašná	0	0	0	0
Mučivá-krutá	0	0	0	0

**Tab. číslo 4 - mediány hodnot bolesti SF-MPQ s intervencí a vyznačené zlepšení/zhoršení**

Po intervenci (mediány)	0 h	24 h	48 h	72 h
VAS	1	3	3,5	2
PPI	1	1	2	1

**Tab. číslo 5 - mediány hodnot bolesti VAS a PPI s intervencí a vyznačené zlepšení/zhoršení**

Analýza mediánů z dat VAS naznačuje pokles intenzity bolesti ve všech čtyřech časových intervalech po intervenci masážní pistolí. U škály PPI byl zaznamenán ústup bolesti ihned po intervenci a 24 hodin poté. Kvalitativní charakteristiky bolesti se při hodnocení jednotlivých modalit různily; zatímco například citlivost na dotek a únavná- vyčerpávající bolest vykazovaly zlepšení, u jiných modalit bolesti bylo zjištěno zhoršení. Výsledky také naznačují, že zlepšení kvality bolesti nebylo konzistentní a měnilo se v závislosti na časovém intervalu po cvičební jednotce.

V příloze jsou poté jednotlivé tabulky (příloha č. 7 až 14) s naměřenými hodnotami. Čtyři tabulky jsou s hodnotami bez intervence a další čtyři s intervencí.

Tabulky s konkrétními naměřenými hodnotami obvodů pravé paže (příloha č. 15 až 18) jsou uvedeny v příloze. Pro zhodnocení tendence byl použit medián, což znázorňuje tabulka č 6.

Obvod pravé paže (medián)	Před cvičební jednotkou	Po cvičební jednotce
Bez intervence	30,5 cm	31 cm
S intervencí	31,5 cm	31,5 cm

**Tabulka č. 6 – mediány hodnot obvodu pravé paže před cvičební jednotkou a po cvičební jednotce v závislosti na aplikaci intervence či nikoliv**

Výsledky naznačují mírný nárůst obvodu paže po cvičební jednotce bez aplikace masážní pistole. Naopak změna obvodu s aplikací masážní pistole se ukázala jako nulová a nebyl naměřen rozdíl obvodu před cvičební jednotkou a po ní. Výchozí hodnoty před cvičební jednotkou bez intervence a s intervencí se liší.

## 6 DISKUZE

### 6.1 Interpretace a kontextualizace výsledků

Výsledky ukázaly, že po odporovém tréninku v rámci cvičební jednotky došlo k vyvolání symptomů DOMS u netrénovaného jedince, což je v souladu s očekávanými krátkodobými reakcemi na neobvyklou fyzickou zátěž. Především intenzita bolesti měřená dotazníkem McGill Pain Questionnaire a vizuální analogovou škálou (VAS) dosáhla vrcholu během 48 hodin po cvičení, což odráží běžný průběh DOMS uvedený v literatuře (Hotfiel et al., 2018).

Šetření intenzity DOMS bylo provedeno 30 minut po cvičební jednotce, a dále 24, 48 a 72 hodin poté, což umožnilo sledovat vývoj a dynamiku bolesti. Ačkoli podle Hotfiel et al. (2018) obvykle DOMS dosahují maximální intenzity mezi 48 a 72 h po indukovaném fyzickém zatížení, výsledky této kazuistiky naznačují nejvyšší intenzitu bolesti již kolem 24 a 48 h po cvičební jednotce. Tento nálezní koresponduje se studií Yu et al. (2015), která popisuje allodynii, zvýšenou citlivost v distálních částech kosterních svalů, vrcholící přibližně 24 až 48 hodin po cvičení. Tyto rozdíly ve vrcholovém čase bolesti ukazují na variabilitu individuálních odpovědí na fyzickou zátěž a zdůrazňují důležitost personalizovaného přístupu.

Je důležité poznamenat, že i když v některých případech došlo ke zmírnění bolesti, některé kvalitativní aspekty bolesti, jako je bodavá nebo křečovitá bolest, zůstaly nezměněny nebo dokonce zaznamenaly zhoršení. To může naznačovat, že masážní pistole může mít selektivní účinek na různé modalities bolesti, což by mělo být zkoumáno v budoucích studiích s větším počtem probandů a různorodější skupinami.

I když výsledky neodhalily výrazné snížení bolesti po aplikaci masážní pistole ve všech kategoriích dotazníku McGill Pain Questionnaire, bylo patrné zlepšení v některých specifických typech bolesti, jako je například citlivá na dotek nebo šubavá bolest. To může naznačovat potenciální cílený efekt intervence na určité sensorické kvality bolesti.

Měření obvodu pravé paže naznačilo zvětšení obvodu po cvičební jednotce. To může souviset se zvýšenou perfuzí krve a s otokem, což má za následek zvětšení objemu a tudíž i obvodu paže.



Předpokladem je to, že aplikace masážní pistole po cvičební jednotce měla vliv na naměřený obvod paže. Obvod paže se totiž po aplikaci masážní pistole po cvičební jednotce nezměnil oproti výchozí hodnotě před cvičební jednotkou.

Lze také předpokládat, že v průběhu dvou měsíců se proband zadaptoval, a proto je výchozí hodnota obvodu paže před cvičební jednotkou větší u měřeních s aplikací masážní pistole než dřívějších cvičebních jednotek bez intervence před cvičební jednotkou.

## 6.2 Variabilita odpovědí

Zajímavostí také je, že některé dimenze bolesti zůstaly nezměněny nebo dokonce zaznamenaly zhoršení, což naznačuje možnou variabilitu individuální odpovědi na intervenci pomocí masážní pistole. Individuální rozdíly ve vnímání bolesti jsou ovlivněny řadou faktorů, včetně demografických, genetických a psychosociálních proměnných (Fillingim, 2005).

## 6.3 Srovnání s předchozími studii

Použití masážních pistolí může mít na jednotlivce různé účinky. Ferreira (2023) zjistil, že masážní pistole aplikující PT mohou zlepšit flexibilitu a podpořit regeneraci, ale nikoliv sílu nebo výkon. Leabeater (2023) naopak uvedl malý účinek na zvětšení ROM kotníku, snížení obvodu lýtky a zvětšení izometrické síly a vytrvalosti. Výsledky uvádějí také malé zvýšení bolesti svalů, do 4 h po aplikaci PT, avšak nejsou považovány za statisticky významné. Proband v této kazuistice naopak popisoval zmírnění symptomů již 30 min po aplikaci PT. Sams (2023) zjistil, že PT může zvýšit svalovou sílu, výbušnou svalovou sílu a flexibilitu a snížit muskuloskeletální bolesti. Tato zjištění naznačují, že individuální variabilita v reakci na masážní pistolí může významně ovlivnit výsledky studie.

Roberts et al. (2024) zjistil že aplikace PT nezmírňovala bolest v prvních 48 h od cvičební jednotky. Toto zjištění je opačné než naměřené hodnoty. U probanda se dostavilo zlepšení již 30 minut po aplikaci masážní pistole i 24 h poté. V kategorii tupá-přetrvávající bolest došlo však ke zhoršení v intervalu po cvičební jednotce, ale většina modalit bolesti se zlepšila spolu s VAS i PPI.

Studie Roberts et al. (2024) zkoumala účinky PT na regeneraci po intenzivním excentrickém cvičení zaměřeném na m. biceps brachii. PT poskytla dočasnou úlevu od DOMS, zejména když byla aplikována pravidelně během prvních 72 hodin po cvičení. Výsledky naznačují, že PT může být prospěšná ke snížení DOMS po fyzické námaze, přičemž dala výsledky do souvislosti s testovaným vzorkem, kterým byli netrénovaní vysokoškolští jedinci. Studie však použila jiný dotazník hodnocení bolesti a nelze ji snadno porovnat.

Nedávné studie porovnávaly účinnost masážních pistolí s jinými technikami při léčbě DOMS. Studie Doss (2020) uvedla, že pasivní stretching i masáž byly účinné při snižování symptomů DOMS, přičemž pasivní protahování vykazovalo větší zmírnění bolesti. Angelopoulos (2022) zjistil, že CWI a sportovní masáž zlepšily míru bolesti, ale ne funkčnost u sportovců s DOMS. Martin et al. (2021) poukazuje na to, že PT pomocí masážní pistole je efektivní způsob pro zvýšení ROM a snížení redukci symptomů DOMS. Studie zároveň naznačuje, že PT nemoduluje negativně aktivaci svalů a generaci síly. Martin et al. (2021) však poukazuje na nutnost dalšího výzkumu v souvislosti s opakovanými aplikacemi PT a porovnání s jednorázovou aplikací. Vzhledem k omezenému počtu studií porovnávající přímo masážní pistoli a ostatní techniky pro úlevu od DOMS, lze zmínit některé studie týkající se masáže jako takové, i přes to, že existují značné odchylky. Studie od Visconti (2020) nezjistila žádné významné rozdíly ve snížení bolesti mezi dlouhovlnnou diatermií, falešnou dlouhovlnnou diatermií a manuální masáží. Všechny tyto studie (Doss, 2020, Angelopoulos, 2022, Martin et al. 2021, Visconti 2020) naznačují, že masážní pistole by mohly být stejně účinné jako jiné techniky při léčbě DOMS, ale je zapotřebí dalšího výzkumu pro přímé srovnání účinnosti masážních pistolí a dalších technik.

Řada metaanalýz prokázala, že masáž jako taková je účinná při snižování DOMS a zlepšování svalového výkonu po intenzivním cvičení (Guo et al., 2017, Dupuy et al., 2018). Metaanalýza Nahon et al. (2021) poukazuje také na nízkou kvalitu důkazů, přičemž zjistila, že kryoterapie, fototerapie, VT, ultrazvuk, masáž a aktivní regenerace v podobě cvičení má pozitivní vliv na bolest související s DOMS. Všechny tyto metaanalýzy se však přímo nezabývaly účinností PT a souvislostí s DOMS. K určení konkrétního dopadu PT na DOMS je proto zapotřebí dalšího výzkumu.

Výsledky systematického literárního přehledu Sams et al. (2023) naznačují, že PT, aplikovaná pomocí masážní pistole, může podporovat akutní zlepšení ve svalové síle, explozivní svalové síle, flexibilitě a snížení bolesti ve srovnání s alternativní technikou, placebem nebo žádnou léčbou. Výsledky bakalářské práce naznačují snížení bolesti se i v tomto případě prokázalo, avšak pouze v některých modalitách a v určitých časových obdobích. Dále byly některé parametry bolesti zhoršeny. Systematický přehled Sams et al. (2023) se však nezabýval modalitami bolesti jako takovými.

## 6.4 Limitace studie

Ačkoliv jsou svaly horní končetiny používány méně než například svaly na dolních končetinách u každodenních aktivit dle Chen et al. (2011), stále existuje riziko ovlivnění výsledků studie. Proband měl zakázaný jiný odporový trénink v průběhu 2 měsíců, avšak je možné, že každodenní aktivity mohly ovlivnit symptomy DOMS a následně také zkreslit výsledky. Dalším faktorem je plavání, přičemž byl nastaven limit minimálně 2 dny před cvičební jednotkou neplavat. I přes tento limit, mohla tato fyzická aktivita ovlivnit výsledky studie.

Dalším potenciálním limitem studie mohla být adaptace probanda na fyzickou zátěž v průběhu času. Během provádění opakovaných cvičebních jednotek může dojít k postupnému zvykání organismu na danou fyzickou aktivitu, což může ovlivnit jak intenzitu prožívaných symptomů DOMS, tak i subjektivní vnímání bolesti. Tato adaptace může dle Meneghel (2013) vést k postupnému snižování bolesti a dalších symptomů s každou další cvičební jednotkou, což by mohlo zkreslit výsledky týkající se účinnosti zvolené intervence masážní pistole. Je tedy možné, že pozorované změny v intenzitě bolesti nebyly výlučně následkem aplikace masážní pistole, ale částečně mohly být způsobeny také adaptací těla na opakované cvičení.

Významnou limitací této studie bylo farmakologické pozadí probanda, zvláště jeho užívání selektivních inhibitorů zpětného vychytávání serotoninu (SSRI) pro léčbu úzkosti a depresivní poruchy. Výzkum Labotz et al. (2006), naznačuje klinicky relevantní souvislost mezi užíváním SSRI a rhabdomyolýzou po excentrickém tréninku. I když tato studie nezaznamenala žádné případy rhabdomyolýzy, přítomnost SSRI v anamnéze mohla ovlivnit fyzickou odpověď na cvičení a reakci na bolest. Další studie Brannan et al. (2005) poukazuje na to, že SSRI farmaka mohou alterovat vnímání bolesti, což může významně ovlivnit interpretaci výsledků týkajících se bolesti spojené s DOMS. Proto byla při dávkování cvičebních jednotek a aplikaci masážní pistole

vyžadována zvýšená opatrnost. Tyto faktory byly klíčové pro zajištění bezpečnosti a validnosti zjištění, nicméně přítomnost SSRI ve farmakologické historii probanda mohla komplikovat jednoznačné určení účinků cvičení a masážní pistole na DOMS, což omezuje generalizovatelnost výsledků na širší populaci.

V rámci cvičební jednotky byl stanoven standardní odpočinek mezi sériemi na jednu minutu. Nicméně, v praxi byly intervaly odpočinku mezi jednotlivými cviky v některých případech nekonzistentní, což bylo způsobeno kapacitou posilovny. Tato variabilita v délce odpočinku mohla potenciálně ovlivnit intenzitu a kvalitu tréninkové jednotky, což představuje další limitaci studie. Tato nejednotnost odpočinků může mít dle Salles et al. (2009) vliv na výsledky a jejich interpretaci, protože délka odpočinku mezi sériemi a cviky může alterovat fyziologickou reakci na cvičební jednotku.

Dále mohlo provádění některých cviků po jiných mohlo ovlivnit únavu svalů a jejich schopnost udržet konzistentní intenzitu a objem tréninku. Tato variabilita může mít vliv na interpretaci výsledků, zejména pokud jde o účinnost cvičební jednotky s cílem vyvolat DOMS.

Praktické části se zúčastnil pouze jeden proband, což také omezuje generalizovatelnost výsledků. Dále nebylo měření obvodu využito k posouzení dlouhodobých změn, což může skrývat další relevantní informace.

Jako limitace výběru netrénovaného jedince jako probanda může být vnímáno to, že výsledky nemusí být přímo aplikovatelné na trénovanější jedince, kvůli tomu, že obě skupiny mohou mít odlišnou toleranci k bolesti, rozdílnou rychlost regenerace i následnou odpověď na fyzioterapeutickou intervenci. Trénovaní jedinci jsou adaptabilnější na fyzickou zátěž, což může ztížit srovnání různých intervencí v kontextu různé fyzické zdatnosti. Fillingim (2005) naznačuje, že u netrénovaných jedinců je vnímání bolesti s reakcí na DOMS variabilnější, a tím pádem může být u takového probanda obtížnější interpretovat efekt masážní pistole.

Je důležité zdůraznit, že masážní pistole by neměla být používána na místa s vysokou bolestivostí a měla by se vyhnout aplikaci na oblasti, kde je riziko rhabdomyolýzy při nesprávném použití. Riziko rhabdomyolýzy se zvyšuje při nesprávném použití masážních pistolí, zejména když je aplikace příliš intenzivní nebo dlouhá, což může způsobit nadměrný stres pro svaly. Zvláště riskantní je použití na již poškozené nebo velmi citlivé svaly. Nesprávné použití může způsobit mikrotraumata svalových vláken, která mohou vést k rhabdomyolýze.

U specifického zaměření na m. biceps brachii a m. brachialis, by měla být data interpretována s opatrností vzhledem k omezenému rozsahu aplikace a potenciální individuální variabilitě v reakci na terapii. Tato variabilita může být ovlivněna mnoha faktory, včetně fyzické kondice a existujících onemocnění, což zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu pro lepší pochopení účinků této terapie na různé skupiny populace.

Limitací výzkumu je také použití krejčovského metru jako nástroje pro měření změn obvodu paže. Měření tímto nástrojem je považováno za nepříliš objektivní metodu.

## 6.5 Doporučení pro budoucí výzkum

Další výzkum s větším počtem probandů by mohl poskytnout rozšířenější pohled na efekty cvičební jednotky a následné intervenci pomocí masážní pistole. V budoucích studiích by bylo vhodné zvážit také delší sledovací období.

Variabilita odpovědi na fyzickou zátěž je běžným jevem ovlivněným faktory jako je zdatnost, genetika, úroveň regenerace a další. Budoucí studie by se měly těmto faktorům věnovat a nalézt mezi nimi korelace.

Porozumění této variability je klíčové pro přizpůsobení tréninkového plánu individuálním potřebám každého účastníka. Lepší pochopení tohoto jevu by mohlo vést k vytvoření efektivnějšího a tréninkového plánů se snížením rizik.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na evaluaci účinnosti masážní pistole Flow NANO při zmírňování symptomů DOMS na m. biceps brachii a m. brachialis. Výsledky ukázaly, že pravidelná aplikace masážní pistole v rámci několika minut může efektivně snižovat určité aspekty bolesti způsobené DOMS po fyzické zátěži u měřeného probanda. Výsledky ukazují, že metoda zlepšila subjektivní hodnocení pomocí VAS ve všech časových intervalech. Hodnoty PPI byly menší pouze do 48 h po cvičební jednotce.

Přestože výsledky naznačují většinou pozitivní výsledky, je třeba mít na paměti, že široké validaci těchto závěrů omezuje omezený počet probandů a krátkodobý horizont sledování. Pro hlubší pochopení efektivity masážní pistole je zásadní rozšíření výzkumu na větší vzorek a zahrnutí různorodosti v populaci účastníků. Dlouhodobé sledování by mohlo odhalit trvalost účinků. Rovněž je doporučeno prozkoumat vliv různých režimů aplikace, aby bylo možné optimalizovat protokoly PT pro různé typy fyzické zátěže a individuální potřeby uživatelů. Budoucí studie by měly rovněž zahrnovat kontrolní skupiny a možná i jiné terapeutické přístupy, aby bylo možné srovnání a lepší pochopení, jak masážní pistole Flow NANO funguje v porovnání s tradičními metodami zmírnění DOMS.

Masážní pistole Flow NANO se ukazuje jako slibný nástroj, ale její účinnost a bezpečnost vyžadují další objektivní hodnocení a validaci v širším klinickém kontextu. Tato práce přispívá k rozšíření znalostí o terapeutických metodách pro zmírnění symptomů DOMS a nastiňuje důležitost dalšího výzkumu v této oblasti.

## REFERENČNÍ SEZNAM

AKEHURST, Harold, John E. GRICE, Manuela ANGIOI, Dylan MORRISSEY, Filippo MIGLIORINI, Nicola MAFFULLI a Fei YAO, 2021. Whole-body vibration decreases delayed onset muscle soreness following eccentric exercise in elite hockey players: a randomised controlled trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* [online]. **16**(1), 159-161 [cit. 2024-02-03]. ISSN 1749-799X. Dostupné z: doi:10.1186/s13018-021-02760-4

ALBASINI, A., Martin KRAUSE a Ingo Volker REMBITZKI, 2012. Using Whole Body Vibration in Physical Therapy and Sport. In: *Journal of Physiotherapy & Sports Medicine* [online]. 1. 2010. Elsevier [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-7020-3173-1.X0001-4

ALVARADO, Fany, Kevin A. VALENZUELA, Amanda FINN, Elizabeth L. AVILA, Jill A. CRUSSEMEYER a Mikiko NAKAJIMA, 2021. Effects Of Percussion Therapy (Theragun™) On Athletic Performance And Range Of Motion: A Systematic Literature Review. *International Journal of Sports Physical Therapy*[online]. **53**(8S), 152-152 [cit. 2024-02-03]. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/01.mss.0000760876.37503.3c

ARMSTRONG, RB, 1984. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc.* [online]. **16**(6), 529-538 [cit. 2024-02-15]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6392811/>

ARMSTRONG, W Jeffrey, David C GRINNELL, Gabriel S WARREN, N. ABDELKABER a M. KAZEMI, 2010. The Acute Effect of Whole-Body Vibration on the Vertical Jump Height. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **24**(10), 2835-2839 [cit. 2024-01-22]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181e271cc

AU, Y., Michael D. ROBERTS, Cody T. HAUN a Brad J. SCHOENFELD, 2004. The muscle ultrastructure: a structural perspective of the sarcomere. *Cellular and Molecular Life Sciences* [online]. **61**(24), 3016-3033 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1420-682X. Dostupné z: doi:10.1007/s00018-004-4282-x

BAYER, Jiří, 2020. Silový trénink jako součást sportovní přípravy dětí a adolescentů [online]. Brno [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/th/262610/ff\\_b/Bakalarska\\_prace\\_262610.pdf](http://is.muni.cz/th/262610/ff_b/Bakalarska_prace_262610.pdf). Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Mgr. Bc. Kateřina Stražilová.

BOYD, Lachlan, Glen B. DEAKIN, Baily DEVANTIER-THOMAS, et al., 2023. The Effects of Pre-conditioning on Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. **53**(8), 1537-1557 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-023-01839-8

BOYD, Lachlan, Glen B. DEAKIN, Baily DEVANTIER-THOMAS, Utkarsh SINGH a Kenji DOMA, 2023. The Effects of Pre-conditioning on Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine* [online]. **53**(8), 1537-1557 [cit. 2024-02-23]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-023-01839-8

BUDGETT, R, LIESELOT DECROIX, NIELS TIMMERMANS, KURT BARBÉ, RUTH VERRELST a ROMAIN MEEUSEN, 2019. Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **34**(1), 67-68 [cit. 2024-04-29]. ISSN 03063674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.34.1.67

BUYSE, LUK, LIESELOT DECROIX, NIELS TIMMERMANS, KURT BARBÉ, RUTH VERRELST a ROMAIN MEEUSEN, 2019. Improving the Diagnosis of Nonfunctional Overreaching and Overtraining Syndrome [online]. **51**(12), 2524-2530 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000002084

CALDERÓN, Juan C., Pura BOLAÑOS, Carlo CAPUTO, C. BYRNE, S. E. WALSH, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS a A. Z. JAMURTAS, 2014. The excitation–contraction coupling mechanism in skeletal muscle: Risks and Benefits. *Biophysical Reviews* [online]. **6**(1), 133-160 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1867-2450. Dostupné z: doi:10.1007/s12551-013-0135-x

COCHRANE, Darryl J, Pura BOLAÑOS, Carlo CAPUTO, C. BYRNE, S. E. WALSH, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS a A. Z. JAMURTAS, 2013. Good vibrations? – The use of vibration therapy for exercise recovery, injury prevention and rehabilitation: Risks and Benefits. *Physical Therapy Reviews* [online]. 2013-11-12, **16**(6), 438-454 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1083-3196. Dostupné z: doi:10.1179/1743288X11Y.0000000034



COCHRANE, Darryl J., 2017. Effectiveness of using wearable vibration therapy to alleviate muscle soreness. *European Journal of Applied Physiology*[online]. **117**(3), 501-509 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1439-6319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-017-3551-y

COMEAX, Zachary, A. B. LEMMEY, P. MCHUGH, C. BYRNE, S. E. WALSH, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS a A. Z. JAMURTAS, 2011. Dynamic fascial release and the role of mechanical/vibrational assist devices in manual therapies: Risks and Benefits. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. **15**(1), 35-41 [cit. 2024-04-29]. ISSN 13608592. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbmt.2010.02.006

CONNOLLY, DA, SP SAYERS a MP MCHUGH, 2003. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J. Strength. Cond. Res.* [online]. **17**(1), 197-208 [cit. 2024-01-18]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12580677/>

ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie. Třetí, upravené a doplněné vydání.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.

DEBOLD, Edward P., Joseph B. PATLAK a David M. WARSHAW, 2005. Slipping Sliding Away: Load-Dependence of Velocity Generated by Skeletal Muscle Myosin Molecules in the Laser Trap. *Biophysical Journal* [online]. **89**(5), L34-L36 [cit. 2024-04-5]. ISSN 00063495. Dostupné z: doi:10.1529/biophysj.105.072967

DUPUY, Olivier, Wafa DOUZI, Dimitri THEUROT, Laurent BOSQUET a Benoit DUGUÉ, 2018. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology* [online]. 2018-4-26, 9 [cit. 2024-04-27]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2018.00403

DUPUY, Olivier, Wafa DOUZI, Dimitri THEUROT, Laurent BOSQUET, Benoit DUGUÉ, Nicola MAFFULLI a Fei YAO, 2018. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology* [online]. 2018-4-26, **9**(1), 159-161 [cit. 2024-02-03]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2018.00403

E NOTO, Rachel, Logan LEAVITT a Mary Ann EDENS. *Physiology, Muscle* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532258/>

ESTON, R. G., A. B. LEMMEY, P. MCHUGH, C. BYRNE, S. E. WALSH, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS a A. Z. JAMURTAS, 2000. Effect of stride length on symptoms of exercise-induced muscle damage during a repeated bout of downhill running: Risks and Benefits. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **10**(4), 199-204 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1034/j.1600-0838.2000.010004199.x

FERREIRA, Ricardo Maia, Rafael SILVA, Pedro VIGÁRIO, Pedro Nunes MARTINS, Filipe CASANOVA, Ricardo Jorge FERNANDES, António Rodrigues SAMPAIO a A. Z. JAMURTAS, 2023. The Effects of Massage Guns on Performance and Recovery: A Systematic Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* [online]. **8**(3), 438-454 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2411-5142. Dostupné z: doi:10.3390/jfmk8030138

FILLINGIM, Roger B., 2005. Individual differences in pain responses. *Current Rheumatology Reports* [online]. **7**(5), 342-347 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1523-3774. Dostupné z: doi:10.1007/s11926-005-0018-7

FRONTERA, Walter R. a Julien OCHALA, 2015. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International* [online]. **96**(3), 183-195 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0171-967X. Dostupné z: doi:10.1007/s00223-014-9915-y

GARZA REYES, Arnulfo, Noor-Us-Sabah AHMAD, Matthew G. FIELD, Sarah SKILES, Thomas A. OETTING, Danyang ZHU a Fei YAO, 2024. Traumatic cataract induced by improper use of a percussion massage gun: A case report. *American Journal of Ophthalmology Case Reports* [online]. **33**(49), 126-135 [cit. 2024-02-03]. ISSN 24519936. Dostupné z: doi:10.1016/j.ajoc.2024.101995

GASH, Matthew C., Patricia F. KANDLE, Ian V. MURRAY a Matthew VARACALLO, 202n. 1. Physiology, Muscle Contraction [online]. 2023. StatPearls Publishing [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537140/>

GAULT, Mandy, John M. WOOLF, Michael D. LEWEK, Lynn SNYDER-MACKLER, Trude REICH a Stan L. LINDSTEDT, 2013. Aging, Functional Capacity and Eccentric Exercise Training: Their Contribution to Injury, Prevention, Rehabilitation, and Sport. *Aging and Disease* [online]. 2013-12-01, **4**(6), 351-363 [cit. 2024-04-29]. ISSN 21525250. Dostupné z: doi:10.14336/AD.2013.0400351

- GERMANN, D., A. EL BOUSE, J. SHNIER, N. ABDELKABER a M., 2018. Effects of local vibration therapy on various performance parameters: a narrative literature review. *Journal of the Canadian Chiropractic Association* [online]. **62**(3), 170-181 [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6319432/>
- GIBSON, William, Lars ARENDT-NIELSEN a Thomas GRAVEN-NIELSEN, 2006. Delayed onset muscle soreness at tendon–bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain. *Experimental Brain Research* [online]. 174(2), 351-360 [cit. 2024-04-27]. ISSN 0014-4819. Dostupné z: doi:10.1007/s00221-006-0466-y
- HAFEN, BB a B. BURNS, 2023. *Physiology, Smooth Muscle* [online]. 2023. StatPearls Publishing [cit. 2024-02-05]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526125/>
- HALSON, Shona L, Asker E JEUKENDRUP, NIELS TIMMERMANS, KURT BARBÉ, RUTH VERRELST a ROMAIN MEEUSEN, 2004. Does Overtraining Exist? *Sports Medicine* [online]. **34**(14), 967-981 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200434140-00003
- HEISS, Rafael, Christoph LUTTER, Jürgen FREIWALD, et al., 2019. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) – Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletzung · Sportschaden*[online]. 2019-03-13, **33**(01), 21-29 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0932-0555. Dostupné z: doi:10.1055/a-0810-3516
- HENDERSON, Christine A., Christopher G. GOMEZ, Stefanie M. NOVAK, Lei MI-MI a Carol C. GREGORIO, 2017. Overview of the Muscle Cytoskeleton. *Comprehensive Physiology* [online]. 7(3), [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: doi:10.1002/cphy.c160033
- HODY, Stéphanie, Jean-Louis CROISIER, Thierry BURY, Bernard REGISTER a Pierre LEPRINCE, 2019. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Frontiers in Physiology* [online]. 2019-5-3, **10**(2), 145-164 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2019.00536
- HOHENAUER, Erich, Jan TAEYMANS, Jean-Pierre BAEYENS, et al., 2015. The Effect of Post-Exercise Cryotherapy on Recovery Characteristics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*[online]. 2015-9-28, **10**(9), 21-29 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0139028

HORTOBÁGYI, Tibor, Frank I. KATCH, Thierry BURY, Bernard REGISTER a Pierre LEPRINCE, 1990. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension: Risks and Benefits. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **60**(5), 395-401 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.1007/BF00713506

HORTOBÁGYI, Tibor, Frank I. KATCH, Thierry BURY, Bernard REGISTER a Pierre LEPRINCE, 1990. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension: Risks and Benefits. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **60**(5), 395-401 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0301-5548. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2016.00483

HOTFIEL, T., H.-D. CARL, B. SWOBODA, M. HEINRICH, R. HEISS, C. GRIM a M. ENGELHARDT, 2016. Konservative Therapie von Muskelverletzungen – Beurteilung aktueller Behandlungskonzepte: A pilot study. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* [online]. 2016-06-28, **154**(03), 245-253 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1864-6697. Dostupné z: doi:10.1055/s-0042-100479

HOTFIEL, Thilo, Jürgen FREIWALD, Matthias HOPPE, et al., 2018. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletzung · Sportschaden*[online]. 2018-12-11, **32**(04), 243-250 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0932-0555. Dostupné z: doi:10.1055/a-0753-1884

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK, 2017. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-420-0.

CHEATHAM, Scott W, Russell T BAKER, David G BEHM, Kyle STULL a Morey J KOLBER, 2021. Mechanical Percussion Devices: A Survey of Practice Patterns Among Healthcare Professionals. *International Journal of Sports Physical Therapy*[online]. **16**(3) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2159-2896. Dostupné z: doi:10.26603/001c.23530

CHEN, Jian, Fan ZHANG, Haizhu CHEN, Hui PAN, Lingling ZHANG, Danyang ZHU a Fei YAO, 2021. Rhabdomyolysis After the Use of Percussion Massage Gun: A Case Report. *Physical Therapy*[online]. 2021-01-04, **101**(1), 126-135 [cit. 2024-02-03]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/pzaa199

CHEUNG, Karoline, Patria A HUME a Linda MAXWELL, 2003. Delayed Onset Muscle Soreness. *Sports Medicine* [online]. **33**(2), 145-164 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200333020-00005

ISABELL, WK, E DURRANT, W MYRER a S ANDERSON, 1992. The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train.* [online]. **27**(3), 208-217 [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16558163/>

JANDA, Vladimír, Alena HERBENOVÁ, Jana JANDOVÁ a Dagmar PAVLŮ, 2004. *Svalové funkční testy.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-0722-8.

KELLMANN, Michael, Maurizio BERTOLLO, Laurent BOSQUET, et al., 2018. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*[online]. **13**(2), 240-245 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1555-0265. Dostupné z: [doi:10.1123/ijsp.2017-0759](https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759)

KOLWICZ, Stephen C., Suneet PUROHIT a Rong TIAN, 2013. Cardiac Metabolism and its Interactions With Contraction, Growth, and Survival of Cardiomyocytes: A Randomized Controlled Crossover Trial. *Circulation Research* [online]. 2013-08-16, **113**(5), 603-616 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0009-7330. Dostupné z: [doi:10.1161/CIRCRESAHA.113.302095](https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.113.302095)

KONRAD, A., C. GLASHÜTTNER, M. REINER, D. BERNSTEINER a M. TILP. The Acute Effects of a Percussive Massage Treatment with a Hypervolt Device on Plantar Flexor Muscles' Range of Motion and Performance. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. **19**(4) [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7675623/>

KUIPERS, H., 1994. Exercise-Induced Muscle Damage. *International Journal of Sports Medicine*[online]. **15**(03), 132-135 [cit. 2024-02-15]. ISSN 0172-4622. Dostupné z: [doi:10.1055/s-2007-1021034](https://doi.org/10.1055/s-2007-1021034)

LASTAYO, Paul C., John M. WOOLF, Michael D. LEWEK, Lynn SNYDER-MACKLER, Trude REICH a Stan L. LINDSTEDT, 2003. Eccentric Muscle Contractions: Their Contribution to Injury, Prevention, Rehabilitation, and Sport. *Med Sci Sports Exerc* [online]. **33**(10), 557-571 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0190-6011. Dostupné z: [doi:10.2519/jospt.2003.33.10.557](https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.10.557)

LEABEATER, Alana J., Anthea C. CLARKE, Lachlan JAMES, Minh HUYNH a Matthew DRILLER, 2024. Under the Gun: Percussive Massage Therapy and Physical and Perceptual Recovery in Active Adults. *Journal of Athletic Training* [online]. 2024-03-01, **59**(3), 310-316 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1938-162X. Dostupné z: [doi:10.4085/1062-6050-0041.23](https://doi.org/10.4085/1062-6050-0041.23)

LEWIS, Paul B., Deana RUBY a Charles A. BUSH-JOSEPH, 2012. Muscle Soreness and Delayed-Onset Muscle Soreness. *Clinics in Sports Medicine*[online]. **31**(2), 255-262 [cit. 2024-04-29]. ISSN 02785919. Dostupné z: doi:10.1016/j.csm.2011.09.009

LINDSAY, Angus, Gavin ABBOTT, Christopher P. INGALLS a Cory W. BAUMANN, 2021. Muscle Strength Does Not Adapt From a Second to Third Bout of Eccentric Contractions: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Repeated Bout Effect. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **35**(2), 576-584 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000003924

LINDSTEDT, S. L., P. C. LASTAYO, T. E. REICH, Bernard ROGISTER a Pierre LEPRINCE, 2001. When Active Muscles Lengthen: Properties and Consequences of Eccentric Contractions. *Physiology*[online]. **16**(6), 256-261 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1548-9213. Dostupné z: doi:10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256

LOPEZ, A. D., C. D. MATHERS a Rong TIAN, 2013. Measuring the global burden of disease and epidemiological transitions: 2002–2030. *Circulation Research* [online]. 2013-07-18, **100**(5-6), 481-499 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0003-4983. Dostupné z: doi:10.1179/136485906X97417

LU, Xingang, Yiru WANG, Jun LU, Yanli YOU, Lingling ZHANG, Danyang ZHU a Fei YAO, 2019. Does vibration benefit delayed-onset muscle soreness?: a meta-analysis and systematic review. *Journal of International Medical Research* [online]. **47**(1), 3-18 [cit. 2024-02-03]. ISSN 0300-0605. Dostupné z: doi:10.1177/0300060518814999

Manuál masážní pistole Flow NANO [online], 2021. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.easterncurrents.ca/wp-content/product-description-pdfs/nano-massager-manual.pdf?sfvrsn=2>

MARTIN, Jack, 2021. A critical evaluation of percussion muscle gun therapy as a rehabilitation tool focusing on lower limb mobility. A literature review [online]. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://osf.io/preprints/sportrxiv/j9ya8>

MCCULLER, C., R. JESSU a AL. CALLAHAN, 2023. *Physiology, Skeletal Muscle* [online]. Treasure Island (FL). StatPearls Publishing [cit. 2024-01-06]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537139/>

MENEGHEL, A. J., A. H. CRISP, R. VERLENGIA a Ch. R. LOPES, 2013. Review of the Repeated Bout Effect in Trained and Untrained men. *International Journal of Sports Science* [online]. **3**(5), 147-156 [cit. 2024-03-23]. Dostupné z: doi:10.5923/j.sports.20130305.02

MICKLEWRIGHT, Dominic, 2009. The effect of soft tissue release on delayed onset muscle soreness: A pilot study. *Physical Therapy in Sport* [online]. **10**(1), 19-24 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2008.09.003

MU, Jiancheng, Wei FAN, Haizhu CHEN, Hui PAN, Lingling ZHANG, Danyang ZHU a Fei YAO, 2022. Lens subluxation after use of a percussion massage gun: A case report. *Medicine* [online]. **101**(49), 126-135 [cit. 2024-02-03]. ISSN 1536-5964. Dostupné z: doi:10.1097/MD.00000000000031825

MUELLER-WOHLFAHRT, Hans-Wilhelm, Lutz HAENSEL, Kai MITHOEFER, et al., 2013. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2013-03-24, **47**(6), 342-350 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2012-091448

N. SHEPSTONE, Timothy, 2003. The Effect of Velocity on Muscle Morphology Following Eccentric High-resistance Training in Young Males [online]. Ontario [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: [https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/22636/1/Shepstone\\_Timothy\\_N\\_2003\\_May\\_Masters..pdf](https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/22636/1/Shepstone_Timothy_N_2003_May_Masters..pdf). Magisterská práce. Mc Master University. Vedoucí práce Dr. Stuart M. Phillips.

NAIR, K Sreekumaran, Michael C. SHEN a Felipe C. G. REIS, 2005. Aging muscle: A Brief Review of Structure and Function. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **81**(5), 953-963 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/81.5.953

OSAWA, Y., Y. OGUMA a N. ISHII, 2013. The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions* [online]. **13**(3), 380-390 [cit. 2024-02-03]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23989260/>

OTTENHEIJM, Coen A. C., Henk GRANZIER, Cody T. HAUN a Brad J. SCHOENFELD, 2010. Lifting the Nebula: Novel Insights into Skeletal Muscle Contractility. *Physiology* [online]. **25**(5), 304-310 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1548-9213. Dostupné z: doi:10.1152/physiol.00016.2010

PAMUKOFF, Derek N., Eric D. RYAN, J. TROY BLACKBURN, N. ABDELKABER a M. KAZEMI, 2014. The acute effects of local muscle vibration frequency on peak torque, rate of torque development, and EMG activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. **24**(6), 888-894 [cit. 2024-01-22]. ISSN 10506411. Dostupné z: doi:10.1016/j.jelekin.2014.07.014

PARK, Seol, David C GRINNELL, Gabriel S WARREN, N. ABDELKABER a M. KAZEMI, 2020. Effect of Local Vibration on Triceps Surae Flexibility Compared to Static Stretching. *The Journal of Korean Physical Therapy* [online]. 2020-08-31, **32**(4), 245-249 [cit. 2024-01-22]. ISSN 1229-0475. Dostupné z: doi:10.18857/jkpt.2020.32.4.245

PASCHALIS, V., M. G. NIKOLAIDIS, G. GIAKAS, A. A. THEODOROU, G. K. SAKELLARIOU, I. G. FATOUROS, Y. KOUTEDAKIS a A. Z. JAMURTAS, 2010. Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women: Risks and Benefits. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*[online]. **20**(1), 395-401 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0905-7188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00920.x

PEAKE, Jonathan M., Llion A. ROBERTS, Vandre C. FIGUEIREDO, et al., 2017. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Physiology* [online]. **595**(3), 695-711 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1113/JP272881

PEETRONIS, P., Lutz HAENSEL, Kai MITHOEFER, et al., 2002. Ultrasound of muscles: The Munich consensus statement. *European Radiology* [online]. **12**(1), 35-43 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0938-7994. Dostupné z: doi:10.1007/s00330-001-1164-6

PERIASAMY, Muthu, Jose Luis HERRERA a Felipe C. G. REIS, 2017. Skeletal Muscle Thermogenesis and Its Role in Whole Body Energy Metabolism: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International* [online]. **41**(5), 183-195 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2233-6079. Dostupné z: doi:10.4093/dmj.2017.41.5.327

PICCIRILLO, Rosanna, Fabio DEMONTIS, Norbert PERRIMON a Alfred L. GOLDBERG, 2014. Mechanisms of muscle growth and atrophy in mammals and *Drosophila*. *Developmental Dynamics* [online]. **243**(2), 201-215 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1058-8388. Dostupné z: doi:10.1002/dvdy.24036



PLOTKIN, Daniel L., Michael D. ROBERTS, Cody T. HAUN a Brad J. SCHOENFELD, 2021. Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. *Sports* [online]. **9**(9), 201-215 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2075-4663. Dostupné z: doi:10.3390/sports9090127

Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome [online], 2013. **45**(1), 186-205 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0b013e318279a10a

ROBERTS, Trevor D., Pablo B. COSTA, Scott K. LYNN, Jared W. COBURN, Lingling ZHANG, Danyang ZHU a Fei YAO, 2005. Effects of Percussive Massage Treatments on Symptoms Associated with Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage: a meta-analysis and systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. **35**(3), 126-135 [cit. 2024-02-03]. ISSN 1303-2968. Dostupné z: doi:10.52082/jssm.2024.126

SAMS, Lorna, Ben L LANGDOWN, Joan SIMONS a Jitka VSETECKOVA, 2023. The Effect Of Percussive Therapy On Musculoskeletal Performance And Experiences Of Pain. *International Journal of Sports Physical Therapy* [online]. **18**(2) [cit. 2024-02-22]. ISSN 2159-2896. Dostupné z: doi:10.26603/001c.73795

SHADRIN, I. Y., A. KHODABUKUS a N. BURSAC, 2016. Striated muscle function, regeneration, and repair. *Cellular and Molecular Life Sciences* [online]. **73**(22), 4175-4202 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1420-682X. Dostupné z: doi:10.1007/s00018-016-2285-z

SHELL, Stephanie J., Katie SLATTERY, Brad CLARK, James R. BROATCH, Shona HALSON, Michael KELLMANN a Aaron J. COUTTS, 2020. Perceptions and use of recovery strategies: Do swimmers and coaches believe they are effective? *Journal of Sports Sciences* [online]. 2020-09-16, **38**(18), 2092-2099 [cit. 2024-02-22]. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2020.1770925

SORG, Tobias, Raymond BEST a MP MCHUGH, 2018. Muskelläsion: Exakte Diagnose erlaubt gute Einschätzung des Heilverlaufs. *J. Strength. Cond. Res.* [online]. **21**(1), 22-27 [cit. 2024-01-18]. ISSN 1435-0017. Dostupné z: doi:10.1007/s15002-018-1291-y

STANLEY, M, CHIPPA, NR AEDDULA, BS RODRIGUEZ a R. Rhabdomyolysis. *Stat Pearls* [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448168/>

SULKOWSKI, Kathryn, Georgina GRANT, Thomas BRODIE, Kyle STULL a Morey J KOLBER, 2022. Case Report: Vertebral Artery Dissection After Use of Handheld Massage Gun. *Clinical Practice and Cases in Emergency Medicine* [online]. 2022-5-19, **6**(2), 159-161 [cit. 2024-04-29]. ISSN 2474252X. Dostupné z: doi:10.5811/cpcem.2022.2.56046

SVĚT FYZIOTERAPIE. Masážní pistole Flow NANO [online]. [cit. 2024-04-29]. Dostupné z: <https://www.svetfyzioterapie.cz/sfshop/masazni-pistole-flow-nano-701456>

SZYMANSKI, David J., David C GRINNELL, Gabriel S WARREN, N. ABDELKABER a M. KAZEMI, 2001. Recommendations for the Avoidance of Delayed-Onset Muscle Soreness. *Strength and Conditioning Journal* [online]. **23**(4), 2835-2839 [cit. 2024-01-22]. ISSN 1524-1602. Dostupné z: doi:10.1519/00126548-200108000-00001

TENBERG, Sarah, Kazunori NOSAKA a Jan WILKE, 2022. The Relationship Between Acute Exercise-Induced Changes in Extramuscular Connective Tissue Thickness and Delayed Onset Muscle Soreness in Healthy Participants: A Randomized Controlled Crossover Trial. *Sports Medicine - Open*[online]. **8**(1) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2199-1170. Dostupné z: doi:10.1186/s40798-022-00446-7

The Stretch-Shortening Cycle A Model to Study Naturally Occurring Neuromuscular Fatigue, 2006. *Sports Medicine* [online]. **36**(11), 977-999 [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/6743940\\_The\\_stretch-shortening\\_cycle\\_a\\_model\\_to\\_study\\_naturally\\_occurring\\_neuromuscular\\_fatigue](https://www.researchgate.net/publication/6743940_The_stretch-shortening_cycle_a_model_to_study_naturally_occurring_neuromuscular_fatigue)

VEQAR, Z. a S. IMTIYAZ, 2012. Effect of Vibration in Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness: A Recent Update. *Journal of Physiotherapy & Sports Medicine* [online]. **1**(2), 75-85 [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/236582387\\_Effect\\_of\\_Vibration\\_in\\_Prevention\\_of\\_Delayed\\_Onset\\_Muscle\\_Soreness\\_A\\_Recent\\_Update](https://www.researchgate.net/publication/236582387_Effect_of_Vibration_in_Prevention_of_Delayed_Onset_Muscle_Soreness_A_Recent_Update)

VEQAR, Zubia, Eric D. RYAN, J. TROY BLACKBURN, N. ABDELKABER a M. KAZEMI, 2014. Vibration Therapy in Management of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS). *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH* [online]. **24**(6), 888-894 [cit. 2024-01-22]. ISSN 2249782X. Dostupné z: doi:10.7860/JCDR/2014/7323.4434

VISCONTI, Lorenzo, Corrado FORNI, Rudi COSER, Marco TRUCCO, Elisa MAGNANO a Gianpiero CAPRA, 2020. Comparison of the effectiveness of manual massage, long-wave diathermy, and sham long-wave diathermy for the management of delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial. *Archives of Physiotherapy* [online]. **10**(1) [cit. 2024-04-29]. ISSN 2057-0082. Dostupné z: doi:10.1186/s40945-019-0073-4

WEERAPONG, Pornratshanee, Patria A HUME, Gregory S KOLT, Yanli YOU, Lingling ZHANG, Danyang ZHU a Fei YAO, 2005. The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention: a meta-analysis and systematic review. *Sports Medicine* [online]. **35**(3), 235-256 [cit. 2024-02-03]. ISSN 0112-1642. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200535030-00004

WILKE, Jan, Michael BEHRINGER, NIELS TIMMERMANS, KURT BARBÉ, RUTH VERRELST a ROMAIN MEEUSEN, 2021. Is “Delayed Onset Muscle Soreness” a False Friend? The Potential Implication of the Fascial Connective Tissue in Post-Exercise Discomfort. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. **22**(17), 967-981 [cit. 2024-04-29]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms22179482

YU, Jae-Young, Jin-Gyu JEONG, Byung-Hun LEE, Marco TRUCCO, Elisa MAGNANO a Gianpiero CAPRA, 2015. Evaluation of muscle damage using ultrasound imaging: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science* [online]. **27**(2), 531-534 [cit. 2024-04-29]. ISSN 0915-5287. Dostupné z: doi:10.1589/jpts.27.531

ZIMMERMAN, Janice L., Michael C. SHEN a Felipe C. G. REIS, 2013. Rhabdomyolysis: A Brief Review of Structure and Function. *Chest* [online]. **144**(3), 1058-1065 [cit. 2024-04-29]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1378/chest.12-2016

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Obrázek probanda zepředu k aspekčnímu vyšetření	81
Příloha č. 2: Obrázek probanda zboku k aspekčnímu vyšetření	82
Příloha č. 3: Obrázek probanda zezadu k aspekčnímu vyšetření	83
Příloha č. 4: Tabulka – První měření SF-MPQ, VAS,PPI před intervencí	84
Příloha č. 5: Tabulka - Druhé měření SF-MPQ, VAS, PPI před intervencí	84
Příloha č. 6: Tabulka – Třetí měření SF-MPQ, VAS,PPI před intervencí	85
Příloha č. 7: Tabulka – Čtvrté měření SF-MPQ, VAS,PPI před intervencí	85
Příloha č. 8: Tabulka – První měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervencí	86
Příloha č. 9: Tabulka – Druhé měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervencí	86
Příloha č. 10: Tabulka – Třetí měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervencí	87
Příloha č. 11: Tabulka – Čtvrté měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervencí	87
Příloha č. 12: Tabulka – Měření obvodu pravé paže před cvičební jednotkou bez intervence	88
Příloha č. 13: Tabulka – Měření obvodu pravé paže po cvičební jednotce bez intervence	88
Příloha č. 14: Tabulka – Měření obvodu pravé paže před cvičební jednotkou s Intervencí	88
Příloha č. 15: Tabulka – Měření obvodu pravé paže po cvičební jednotce s intervencí	89
Příloha č. 16: Obrázek – Informovaný souhlas	89

## PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Obrázek probanda zepředu k aspekčnímu vyšetření



**Příloha č. 2: Obrázek probanda z boku k aspekčnímu vyšetření**



**Příloha č. 3: Obrázek probanda zezadu k aspekčnímu vyšetření**



**Příloha č. 4: Tabulka – První měření SF-MPQ, VAS, PPI před intervencí**

<b>První měření před intervencí</b>	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	1	1	2	0
Vystřelující	0	1	2	0
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	2	2	1
Tíživá (těžká)	0	2	1	0
Citlivá na dotek	1	1	2	1
Jako by mělo prasknout	0	1	1	0
Únavná - vysilující	1	2	2	1
Protivná	0	2	2	1
Strašná	0	1	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	3	5	6	3
PPI	1	2	2	1

**Příloha č. 5: Tabulka - Druhé měření SF-MPQ, VAS, PPI před intervencí**

<b>Druhé měření před intervencí</b>	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	1	1	2	0
Vystřelující	1	1	2	0
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	2	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	1	1
Citlivá na dotek	1	2	2	1
Jako by mělo prasknout	0	2	0	0
Únavná - vysilující	0	2	2	1
Protivná	0	2	2	1
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	2	5	5	3
PPI	1	2	2	1



**Příloha č. 6: Tabulka – Třetí měření SF-MPQ, VAS,PPI před intervencí**

<b>Třetí měření před intervencí</b>	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	1	1	1	0
Vystřelující	1	0	2	0
Bodavá	0	0	0	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	2	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	1	0
Citlivá na dotek	1	2	2	1
Jako by mělo prasknout	0	1	0	0
Únavná - vysilující	0	2	2	0
Protivná	0	2	1	1
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	2	4	4	3
PPI	1	2	2	1

**Příloha č. 7: Tabulka – Čtvrté měření SF-MPQ, VAS,PPI před intervencí**

<b>Čtvrté měření před intervencí</b>	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	1	1	2	0
Vystřelující	0	1	2	0
Bodavá	0	0	0	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	1	2	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	1	0
Citlivá na dotek	0	2	2	1
Jako by mělo prasknout	0	1	0	0
Únavná - vysilující	0	2	2	1
Protivná	0	2	2	1
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	2	4	5	3
PPI	1	1	2	1

**Příloha č. 8: Tabulka – První měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervenci**

Po první intervenci	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	0	1	1	0
Vystřelující	0	1	1	1
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	1	0	1	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	1	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	0	0
Citlivá na dotek	0	1	2	1
Jako by mělo prasknout	0	0	0	0
Únavná - vysilující	0	1	2	0
Protivná	0	0	1	0
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	1	3	4	2
PPI	1	1	2	1

**Příloha č. 9: Tabulka – Druhé měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervenci**

Po druhé intervenci	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	0	1	1	0
Vystřelující	0	1	1	1
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	0	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	1	1	2	1
Tíživá (těžká)	0	1	0	0
Citlivá na dotek	1	1	2	1
Jako by mělo prasknout	0	0	0	0
Únavná - vysilující	0	2	2	1
Protivná	0	1	2	1
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	1	2	3	2
PPI	1	2	2	1

**Příloha č. 10: Tabulka – Třetí měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervenci**

Po třetí intervenci	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	0	1	1	0
Vystřelující	0	0	1	0
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	1	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	0	1	1	1
Tíživá (těžká)	0	0	0	0
Citlivá na dotek	1	1	1	1
Jako by mělo prasknout	0	0	0	0
Únavná - vysilující	0	1	2	0
Protivná	0	0	1	0
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	1	3	3	2
PPI	1	1	2	1

**Příloha č. 11: Tabulka – Čtvrté měření SF-MPQ, VAS,PPI po intervenci**

Po čtvrté intervenci	0 h	24 h	48 h	72 h
Škubavá, bušivá	0	1	1	0
Vystřelující	0	1	1	0
Bodavá	0	0	1	0
Ostrá	0	0	0	0
Křečovitá	0	0	1	0
Hlodavá (jako zakousnutí)	0	0	0	0
Pálivá, palčivá	0	0	0	0
Tupá přetrvávající	1	1	1	1
Tíživá (těžká)	0	1	0	0
Citlivá na dotek	0	1	2	1
Jako by mělo prasknout	0	0	0	0
Únavná - vysilující	0	1	2	0
Protivná	0	1	1	0
Strašná	0	0	0	0
Mučivá - krutá	0	0	0	0
VAS	1	3	4	2
PPI	1	1	2	1

**Příloha č. 12: Tabulka – Měření obvodu pravé paže před cvičební jednotkou bez intervence**

Obvod PHK bez intervence před cvičební jednotkou	10.2.2024	17.2.202	24.2.2024	2.3.2024
		4		
5 cm	28	28	28	28
10 cm	29	29	29	30
15 cm	31	31	32	32
20 cm	33	33	33	33

**Příloha č. 13: Tabulka – Měření obvodu pravé paže po cvičební jednotce bez intervence**

Obvod PHK bez intervence po cvičební jednotce	10.2.2024	17.2.202	24.2.2024	2.3.2024
		4		
5 cm	29	29	29	29
10 cm	30	30	30	31
15 cm	32	32	32	33
20 cm	34	34	34	34

**Příloha č. 14: Tabulka – Měření obvodu pravé paže před cvičební jednotkou s intervencí**

Obvod PHK před cvičební jednotkou s následnou intervencí	9.3.2024	16.3.2024	23.3.2024	30.3.2024
5 cm	28	28	28	29
10 cm	30	30	30	30
15 cm	32	32	32	32
20 cm	33	33	33	33

### Příloha č. 15: Tabulka – Měření obvodu pravé paže po cvičební jednotce s intervencí

Obvod PHK po cvičební jednotce s následnou intervencí	9.3.2024	16.3.2024	23.3.2024	30.3.2024
5 cm	29	29	29	30
10 cm	31	31	31	31
15 cm	32	32	32	32
20 cm	33	33	33	33

### Příloha č. 16: Obrázek – Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

#### Bakalářská práce Použití masážní pistole pro úlevu od symptomů opožděné svalové bolesti

##### Informace o výzkumu:

Cílem výzkumu bude zhodnotit efektivitu masážní pistole pro úlevu od symptomů opožděné svalové bolesti indukované cvičební jednotkou, které se proband zúčastní. Celkem se proband zúčastní 8 cvičebních jednotek zaměřených na odporový trénink paží a poté 4 následných intervencí pomocí masážní pistole Flow NANO na stejnou oblast. Vyšetření, cvičební jednotka a intervence bude prováděna studentem 3. ročníku bakalářského studia oboru Fyzioterapie, Viktorem Čejkou. Masážní pistole bude použita v souladu s manuálem výrobce.

##### Informace o účastníkovi výzkumu:

Jméno:

Datum narození:

##### Prohlášení

1. Já, níže podepsaný(á) dobrovolně souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
4. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Podpis autora výzkumu:

Datum:

Datum: