

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Změna prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci kompresivní
terapie**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Vypracoval:

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc.

Bc. Tomáš Jandera

Praha, 2023

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Rád bych poděkoval Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc. za poskytování cenných rad a připomínek, které byly velmi důležité při zpracování této diplomové práce. Také bych chtěl velmi poděkovat všem probandům, kteří si našli čas a zúčastnili se prováděného výzkumu.

Abstrakt

Název: Změna prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci kompresivní terapie

Cíl: Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit, jaký efekt má kompresivní terapie na prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci flossingové pásky kolem trupu. Druhým cílem je teoreticky seznámit čtenáře s kompresivními metodami používanými v praxi.

Metody: Výzkumu se zúčastnilo 33 probandů (22 mužů a 11 žen) ve věku 20-35 let s průměrným věkem 23,64 let (\pm 2,41 let). Probandi před měřením vyplnili dotazník pro získání základních anamnestických informací. Dále bylo zjištěno rozvíjení bederní páteře do flexe pomocí modifikované Schoberovy vzdálenosti a byla umístěna elektroda přístroje Précisé 8008 na pravý paravertebrální val zhruba ve výši Th/L přechodu pro zjištění prokrvení. Flossingová páska byla aplikována po dobu 2 minut kolem trupu v oblasti bederní páteře. Po sejmutí pásky bylo znovu změřeno rozvíjení bederní páteře do flexe. Získaná data byla zpracována za pomoci popisné statistiky a párového T-testu. Statistická významnost u všech T-testů byla posuzována na kritické hladině významnosti 0,05.

Výsledky: Bylo prokázáno, že dochází ke změnám prokrvení paravertebrálních svalů v průběhu a po aplikaci flossingu. Nebyl prokázán statisticky významný vliv flossingu na depresi prokrvení ($p > 0,05$) paravertebrálních svalů. Zjištěn byl statisticky významný nárůst prokrvení ($p < 0,05$) paravertebrálních svalů po sejmutí flossingové pásky. Čas deprese prokrvení na nejnižší hodnoty byl kratší než čas návratu na počáteční hodnoty prokrvení a tento rozdíl nebyl statisticky významný ($p > 0,05$). Po aplikaci flossingu došlo ke zlepšení rozvíjení bederní páteře do flexe a toto zlepšení bylo oproti počátečním hodnotám statisticky významné ($p < 0,05$).

Klíčová slova: flossing, kompresivní terapie, prokrvení svalů, transkutánní oxymetrie

Abstract

Title: A Change in Blood Flow in the Paravertebral Muscles during the Application of Compression Therapy

Objectives: The main objective of this thesis is to investigate the effect of compression therapy on the blood supply to the paravertebral muscles when applying flossing tape around the trunk. The second aim is to theoretically introduce the compression methods used in practice to the readers.

Methods: The study involved 33 probands who completed a questionnaire to obtain basic anamnestic information before the measurement. Furthermore, the range of motion of the lumbar spine was examined into flexion using a modified Schober distance and the electrode of the Précisé 8008 device was placed on the right paravertebral muscles at approximately the level of the Th/L transition to determine blood flow. Flossing tape was applied for 2 minutes around the trunk at the lumbar spine. After removal of the tape, the range of motion of the lumbar spine into flexion was measured again. The obtained data were processed by using descriptive statistics, paired T-test and linear model. The statistical significance for all T-tests was assessed at a critical significance level of 0.05.

Results: Changes in the blood flow of the paravertebral muscles during and after the application of flossing have been proven. There was no statistically significant effect of flossing on depression of blood supply ($p > 0.05$) of paravertebral muscles. A statistically significant increase in blood flow ($p < 0.05$) of the paravertebral muscles was found after flossing tape was removed. The time of blood flow depression to the lowest values was shorter than the time of return to baseline blood flow and this difference was not statistically significant ($p > 0.05$). After flossing, there was an improvement in the range of motion of the lumbar spine into flexion and this improvement was statistically significant from baseline.

Keywords: flossing, compression therapy, muscle blood flow, transcutaneous oximetry

Seznam použitých zkratk

- ABPI – ankle brachial pressure index (diagnostická metoda arteriálních tlaků)
- cm – centimetr
- DKK – dolní končetiny
- DM – diabetes mellitus
- EMG – elektromyografie
- FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu
- GIT – gastrointestinální trakt
- HKK – horní končetiny
- ICHDK – ischemická choroba dolních končetin
- IPC – intermittent pneumatic compression (intermitentní pneumatická komprese)
- KEP – kompresivní elastické punčochy
- kPa - kilopascal
- KPE - komplexe physikalische Entstauungstherapie (komplexní fyzikální dekongestivní terapie)
- L5 – 5. bederní obratel
- m. - musculus (sval)
- MLD – manuální lymfatická drenáž
- mmHG – milimetr rtuťového sloupce
- NA – non available (data nejsou k dispozici)
- NYHA – klasifikace dušnosti (New York Heart Association)
- paO₂ – parciální tlak kyslíku v arteriích
- RAL GZ 387/2 – standard kompresních punčoch pro Německo
- ROM – range of motion (rozsah pohybu)
- SaO₂ – arteriální saturace kyslíkem
- SIPS – spina iliaca posterior superior
- Spo₂ – saturace krve kyslíkem
- Tx – počáteční hodnoty prokrvení
- T0 – nejnižší hodnoty prokrvení
- T2 – 2 minuty po sejmutí flossingové pásky
- T4 – 4 minuty po sejmutí flossingové pásky
- T6 - 6 minut po sejmutí flossingové pásky
- TcpCO₂ – transkutánní tlak oxidu uhličitého
- TcpO₂ – transkutánní tlak kyslíku
- TEP – totální endoprotéza
- Th/L – přechod hrudní a bederní páteře
- TOS – thoracic outlet syndrome (syndrom horní hrudní apertury)

VAS – vizuální analogová škála

VCT – vacuum compression therapy (vakuum kompresivní terapie)

WBLT – weight bearing lunge test (zátěžový výpadový test)

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Teoretická východiska.....	11
2.1 Aktuální stav sledované problematiky.....	11
2.2 Kompresivní terapie.....	11
2.2.1 Bandáže a kompresivní elastické punčochy.....	12
2.2.2 Manuální lymfodrenáž.....	20
2.2.3 Přístrojová kompresivní terapie.....	22
2.2.4 Kompresivní terapie ve sportu.....	25
2.3 Flossing.....	29
2.3.1 Principy a účinky aplikace flossingu.....	29
2.3.2 Aplikace flossingu.....	32
2.3.3 Kontraindikace flossingu.....	34
2.4 Transkutánní oxymetrie.....	34
3 Cíl a úkoly práce, hypotézy.....	38
3.1 Cíl práce.....	38
3.2 Úkoly práce.....	38
3.3 Výzkumné otázky.....	38
3.4 Hypotézy.....	38
4 Metodologie.....	40
4.1 Výzkumný soubor.....	40
4.2 Měření.....	40
4.3 Metody a analýza dat.....	41
5 Výsledky.....	42
6 Diskuze.....	52
7 Limitace studie.....	56
8 Závěr.....	58
9 Zdroje.....	59
10 Přílohy.....	68

1 Úvod

Kompresivní metoda flossing, která je také známa pod názvy voodoo flossing nebo tissue flossing, je relativně nová terapeutická metoda, která se začíná rozšiřovat mezi fyzioterapeuty, kondiční trenéry či sportující veřejnost. Přestože principiálně vychází z metody bandážování, která je lidstvu známa již po staletí, dochází k širšímu využívání flossingu až v posledních letech. Značný podíl na popularizaci této metody má americký fyzioterapeut a trenér Kelly Starrett, který veřejnosti představil flossing ve své knize „Becoming a Supple Leopard“ z roku 2013. V Evropě začíná o něco později flossing využívat a rozšiřovat německý sportovní fyzioterapeut Sven Kruse, jenž je autorem koncepce „Easy Flossing“.

Narůstající popularitu a zájem o flossing začaly postupem času následovat i odborné studie s cílem vysvětlit účinky flossingu na náš pohybový aparát, popsat mechanismus působení této kompresivní metody či využít flossing jako prevenci zranění nebo jako doplněk regenerace. Ve většině dosavadních výzkumů a studií se autoři zaměřovali na využití této metody ke zvýšení rozsahu pohybu v daných kloubech, zvýšení svalové síly nebo zmírnění bolesti. Je pouze minimum literárních zdrojů, které zkoumaly míru prokrvení v oblasti, kde byla aplikována kompresivní metoda flossing. A i toto malé spektrum studií zaměřené na změnu prokrvení po využití flossingu bylo vždy provedeno buď na horních nebo dolních končetinách. Proto jsem se rozhodl zvolit téma mé diplomové práce: „Změna prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci kompresivní terapie“, abych ověřil, jaký efekt má flossing na změnu prokrvení svalů při aplikaci na trupu. Cílem této diplomové práce je tedy nejprve v teoretické části sjednotit a předložit dosavadní poznání o kompresivních metodách s konkrétním zaměřením na metodu flossing, přiblížit možnost měření prokrvení svalů pomocí transkutánní oxymetrie a následně v části praktické prověřit efekt aplikace flossingu na změnu prokrvení paravertebrálních svalů v oblasti bederní páteře a interpretovat výsledky. Jelikož se jedná o první práci, jejímž cílem je změřit změnu prokrvení paravertebrálních svalů po aplikaci flossingu, doufám, že výsledky mé práce budou přínosné pro využití v terapii nebo jako základ pro zpracování dalšího výzkumu v této oblasti.

2 Teoretická východiska

2.1 Aktuální stav sledované problematiky

Flossing, jakožto jedna z metod kompresivní terapie, nabyl v posledních letech značné popularity jak u terapeutů a sportovců, tak u vědců. Ti se snaží hojně objasnit mechanismus a různé účinky flossingu pro následné využití v praxi k regeneraci či prevenci zranění. Bylo ovšem publikováno jen velmi malé množství studií, které sledují změnu prokrvení svalů po aplikaci flossingu. Konkrétně se jedná o autory Bohlena (2014), Kuncovou (2019) a Pasurku (2020). V dalších kapitolách popisují nejrozšířenější metody kompresivní terapie a jejich využití a kontraindikace. Dále se blíže věnují problematice flossingu. Nakonec je zmíněna transkutánní oxymetrie, která je jednou z rozšířených metod k měření prokrvení tkání.

2.2 Kompresivní terapie

Kompresivní terapie je významná metoda konzervativní léčby využívající zejména zevní komprese. Ta může být definována jakožto tlak cíleně působící na tkáň pod místem této komprese. Ovlivněny jsou především krevní a lymfatické cévy, které se v komprimované tkáni nacházejí. Ke kompresi těchto cév může dojít buď přímo aplikací zevně přiloženého kompresního materiálu nebo vnitřně - kontrakcemi příčně pruhovaného svalstva proti pevné vrstvě zevně přiloženého kompresu či kombinací obou těchto mechanismů (Švestková, 2013).

Správným užitím zevní komprese dochází ke zúžení rozšířených žil, zrychlení průtoku krve, čímž působí pozitivně proti její stagnaci, zlepšení lymfatické drenáže, zmírnění otoku či zefektivnění domykavosti chlopní v žilách. Důležitý je také protizánětlivý účinek kompresivní terapie, jelikož díky zrychlenému průtoku krve v kapilárách nedochází k adhezi leukocytů ke stěnám kapilár a tím k započetí zánětlivého procesu. Dále má také pozitivní vliv na snížení žilní hypertenze nebo stimulaci endogenní fibrinolýzy (Földi, 2014; Navrátilová, 2008; Xiong a Tao, 2018).

V praxi bývá kompresivní terapie nejčastěji indikována u chronické žilní insuficience, léčby bércových vředů a varixů, u mírnění otoků a lymfedému. Využití má

také v terapii trombózy, u pacientů po operacích jako prevence tromboembolické nemoci nebo po amputacích končetin ke správnému vytvarování pahýlu pro možnost následného protézování (Appelen, 2017; Kolář, 2009; Švestková, 2013).

Existuje několik druhů kompresní terapie, které se liší ve způsobu aplikace komprese. Pro názornost uvádím následující rozdělení:

- Bandáže a kompresivní elastické punčochy
- Manuální lymfodrenáž
- Přístrojová kompresivní terapie
- Sportovní kompresivní oblečení a muscle occlusion training
- Flossing

2.2.1 Bandáže a kompresivní elastické punčochy

Földi (2014) uvádí, že využití kompresivní terapie pomocí bandáží a elastických punčoch patří mezi čtyři hlavní pilíře konzervativní léčby lymfedému, takzvané komplexní fyzikální dekongestivní terapie (KPE). Ta mimo kompresivní terapie zahrnuje dále ošetření a péči o kůži, manuální lymfatickou drenáž (MLD) a aktivní pohybová cvičení. Kromě léčby lymfedému jsou bandáže a elastické punčochy hojně indikovány například při chronické žilní nedostatečnosti, pro prevenci tromboembolické nemoci či k terapii varixů a bércevého vředu.

Zda bude ke kompresivní terapii využita bandáž nebo elastické punčochy záleží zejména na rozhodnutí lékaře popřípadě terapeuta a to na základě typu onemocnění, fáze a průběhu nemoci, schopnosti pacienta spolupracovat, ale také na rozměrech léčené končetiny. Obecně se dá ovšem říci, že u akutních stavů se více používají bandáže a naopak u chronických onemocnění bývají častěji indikovány elastické kompresivní punčochy (Švestková, 2013).

2.2.1.1 Rozdělení bandáží a kompresivních elastických punčoch

Bandáže

Při výběru kompresivní bandáže máme na výběr z různých typů obinadel a k samotnému rozdělení dochází podle různých kritérií. Švestková (2013) dělí obvazy určené ke kompresivní terapii dle pružnosti následovně:

- nepoddajné obvazy ze zinkoklihových obinadel s nejvyšším pracovním a nejnižším klidovým tlakem
- málo roztažitelné obvazy z krátkotažných obinadel s vysokým pracovním tlakem a nízkým klidovým tlakem
- dobře roztažitelné obvazy z dlouhotažných obinadel s poměrně nízkým pracovním a vysokým klidovým tlakem

Obdobné rozdělení popisuje také Navrátilová (2008), která dělí obinadla do tří skupin na elastická dlouhotažná obinadla (tažnost >100 %), elastická krátkotažná obinadla (tažnost <100 %) a neelastická obinadla (tažnost téměř 0 %).

Dlouhotažná obinadla jsou typická svým vysokým klidovým a nízkým pracovním tlakem. Klidový tlak je možné definovat jakožto stálý tlak vyvolaný přiložením zevní komprese, který při relaxovaném svalstvu ovlivňuje tkáň uloženou pod místem ošetření a působí spíše na povrchové struktury. Oproti tomu tlak pracovní vzniká jen při kontrakci svalů, která působí proti tlaku vyvolanému přiloženým obinadlem. Toho se využívá, pokud chceme působit na hlouběji uloženou tkáň. Díky tomu mají dlouhotažná obinadla při relaxaci vliv zejména na mikrocirkulaci a podkoží. Při aktivitě svalů ale vzhledem k vysoké elasticitě obinadla nedochází k produkci dostatečného odporu a ovlivnění mikrocirkulace je tedy minimální. Tato obinadla se používají zejména v akutních případech, u mobilních pacientů a bývají aplikovány krátkodobě a přes noc se sundávají (Földi, 2014; Navrátilová, 2008).

Krátkotažná obinadla, jak už název napovídá, jsou relativně málo roztažitelná. Z toho vyplývá jejich značný kompresní účinek spolu s vysokým pracovním a nízkým klidovým tlakem. Vzhledem k těmto parametrům nepůsobí jen na mikrocirkulaci a povrchový žilní systém, ale také na hluboký žilní systém. Výhodou krátkotažných obinadel je možnost jejich aplikace i na několik dní a to jak u mobilních i imobilních pacientů. Oproti dlouhotažným obinadlům se využívají zpravidla v chronických stádiích onemocnění. Jejich aplikace je také neopomenutelná v bandážování a tvarování pahýlů končetin po amputacích. (Eliška, 2018; Švestková, 2013).

Kromě míry elasticity přikládaného kompresivního materiálu Navrátilová (2008) dále rozděluje obinadla podle typu adheze. Rozlišuje obinadla neadhezivní, jejichž jednotlivé vrstvy se nespojují mezi sebou ani s kůží. Dále obinadla kohezivní, jenž

neadherují ke kůži, ale dochází k přilnutí jednotlivých vrstev obinadla. Nakonec adhezivní obinadla, u kterých dochází k adhezi jak s kůží tak i s dalšími povrchy. Stejně členění dle přilnavosti obinadel uvádí také Földi (2014).

Další možné rozdělení kompresivních bandáží je dle způsobu aplikace. Obinadlo může být na končetinu aplikováno formou jednoduché nebo vícevrstevné kompresivní bandáže. Rozhodnutí, jakou aplikaci vybrat, opět spočívá na různých faktorech, nejčastěji ovšem lékař či terapeut volí aplikaci podle typu či fáze daného onemocnění. U většiny pacientů trpících žilním onemocněním si vystačíme s aplikací jednoduché kompresivní bandáže. Jednoduché bandážování dále volíme spíše v akutních stádiích onemocnění například při flebedému. Vícevrstevné bandáže se obvykle skládají z krátkotažné bandáže prstů, přes kterou je na celou končetinu navlečen tubulární obvaz, ten bývá dále překryt polstrovacím materiálem, který brání strangulaci či pohmoždění a zároveň rovnoměrně rozprostírá tlak. Nakonec je přes polstrovací materiál aplikována poslední vrstva obinadla působící vysoký tlak pod bandáží. Vícevrstevných bandáží se nejvíce využívá v terapii bércového vředu a u pokročilejších stupňů lymfedému k redukci otoku. Aplikována bývá také u pacientů, kteří z různých důvodů netolerují nošení kompresivních elastických punčoch. (Navrátilová, 2008; Navrátilová, 2012)

Partsch (2006) porovnával změny hemodynamických parametrů při použití kompresivních punčoch a krátkotažných vícevrstevných obinadel aplikovaných s různým tlakem na dolních končetinách. Pro ověření hemodynamických účinků kompresivní terapie bylo měřeno několik parametrů jako například rychlost žilního toku, venózní objem a venózní reflux, funkce žilní pumpy či objemové průtoky vody. Z výsledků studie vychází, že nošením kompresivní punčochy nižších kompresivních tříd je možné docílit zvýšení rychlosti žilního toku krve a zabránit otokům nohou po delším sezení či stání. Ovšem pro okluzi postižených žil, snížení žilní hypertenze a zlepšení porušené funkce žilního čerpání je nutné vyvolat tlak vyšší než 50 mmHg, kterého dosáhneme aplikací krátkotažného vícevrstevného obinadla.

Efektivitu kompresivního bandážování u pacientek po rakovině prsu zkoumal ve své studii Johansson (1999). U pacientek byly sledovány parametry objemu paže a subjektivní vnímání bolesti, napětí a tíhy končetiny. Vybrané pacientky v první části výzkumu podstoupily dvou týdně léčbu bandážováním a následně byly v druhé části rozděleny do dvou skupin. První skupina byla dále léčena pouze kompresivním bandážováním a druhé skupině byla kromě bandážování aplikována také manuální

lymfodrenáž. Během první fáze výzkumu došlo k výraznému snížení objemu končetin s lymfedémem. Ve druhé fázi došlo u obou skupin k poklesu objemu, ovšem u druhé skupiny léčené kombinací bandáží a MLD byla redukce otoku významnější. Zároveň došlo u obou skupin ke snížení pocitu napětí a tíhy končetiny, ale pouze u druhé skupiny došlo k redukci bolesti.

Al Khaburi (2012) ve své práci odvodil matematický model sloužící k odhadu tlaku vyvolaného jednovrstevným obvazem aplikovaným stejnou silou při uplatnění dvou přístupů. První přístup nebere v úvahu tloušťku použitého obvazu, naopak druhý přístup tloušťku obvazu do matematického modelu zařazuje. Z teoretických i experimentálních pokusů vyplývá, že zahrnutí tloušťky obvazu sice vede k přesnějším odhadu tlaku, ale oproti prvnímu přístupu není rozdíl klinicky významný. Pro využití v praxi tedy tloušťka obvazu nehraje roli, je-li poměr průměr končetiny/tloušťka obvazu vyšší než 20:1.

Pohodlím a účinností aplikace kompresivního bandážování s použitím polstrovacích materiálů nebo bez nich se zabýval Protz (2018). Zdravým probandům byla jedna dolní končetina zabandážována krátkotažným obinadlem s použitím polstrovacích materiálů a druhá dolní končetina zabandážována bez vypořádání. Kompresie trvala jednu hodinu při klidovém tlaku 50 mmHg. Byly sledovány následující parametry: klidový tlak, stav pokožky, pohodlí při nošení a bolestivost. Výsledkem studie je, že vypořádané kompresivní obvazy lépe udržují tlak, jsou pohodlnější, méně bolestivé a způsobují méně kožních problémů než obvazy bez polstrování. Tyto rozdíly byly zjištěny pouze po jedné hodině aplikace, pacienti ovšem krátkotažné kompresy nosí někdy i několik dní. Proto by se u krátkotažných kompresivních obvazů měl vždy používat polstrovací materiál.

Tlak vyvolaný kompresivním materiálem je jedním z hlavních parametrů, které ovlivňují efektivitu kompresivní terapie. Proto dochází k vývoji nových materiálů, u kterých by mohla být řízena a kontrolována míra napětí obinadla. Byla vyvinuta nová paměťová bandáž z tzv. paměťového polymeru, který se skládá ze segmentovaného polyuretanu a nylonových filament. Pouhým zahřátím již ovinuté bandáže je možné zvýšit napětí obinadla a tím dodatečně upravit tlak. Kromě použité teploty má na úroveň tlaku vliv také počet vrstev obinadla či obvod končetiny pacienta. Z důvodu možnosti úpravy tlaku má paměťová bandáž do budoucna značný potenciál oproti běžným kompresivním materiálům (Kumar, 2016).

Metaanalýza Liu (2020) zkoumala, zda by měly být po totálních endoprotézách (TEP) kolenních kloubů běžně používány kompresivní bandáže. Bylo zahrnuto celkem sedm studií, které u TEP kolenních kloubů sledovaly pooperační bolest, otok, celkovou ztrátu krve, rozdíly hladin hematokritu před/po operaci, rozsah pohybu a vznik komplikací. Skupina pacientů s kompresivní bandáží pociťovala v prvních dvou dnech po operaci větší bolesti v porovnání se skupinou bez bandáží. Ostatní sledované parametry neukázaly statisticky významné rozdíly mezi těmito skupinami. Z těchto výsledků není možné vyvodit závěr, zda je po TEP kolenního kloubu nezbytné použití kompresivní bandáže. Záleží tak pouze na rozhodnutí operátéra.

Kompresivní elastické punčochy

Kompresivní elastické punčochy (KEP) jsou další variantou zevní kompresní terapie. U pacientů bývají KEP přijatelnější oproti klasickým bandážím, zejména pro denní nošení. Obecně se kompresivní punčochy užívají zejména k dlouhodobé terapii pacientů, jejichž stav je stabilizovaný a u kterých nedochází k výrazným změnám objemu končetiny. Stejně jako u bandáží, tak i u kompresivních elastických punčoch dochází k jejich dělení podle pružnosti a to do dvou skupin. Jedná se o punčochy krátkotažné a dlouhotažné. KEP s krátkým tahem mívají nízkou pružnost, díky čemuž mají vysoký pracovní a nízký klidový tlak. Nejčastěji jsou využívány v terapii lymfedému. Na druhou stranu KEP s dlouhým tahem jsou velmi pružné, a proto mají vysoký klidový a nízký pracovní tlak. Proto jsou vhodné například k léčbě různých venózních onemocnění dolních končetin (Eliška, 2018; Földi, 2014; Kirci, 2021).

Medicínské KEP jsou vyráběny dvěma způsoby, jedná se o kruhové a plošné pletení. U kruhového pletení je průběh vláken spirálovitý a bez přerušování. Punčocha se adaptuje na tvar končetiny díky rozdílnému natažení spirálovitě uspořádaných vláken. Díky tomu je dosaženo tlakového gradientu, který míří distoproximálně. Výroba touto metodou je časově i finančně méně náročná a zhotovují se tak především konfekční KEP nižších kompresních tříd. Zároveň je možné kruhovým pletením dosáhnout jemnější, tenčí a kosmeticky přijatelnější KEP. V důsledku spirálovitého průběhu vláken ovšem může docházet ke srolování punčochy a tím ke strangulaci a poškození měkkých tkání. Plošné pletení naproti tomu umožňuje výrobu KEP na míru pacientovi a díky tomu mohou být zhotoveny punčochy vyšších kompresních tříd či léčeny i zcela nekonfekčně tvarované končetiny. Individuálního tvaru punčochy do šířky je zde dosaženo změnou počtu oček v jednotlivých řadách a délka závisí na počtu těchto řad.

Nevýhodou však je dražší a časově náročnější výroba spolu s větší tloušťkou punčochy, která navíc obsahuje šev (Anderson, 2014; Földi, 2014; Navrátilová, 2012).

Jedním z hlavních parametrů při výběru medicínské punčochy je tlak. Podle míry tohoto tlaku, který KEP vytváří v oblasti kotníku, rozdělujeme punčochy do čtyř kompresivních tříd. Pro zařazení do těchto tříd doposud nebyly stanoveny pevné mezinárodní normy. V České republice proto přejímáme kompresivní třídy vypracované pro Německo podle RAL GZ 387/2 (Földi, 2014; Navrátilová, 2012).

- **I. kompresivní třída** (18-21 mmHg) - Používá se zejména jako prevence vzniku křečových žil a to buď při dědičném sklonu nebo v těhotenství.
- **II. kompresivní třída** (23-32 mmHg) - Punčochy z této kompresivní třídy bývají indikovány při chronické žilní insuficienci, po operacích křečových žil či při otocích dolních končetin v těhotenství.
- **III. kompresivní třída** (34-46 mmHg) - S užitím této kompresivní třídy se nejčastěji setkáme u pacientů s trombózou, křečovými žilami nebo se využívají jako prevence recidivy bércového vředu.
- **IV. kompresivní třída** (nad 49 mmHg) - KEP této třídy poskytují značnou kompresi a bývají vyráběny na míru pacientovi. Nejčastěji indikovaní jsou pacienti s velkými tuhými otoky dolních končetin, vzniklými z důvodu onemocnění žilního či mízního systému (Anderson, 2014; Švestková 2013).

2.2.1.2 Zásady použití bandáží a kompresivních elastických punčoch

Metaanalýza vytvořená Rabe (2018) mezi nejčastější indikace KEP zahrnuje žilní onemocnění, terapii a prevenci otoků, bércové vředy, či léčbu akutní hluboké žilní trombózy. Některé zahrnuté studie měly rozdílný názor na využití KEP v terapii posttrombotického syndromu, přesto je aplikace KEP doporučena. Terapie pomocí KEP je jednou z nejdůležitějších součástí léčby lymfedému.

Bez ohledu na to, zda lékař indikuje k terapii pacienta bandáž či KEP, je nutné při léčbě kompresivní terapií splňovat několik důležitých zásad. Jedním z nejzásadnějších elementů je výběr správné kompresivní třídy, která bude pro pacienta nejvíce terapeuticky účinná. Tlak docílený kompresivním materiálem musí být dostatečný, aby měl kýžený terapeutický efekt, ale zároveň nesmí být velký natolik, aby

způsoboval bolesti či poruchy prokrvení. Co se tlaku týče, je dále nutné, aby kompresivní pomůcka vytvářela největší napětí v oblasti aker, a směrem k trupu, aby se toto napětí snižovalo, jinak hrozí strangulace končetiny (Navrátilová, 2008; Xiong a Tao, 2018).

Dalším významným parametrem kompresivních punčoch je jejich správná velikost. Pro zvolení správné velikosti je důležité pravidelně přeměřovat obvod i délku končetin. Podle výsledků měření je následně zvolena konfekční velikost punčochy. Pokud ovšem konfekční velikost vzhledem k otoku pacientovi nesedí, je pacientovi vyroben kompres na míru. U bandáží a KEP hraje roli také použitý materiál. Ten pak totiž definuje elasticitu celé kompresivní pomůcky. Materiál by měl být prodyšný, aby nedocházelo ke vzniku bakteriálních či mykotických onemocnění. Zároveň by tento materiál měl mít co nejmenší iritabilní potenciál, aby jeho delší používání nebylo pro pacienta nepříjemné (Földi, 2014; Navrátilová, 2012).

Velmi podstatný je také způsob aplikace zevní komprese. Ta totiž nesmí končit v místě otoku nebo varikozity, ale měla by toto místo o několik centimetrů přesahovat. V opačném případě hrozí přesunutí otoku nad místo komprese, progresse varixů či strangulace cévy. Při bandážování se musí dbát na to, aby na obinadle nevznikaly záhyby a řasení, které by mohly negativně působit na měkké tkáně nebo na pohyb končetiny. Přiložení bandáže by nemělo výrazně limitovat pohyb končetin a zároveň by měla být komprese dostatečně upevněna, aby držela a neklouzala. Vždy platí, že začínáme s nižším tlakem kompresivního materiálu a pokud je tento tlak pacientem tolerován, může být postupně navyšován dle indikace lékaře. Pro žádaný efekt kompresní léčby je tedy při aplikaci důležitá zručnost a zkušenosti terapeuta či zaškoleného pacienta (Eliška, 2018; Navrátilová, 2012).

V neposlední řadě nesmíme opomenout také správnou a dostatečnou edukaci pacienta o kompresivní terapii. V tomto ohledu je nejpodstatnější pacienta naučit správně aplikovat bandáž či KEP, tak aby ji mohl sám používat doma. Dále pak podle typu zvolené kompresivní pomůcky pacienta poučit, jak dlouho má kompresivní pomůcku nosit, zda ji na noc sundávat, nebo jestli ji může používat i více dní v kuse. Významná je také péče nejen o pokožku, ale také mytí a praní samotné kompresivní pomůcky (Anderson, 2014; Eliška, 2018).

Ozkan (2016) popisuje, že pacienti po operaci byli ze strany personálu nedostatečně edukováni ke správnému nošení KEP. Bylo zjištěno, že někteří pacienti

například nosili KEP přes noc. V důsledku špatného používání pak není kompresivní terapie tolik efektivní nebo může dokonce pacientův stav zhoršit.

Wu (2017) zkoumala, zda je možné bezpečně použít KEP u diabetických pacientů. Ti často mají otoky dolních končetin, ale zároveň existuje riziko, že by kompresivní terapie mohla způsobit snížení arteriální cirkulace. Studie ukázala, že použití KEP první kompresivní třídy má pozitivní vliv na snížení otoku dolních končetin a zároveň při jejich použití nedojde ke statisticky významnému snížení cirkulace krve.

První studii zkoumající placebo efekt kompresivních punčoch vypracoval Vayssairait (2000). Lékaři i nelékaři měli pohledem, pohmatem a nošením zjistit, zda se jedná o KEP nebo placebo punčochu. Při testování pohledem chybovala necelá polovina lékařů i nelékařů, pohmatem chybovalo 19,7 % lékařů a 34,5 % nelékařů a při nošení nerozpoznalo právě KEP 25,4 % nelékařů. Vysoký počet špatných odpovědí nelékařů poukazuje na možnost využití placebo punčochy v praxi.

Na skupině 46 pacientů bylo sledováno, jaký účinek mají KEP a vícevrstevné bandáže na hojení bércových vředů. Porovnávány byly KEP II. kompresivní třídy, dvouvrstevná a čtyřvrstevná kompresivní bandáž. U všech tří typů kompresivní terapie došlo k významnému zmenšení vředů. Oproti začátku terapie byl největší rozdíl u čtyřvrstevné bandáže a nejmenší u KEP, přičemž tyto rozdíly nebyly statisticky významné. Vícevrstevné bandážování i KEP tedy mají podobný klinický efekt na léčbu bércového vředu (Szewczyk, 2010).

2.2.1.3 Kontraindikace bandáží a kompresivních elastických punčoch

Mezi absolutní kontraindikace použití kompresivní terapie pomocí bandáží či KEP řadí Dissemond (2018) chronickou ischemickou chorobu dolních končetin, kterou zároveň považuje za nejčastější kontraindikaci kompresivní terapie. Je ovšem nezbytné posoudit, o jak vážnou ischemii se jedná. Nejrozšířenější je stanovení indexu tlaku kotník/paže (ABPI) nebo naměření systolického tlaku. Pokud jsou hodnoty systolického tlaku v arterii kotníku nižší než 50 mmHg, jedná se o absolutní kontraindikaci. Jsou-li ovšem hodnoty systolického tlaku vyšší než 60 mmHg nebo ABPI vyšší než 0,5, lze podle Dissemonda (2018) kompresivní terapii použít.

Navrátilová (2008) jako další absolutní kontraindikaci bandáží a elastických punčoch udává dekompenzované srdeční selhání. Přiložením komprese dojde ke zvýšenému krevnímu návratu a tím k vyššímu riziku přetížení srdce. Proti tomu je ovšem studie Rabe a kol. (2020), ze které vyplývá, že užití bandáží a KEP II. kompresní třídy u pacientů se srdeční nedostatečností s NYHA I – III není nebezpečné a užitím komprese nedochází k významnému ovlivnění hemodynamických indexů srdce.

U pacientů po operaci arteriálního bypassu obvykle nedochází k negativnímu působení kompresivním materiálem na bypass, jelikož ten se nachází v hloubce pod fascií. Ovšem u epifasciálních bypassů, které se nacházejí více povrchově, by mohlo kompresí dojít ke značnému omezení průtoku krve, a proto se kompresi v těchto místech raději vyhýbáme (Rabe a kol., 2020).

Výskyt bakteriální infekce kůže či akutních mokvajících ekzémů je další jasnou kontraindikací kompresivní léčby. Stejně tak i alergie na materiály použité v kompresivním materiálu, jako například elastan, kaučuk či bavlna. Tyto alergie jsou ovšem ojedinělé a pacienti je často zaměňují za ekzémy vzniklé iritací pokožky kompresí (Dissemond, 2018; Navrátilová, 2008).

Földi (2014) také zmiňuje kontraindikace, které jsou vzhledem ke kompresivní terapii pouze relativní. Patří sem například arteriální hypertenze, srdeční arytmie, Sudeckův syndrom, angiopatie či neuropatie.

2.2.2 Manuální lymfodrenáž

Manuální lymfodrenáž (MLD) je jemnou manuální technikou, jejímž cílem je pozitivně ovlivnit funkčnost lymfatického systému. Terapeut se snaží jemnými hmaty podpořit odtok lymfy centrálně a stimulovat tak přirozenou kontrakční schopnost mízního systému. Zároveň ale nesmí docházet ke zvýšení přítoku krve do končetiny a hmaty lymfatické drenáže by pacient neměl vnímat jako bolestivé. Tlak vyvolaný terapeutem při provádění MLD by se měl ideálně pohybovat v rozmezí 30-40 mmHg, použití vyšší síly není v tomto případě žádoucí, jelikož může stav pacienta zhoršit. Rozdíl oproti klasické masáži tedy kromě intenzity spočívá také v opačném postupu provádění, kdy u manuální lymfodrenáže terapeut ošetřuje nejprve centrální partie a následně postupuje k periférii (Kolář, 2009).

Jemné působení hmatů na kůži a podkoží vychází z anatomického poznání, že většina lymfatických cév je uložena povrchově a pouze část se nachází v hloubce. Jemné hmaty tudíž nejlépe cílí na lymfatický systém a nezpůsobují, v tomto případě nežádoucí, zvýšené prokrvení. MLD tedy způsobí zlepšení resorpce lymfy, zvýšení transportní kapacity a dochází také ke stimulaci mízních kolektorů. Manuální lymfodrenáž začíná nejprve vyprázdněním mízních uzlin a následně terapeut kombinací hmatů, které dodržují směr toku lymfy, provádí drenáž od centra směrem k periférii. Celý průběh MLD trvá od 30 do 60 minut a vzhledem k míře otoku ji aplikujeme po dobu dvou až osmi týdnů. Pro zvýšení a prodloužení účinku by po lymfatické drenáži měla následovat přístrojová kompresivní terapie nebo přiložení kompresivní bandáže (Eliška, 2018; Gúth, 2022).

Indikace manuální lymfodrenáže bývá nejčastější v konzervativní terapii primárního i sekundárního lymfedému, kde je součástí komplexní dekongestivní terapie spolu s kompresivní terapií, cílenou kinezioterapií a péčí o kůži (Heinig, 2015).

Výrazné uplatnění má MLD také u otoků vzniklých po operacích či úrazech. To potvrzuje například studie Guney-Deniz (2022), jejímž cílem bylo u pacientů po totální endoprotéze kolenního kloubu posoudit, jaký účinek má MLD v porovnání s kinesio tapingem a kontrolní skupinou na snížení otoku, zmírnění bolesti a zvýšení rozsahu pohybu. Výsledkem studie je, že MLD i kinesio taping má v brzkém pooperačním období pozitivní vliv na snížení otoku a redukci bolesti.

Haren (2000) zkoumal míru snížení posttraumatického otoku pomocí MLD u pacientů po fraktuře distálního radia. Studie prokázala, že experimentální skupina, která kromě běžného cvičení podstupovala i lymfodrenáž, dosáhla výraznějšího snížení otoku oproti skupině kontrolní.

Další možné využití manuální lymfodrenáže vidí Kolář (2009) v terapii bércových vředů, chronických ran, spastické parézy či v předoperační přípravě u plánovaných operací.

U pacientů se Sudeckovým syndromem, kteří by akceptovali manuální lymfodrenáž, by mohla být tato kompresivní terapie přínosná. Pro potvrzení či vyvrácení této domněnky ovšem nebyl vypracován dostatek studií. Safaz (2011) ve své studii popsal pozitivní efekt MLD na výrazné snížení otoku a zlepšení pohyblivosti končetin u diagnózy Sudeckova syndromu. Součástí této studie byl ovšem pouze jeden

pacient, a proto není možné vyvodit obecný závěr. Další studií zaměřenou na ovlivnění Sudeckova syndromu pomocí MLD je studie od Uher (2000), ve které byli pacienti rozděleni do kontrolní skupiny, které bylo předepsáno pouze samotné cvičení, a experimentální skupiny, která měla cvičení v kombinaci s MLD. Výsledek ukazuje, že v prvních šesti měsících nemá MLD větší účinek v porovnání s kinezioterapií, jelikož v obou skupinách došlo ke shodnému zlepšení v měřených parametrech (otok, bolest, teplota, rozsah pohybu).

Manuální lymfodrenáži bychom se měli naopak vyhnout u pacientů s dekompenzovanou srdeční insuficiencí, s nedolčeným onkologickým onemocněním, se záněty kůže, měkkých tkání a žil nebo u pacientů s hyperthyreózou či hypertenzí. (Földi, 2014; Kolář, 2009).

2.2.3 Přístrojová kompresivní terapie

Z pohledu fyzikální terapie se přístrojová kompresivní terapie řadí do mechanoterapie, jelikož dochází za pomoci přístroje k přenosu mechanické energie na lidské tělo. Mezi dva nejpoužívanější zástupce přístrojové kompresivní terapie patří vakuově kompresivní terapie a intermitentní pneumtická komprese či jinak přístrojová lymfodrenáž (Dungl, 2014).

2.2.3.1 Intermitentní pneumtická komprese

Intermitentní pneumtická komprese (IPC) je zajištěna přístrojem, který nafukuje končetinové návleky. Tyto návleky jsou rozděleny do několika segmentů či komor, které se postupně nafukují vzduchem od periferie směrem k trupu. Tím je dosaženo zevní komprese, která na končetině vytváří drenážní vlnu. Při intermitentní pneumtické kompresi se tlak vykonaný přístrojem pohybuje v rozmezí 30-60 mmHg. Podle zvoleného programu dochází k různě rychlému rytmickému nafukování a vyfukování návleků a tím ke vzniku komprese končetiny, což má pozitivní vliv na zvýšení lymfatického i žilního návratu a redukci otoku (Dungl, 2014; Feldman, 2012).

Tato přístrojová lymfodrenáž má největší uplatnění v terapii lymfedému, otoků, pooperačních stavů nebo bércových vředů. Využití najde také jako podpůrná terapie celulitidy či v regeneraci sportovců i široké veřejnosti (Eliška, 2018).

Přestože je intermitentní pneumatická komprese velmi rozšířenou a účinnou terapeutickou metodou, zejména jako součást komplexní dekongestivní terapie u lymfedému, nedošli terapeuti ke shodě ohledně přesných parametrů použití či frekvenci terapií pomocí IPC. Přesto je u určitých diagnóz IPC v kombinaci s nošením kompresivních materiálů považována za vhodnou domácí terapii. (Feldman, 2012).

Kontraindikací intermitentní pneumatické komprese je srdeční insuficience, rozsáhlé varixy, posttromboflebitický syndrom, kožní onemocnění a defekty či onkologické onemocnění (Poděbradský, 1998).

Chmilewska (2016) posuzovala účinnost intermitentní pneumatické komprese na snížení otoku a zlepšení funkčnosti ruky u pacientek po mastektomii. Pacientky byly rozděleny do dvou skupin, přičemž jedna podstoupila kinezioterapii s IPC a druhá pouze IPC. Po čtyřech týdnech došlo u obou skupin ke snížení otoku a zlepšení funkčního stavu ruky (podle Carpal Tunnel Syndrome Functional Status Scale). Jelikož mezi oběma skupinami nebyl signifikantní rozdíl, nelze kombinaci IPC a kinezioterapie považovat za účinnější než samotnou IPC.

Efektivitu IPC oproti medikamentózní léčbě u pacientů s varixy zkoumal Mohamed (2020). Prokázal, že po osmi týdnech dojde u pacientů s varixy léčenými pomocí IPC ke zvýšení prokrvení končetiny, snížení otoku a bolesti oproti skupině medikamentózní.

Rostom (2019) ve své studii zkoumal, zda má na snížení lymfedému větší efekt IPC nebo kinesio taping. Všichni probandi byli léčeni pomocí manuální lymfodrenáže a bandáží a k tomu byla jedna polovina lymfaticky tapována a druhá dostávala IPC. Po osmi týdnech došlo u obou skupin k výraznému snížení otoku. Mezi skupinami byl ovšem minimální rozdíl, a proto jsou k redukci otoku vhodné obě metody a ideálně jejich kombinace.

2.2.3.2 Vakuově kompresivní terapie

Vakuově kompresivní terapie (VCT), někdy také nazývána jako podtlakově přetlaková terapie, se řadí do mechanoterapeutických metod fyzikální terapie. Při této terapii je končetina vložena do průhledného válce, který je na proximálním konci uzavřen nafukovací manžetou umístěnou kolem končetiny. Princip terapie spočívá ve střídání fází podtlaku a přetlaku ve válci, čímž dochází především k působení na periferní cévní systém (Dungl, 2014; Kolář, 2009).

Ve fázi přetlaku dochází na první pohled ke zblednutí končetiny a snížení jejího objemu. Z kapilárního řečiště je vytlačována krev směrem k centru a působícím tlakem je vytvořena lymfatická drenáž, čímž je redukován otok. Tlak se v této fázi pohybuje kolem 4-8 kPa (Poděbradský, 1998).

Podtlaková fáze je naopak typická zčervenáním končetiny a mírným zvýšením svého objemu. Změnou tlaku dochází ke zvýšení filtrace plynů, živin či farmak, zvýšení přítoku arteriální krve, tvorbě kolaterál a vyšší utilizaci kyslíku a to až o 50 % více oproti působení atmosférického tlaku. Tím je dosaženo zlepšení trofika a metabolismu tkání. Při podtlakové terapii se běžně využívají hodnoty tlaku - 4 až - 8 kPa (Poděbradský, 1998; Ticháček, 2013).

Nejčastěji se VCT využívá u poruch prokrvení končetin, venózních či lymfatických otoků, posttraumatických stavů, léčby diabetických komplikací či Sudeckova syndromu (Gúth, 2022).

Mezi kontraindikace řadí Poděbradský (1998) a Kolář (2009) akutní trombózy a trombolfebitydy, otevřené rány a hnisavé infekce, rozsáhlé varixy, aneuryzma v ošetřované oblasti nebo edémy kardiálního původu.

Ubbink (2000) ve své studii zkoumal krátkodobý efekt VCT na změnu mikrocirkulační perfuze kůže u pacientů s ischemií dolních končetin. Perfuze byla měřena pomocí kapilární mikroskopie nehtové řasy, laserové Dopplerovy fluxmetrie a transkutánní oxymetrie. U některých pacientů se během půlhodinové vakuově kompresivní terapie projeví ischemické příznaky z důvodu zaškrcení končetiny nafouknutou manžetou a u některých pacientů došlo v důsledku ochlazení končetiny dokonce k poklesu mikrocirkulační perfuze. V experimentální ani kontrolní skupině nedošlo k významné změně mikroskopických kapilárních parametrů. Pouze u některých

pacientů v experimentální skupině došlo u parametrů laserové Dopplerovy fluxmetrie a transkutánní oxymetrie k signifikantním změnám v mikrocirkulační perfuzi. Ze studie tedy vyplývá, že VCT zlepšuje perfuzi a okysličení kůže jen minimálně, a proto není významným prostředkem v léčbě ischemie dolních končetin.

Efekt kombinace kinezioterapie a VCT u pacientů se syndromem karpálního tunelu ověřovala Poděbradská (2019). Hodnotícími parametry bylo EMG vyšetření a vizuální analogová škála bolesti. Po absolvování šesti kinezioterapií a deseti VCT sezení nedošlo u parametrů EMG k signifikantní změně, ovšem vnímání subjektivní bolesti se u pacientů významně snížilo. Přesto se do roka od ukončení terapie devět z deseti pacientů rozhodlo pro chirurgickou léčbu.

Mikrovaskulární a makrovaskulární perfuzi dolních končetin u pacientů s diabetes mellitus druhého stupně studoval Průcha (2020). Byl potvrzen pozitivní vliv VCT na zvýšení mikrovaskulární i makrovaskulární perfuze dolních končetin a zároveň hodnoty perfuzního indexu reflektovaly podtlakovou i přetlakovou fázi terapie.

2.2.4 Kompresivní terapie ve sportu

S vynálezem nových elastických materiálů dochází od 80. let 20. století k rozšíření kompresivních oděvů i do sportu (Fu, 2013). Gabrielson (2021) ve svém systematickém přehledu datuje širší využití kompresivních oděvů ve sportu pro zlepšení výkonu až na konec 90. let 20. století. V posledních letech tak kompresivní materiály vzbuzují stále větší zájem u profesionálních i amatérských sportovců, jelikož jsou popisovány pozitivní účinky na zvýšení sportovních výkonů, udržení či zlepšení svalových funkcí nebo využití v prevenci sportovních zranění. Zkoumáním funkčnosti a využitelnosti těchto oděvů se tak začínají zabývat také vědci. Přestože bylo publikováno spoustu studií potvrzujících efekt kompresivních oděvů, přesný mechanismus ovšem zmiňuje jen pár z nich (Fu, 2013).

Systematický přehled od Mota (2020) uvádí, že nošení kompresivních materiálů při sportu má jen malý vliv na výkon. Kompresivní materiály ovšem mohou vést ke zlepšení svalových funkcí a snížení svalové bolestivosti při zotavování.

Většina zveřejněných studií zkoumala vliv kompresivních punčoch na dolních končetinách u vytrvalostních sportovců, převážně běžců.

Například Franke (2021) hodnotil, jaká je motivace sportovců k nošení kompresivních punčoch. Studie se zúčastnilo 512 sportovců, z nichž bylo 88,1 % vytrvalostních sportovců a z nich 84,7 % byli běžci. Necelá polovina probandů využívá kompresivní punčochy jako prevenci vzniku opětovného zranění, 14,5 % probandů punčochy používá k mírnění symptomů současného zranění, 14,3 % k relaxaci po sportu, 13,6 % k primární prevenci zranění a 8,8 % ke zlepšení výkonů. Nejčastější zranění u probandů bylo v oblasti lýtka a holeně. Z dotázaných probandů 72,9 % používá vždy nebo často kompresivní punčochy v průběhu závodů a 56,8 % při trénování. Většina probandů vnímá pozitivní efekt z používání kompresivních punčoch při sportu.

Cílem další studie bylo porovnat fyziologické a percepční parametry při nošení kompresivních punčoch při souvislém nebo přerušovaném běhu. Probandi používali běžně dostupné kompresivní punčochy spadající do I. kompresivní třídy. U přerušovaného běhu nebyly pozorovány statisticky významné změny v tepové frekvenci ani vnímané bolestivosti svalů a míra pohodlnosti nošení kompresivních punčoch byla na stupni 6-8. Při souvislém desetakilometrovém běhu měli probandi s kompresivními punčochami tendenci běžet rychleji a kontrolní skupina měla mírně vyšší tepovou frekvenci, úroveň pohodlnosti punčoch a bolestivosti svalů po běhu byla srovnatelná s přerušovaným během. Největší rozdíl byl ve výrazném snížení svalové bolesti 24 hodin po běhu. Výsledkem této studie je možnost využití kompresivních punčoch u vytrvalostních běžců ke snížení opožděného nástupu svalové bolesti (Ali, 2007).

Areces (2015) ověřoval účinek kompresivních punčoch na prevenci vzniku svalového poškození a zvýšení běžeckého výkonu u maratonských běžců. Studie se zúčastnilo 34 běžců rozdělených do kontrolní (bez kompresivních punčoch) a experimentální skupiny (s kompresivními punčochami). Před závodem byla běžcům odebrána krev pro stanovení hodnot glukózy, laktátu, kreatinkinázy a myoglobinu. Další zjišťované parametry byly obvod dolních končetin, váha běžců, maximální výška výskoku a síla svalů nohou. Stejně vyšetření proběhlo i po závodě. Výsledky studie říkají, že nošení kompresivních punčoch při maratonském běhu nemá vliv na výkon běžců ani na hodnoty krevních markerů značících svalové poškození.

Přestože jsou sportovní kompresivní punčochy velmi populární mezi širokou veřejností, tak ve srovnání se zdravotními kompresivními materiály nebyl jejich přínos dosud dostatečně prokázán. Hlavní důvod spočívá v neexistenci jednotného standardu

pro sportovní kompresivní punčochy. Dalším problémem je pak možnost jednotlivé studie porovnávat mezi sebou, jelikož každá hodnotí jiná kritéria. Je totiž obtížné až nereálné porovnávat efekt celotělové komprese oproti kompresi na dolních končetinách, použití kompresivních materiálů u profesionálních sportovců oproti amatérům či hodnocení vlivu kompresivních materiálů na výkon, regeneraci nebo maximální zátěž (Surhoff, 2014).

Jelikož u sportovních kompresivních punčoch nebyly oproti medicínským KEP stanoveny žádné platné standardy, mají produkty od různých výrobců různé parametry a nejčastěji se jedná o úroveň komprese. Reich-Schupke (2016) srovnávala míru komprese sportovních punčoch od pěti výrobců se standardem RAL pro medicínské kompresivní punčochy. Z pěti hodnocených sportovních produktů pouze dva odpovídaly II. kompresivní třídě dle RAL, jedny punčochy spadaly do I. kompresivní třídy a zbylé dva produkty vytvářely tak nízkou kompresi, že nešly dle RAL zařadit do kompresivních skupin. Ani jeden z těchto pěti produktů nevytvářel kontinuálně klesající tlak, což je další rozdíl oproti medicínským KEP.

Priego (2015) se snažil objasnit, zda má nošení kompresivních punčoch u sportovců vliv na kardiopulmonální soustavu. Probandi byli rozděleni do skupin s kompresivními punčochami a s placebo punčochami. Výzkum trval tři týdny, během kterých probandi při běhu nosili punčochy. Sledovány byly parametry: maximální aerobní rychlost, minutová ventilace, srdeční frekvence, relativní spotřeba kyslíku a relativní produkce oxidu uhličitého. Na konci studie nebyl u žádného z kardiopulmonálních parametrů zjištěn významný rozdíl u experimentální a placebo skupiny. Lze tedy říci, že nošení kompresivních punčoch při běhu po dobu tří týdnů nemá vliv na kardiopulmonální soustavu.

Kromě využití na dolních končetinách při běhu se kompresivní materiály používají i v jiných sportech a na jiných částech těla. Příkladem mohou být speciální kompresivní dresy používané v silovém trojboji. Blatnik (2012) ve své studii porovnával výkony sportovců při dřepování s použitím nebo bez kompresivního dresu. Sportovci, kteří používali kompresivní dres, dosáhli během dřepu vyšší excentrické a koncentrické síly i vyšší rychlosti. Výsledky studie tak podporují teorii, že kompresivní dres se během excentrické fáze dřepu natahuje, čímž kumuluje energii, a při koncentrické fázi se energie uvolní, což sportovci umožní zvednout vyšší váhu či provést dřep rychleji.

Obdobný efekt má kompresivní trikot na bench press. Z dosavadních studií vyplývá, že na výkon při bench pressu má významný vliv přímočarost dráhy, po které se pohybuje tyč. Silver (2009) dále udává, že výrazná těsnost kompresivního trikotu omezuje pohyb tyče zejména v horizontálním směru, čímž je dráha tyče přímější a je tedy možné dosáhnout lepších výkonů. Zároveň má značná komprese trikotu pozitivní vliv na prevenci zranění ramenních kloubů.

Kompresivní bandáže kolenních kloubů se používají při dřepování s činkami jako prevence vzniku zranění. Lake (2012) zkoumal vliv kolenních bandáží na provedení dřepu. Díky bandážím dochází k výrazné redukci pohybu činky v horizontální rovině, zrychlení excentrické i koncentrické fáze dřepu a zvýšení síly o 10 % v koncentrické fázi. Autor ovšem varuje, že i kolenní bandáže je nutné používat obezřetně, jelikož může při jejich používání dojít ke změně techniky dřepu a tím ke vzniku zranění.

Další variantou využití komprese ve sportu, ale především tréninku, je tzv. blood flow restriction training, který jako první popsal Dr. Yoshiaki Sato. Jedná se o aplikaci zevní komprese pomocí manžety na proximální část horních či dolních končetin v kombinaci se cvičením s lehkými vahami nebo aerobní aktivitou. V důsledku této komprese dochází k částečnému omezení přítoku arteriální krve a úplnému zabránění odtoku krve venózní. V končetinách se tak hromadí krev společně s metabolity vzniklými při cvičení, dochází k hypoxii tkání, metabolické acidóze a vzniká tak svalová únava podobná té, která vzniká při intenzivním odporovém tréninku. To vede například ke zvýšení sekrece růstového hormonu, testosteronu či oxidu dusnatého (Meier, 2021).

V konečném důsledku tak blood flow restriction training vede k pozitivní adaptaci a tím ke zvýšení svalové síly, svalového objemu, vytrvalosti a vaskularizaci tkání. Za předpokladu, že nebude docházet k ischemii končetin, je tato efektivní metoda tréninku velmi bezpečná, jelikož se používají lehké váhy nebo aerobní aktivita, a riziko vzniku zranění je tak podstatně nižší (Jessee, 2018).

Kromě tréninku sportovců je možné blood flow restriction training využít také v terapii posttraumatických či pooperačních stavů, kdy není možné s končetinou plně hýbat, jelikož můžeme aplikovat tuto restriční metodu na zdravé končetiny. Zmírníme tak svalovou atrofii, zlepšíme vaskularizaci, udržíme pružnost kapilár, zajistíme sekreci hormonů a tím urychlíme celkovou rekonvalescenci. V dalších fázích terapie pak již

můžeme aplikovat blood flow restriction training přímo na postiženou končetinu a posilovat oslabené svaly (Meier, 2021).

Dle Pope (2013) nebylo zatím stanoveno, jaké úrovně tlaku aplikovaného při blood flow restriction training jsou ideální pro efekt této metody. Různé studie, které se touto problematikou zabývaly, porovnávaly tlaky od 50 mmHg až k hodnotám vyšším než 250 mmHg. Dokonce i u nejnižších hodnot tlaku (50 mmHg) byla prokázána pozitivní adaptace. Nejspíš tedy záleží na vhodné kombinaci kompresivního tlaku a váze či intenzitě cvičení.

2.3 Flossing

Flossing je relativně nová manuální terapeutická metoda, kterou můžeme zařadit do skupiny kompresivní terapie. Za jejího autora je považován americký trenér a fyzioterapeut Kelly Starrett, který zmiňuje Voodoo Flossing ve své knize „Becoming a Supple Leopard“. Tato metoda spočívá v omotávání ošetřované oblasti gumovými elastickými páskami, které v místě aplikace způsobí kompresi tkání. Kromě samotné komprese vyvolané flossingovými páskami je součástí metody také aktivní či pasivní pohyb ošetřovaných tkání. V terapii pohybového aparátu je flossingu využíváno zejména ke zvýšení pohyblivosti, redukci bolesti či otoku, rychlejší regeneraci a prevenci zranění (Alhorn, 2018; Kruse, 2018).

2.3.1 Principy a účinky aplikace flossingu

Alhorn (2018) ve své knize popisuje tři principy, dle kterých funguje působení flossingu. Jedná se o houbový efekt, subkutánní iritaci a kinetic resolve.

- **Houbový efekt** připodobňuje ošetřovanou tkáň k houbě. Kompresí flossingovou páskou dojde k „vyždímání“ lymfy a krve s metabolity a následné uvolnění pásky umožní příjem nových čerstvých tekutin bohatých na živiny. Pod místem komprese dochází ke stejnému stavu jako u výše zmíněného blood flow restriction training.
- **Subkutánní iritace** funguje na principu vrátkové teorie bolesti. Aplikací flossingové pásky se v terapii snažíme dosáhnout utlumení nociceptivního

dráždění tím, že naopak stimulujeme mechanoreceptory v kůži. Dojde tak k překrytí bolestivého podnětu podnětem mechanickým. U flossingu dochází ke stimulaci mechanoreceptorů díky tlaku aplikované pásky a tahovým silám, kterými páska působí na kůži při pohybu.

- **Kinetic resolve** neboli rozpouštění pohybem je postup, kterým dosahujeme navrácení pružnosti a pohyblivosti ve tkáních, kde vznikly adheze a restrikce. Při správné aplikaci dojde ke kohezi mezi páskou a kůží a při následném pohybu se jednotlivé tkáně (kůže, podkoží, fascie, svaly, šlachy) posouvají vůči sobě, čímž dochází k rozpouštění nežádoucích spojení ve tkáních. Dalším pozitivním efektem je zlepšení prokrvení, hydratace a vedení nervových vzruchů.

Dle Starretta (2013) je hlavním principem flossingu kombinovaného s pohybem obnovení skluznosti jednotlivých tkání pod místem komprese. Díky tomu je možné zlepšit svalovou kontrakci či snížit bolestivost. Dále popisuje využití flossingu pro redukci otoku. Například při poranění kotníku je možné včasnou redukcí otoku pomocí flossingu výrazně zmírnit bolest či zánět.

Konrad (2021) provedl průzkum všech dosavadních studií, které se zabývaly účinky flossingové terapie. Mezi nejčastější pozitivní efekty komprese pomocí flossingových pásek jsou řazeny parametry: zvýšení ROM, zlepšení výkonu, regenerace, a redukce bolesti. Výsledky zkoumaných studií potvrdily efekt flossingu na zvýšení ROM, i když v průměru je efekt hodnocen jako malý až střední. Oproti tomu zlepšení výkonu (rychlost běhu, výška výskoku či svalová síla) je dokládáno pouze v malém množství zkoumaných studií. Zhodnotit efekt flossingu na snížení bolesti je velmi obtížné, jelikož nebylo publikováno dostatečné množství studií nebo tyto studie obsahovaly malé množství probandů. Autoři se shodují, že je zapotřebí provést více studií zkoumajících efekt flossingu, neboť i u potvrzených parametrů neexistuje shoda, dle jakého mechanismu k těmto pozitivním změnám dochází.

Využitím flossingu na zvýšení rozsahu pohybu v kyčelním kloubu a zvýšení síly výskoku se zabýval Maust (2021). Zprvu byl probandům změřen ROM do flexe v kyčelním kloubu a síla výskoku na jedné noze. Poté byli rozděleni do skupin s flossingem stehna, placebo flossingem a bez flossingu. Následně bylo jejich úkolem provést deset dřepů, deset výpadů na každou nohu a dvacetkrát flexi v kolenním kloubu,

poté byla flossingová páska sundána. Měření prokázalo u skupiny s flossingem významné zvýšení ROM do flexe v kyčelním kloubu a také mírné zvýšení ROM u placebo skupiny. Na zvýšení svalové síly nemělo použití flossingové pásky vliv.

Podobný výzkum provedl Chang (2021), který ovšem zkoumal vliv flossingu v porovnání s elastickými bandážemi na flexibilitu hamstringů a quadricepsu, svalovou sílu, propiocepci kolenního kloubu a dynamickou rovnováhu. Použití flossingové pásky nemělo vliv na zlepšení propiocepce v oblasti kolenního kloubu. Naopak po aplikaci flossingu došlo k významnému zlepšení flexibility hamstringů a quadricepsu, síly quadricepsu a dynamické rovnováhy.

Driller (2017) se ve své studii snažil ověřit efekt flossingu na zvýšení ROM do dorzální a plantární flexe hlezenního kloubu a zlepšení výskoku. Studie se zúčastnilo 52 rekreačně sportujících probandů, u nichž byla vždy na jeden hlezenní kloub aplikována flossingová páska a druhá dolní končetina sloužila jako kontrolní. Byly sledovány parametry dorzální a plantární flexe hlezenního kloubu, weight bearing lunge test (WBLT) a výška a rychlost výskoku na jedné noze. Po dvouminutové aplikaci flossingu, během které probandí prováděli dvacet opakování dorzální a plantární flexe v hlezenním kloubu, byla páska sundána a znovu byly změřeny parametry studie. Studie prokázala, že aplikací flossingu došlo ke statisticky významnému zlepšení všech měřených parametrů. Autoři také došli k závěru, že vzhledem k pozitivním výsledkům by mohl být flossing využíván u sportovců pro prevenci vzniku zranění.

Skupina 17 probandů podstoupila náročný trénink skládající se ze tří sérií šesti cviků s činkami zaměřených na posilování m. biceps brachii. 15 minut po ukončení tréninku byla vždy na jednu paži probandů aplikována flossingová páska. Po dobu 3 minut měli probandí s touto páskou provádět flexi a extenzi v loketním kloubu a zevní a vnitřní rotaci v kloubu ramenním. Nakonec po sejmutí pásky vyplnili dotazník (VAS) ohledně vnímané svalové bolesti. Stejný dotazník vyplnili jeden a dva dny po cvičení. Hodnoty VAS vnímané svalové bolesti na paži, která byla ošetřena flossingem, byly významně nižší než na paži kontrolní. Studie Prill (2019) tak prokázala, že za pomoci využití flossingu je možné snížit opožděný nástup bolesti svalů, a to až dva dny po namáhavém cvičení.

Většina studií sleduje účinek flossingu na již dříve zmíněné parametry - zvýšení ROM, zlepšení výkonu či zmírnění bolesti, ale jen zlomek studií se zabýval změnou prokrvení svalů po aplikaci flossingu.

Pasurka (2020) studoval vliv kompresivní flossingové terapie na ztuhlost a arteriální prokrvení v oblasti hlezenního kloubu. Míra ztuhlosti hlezenního kloubu byla sledována na přední části kloubního pouzdra, ligamentu talofibulare anterius a musculus peroneus brevis. Perfuze byla sledována na arterii dorzalis pedis. Oba parametry byly vyšetřeny pomocí ultrazvuku před aplikací flossingu, ihned po sejmutí pásky a ještě hodinu poté. Aplikace flossingu měla okamžitý pozitivní vliv na snížení ztuhlosti v oblasti hlezenního kloubu a zvýšení perfuze až o 30 %. U stejných parametrů měřených hodinu po sundání pásky nebyl pozorován statisticky významný rozdíl oproti začátku měření.

Další studií sledující vztah flossingu a změny prokrvení, je studie Bohlen (2014), u níž je dohledatelný pouze její abstrakt. Cílem studie bylo prokázat vliv dvoutýdenní intervence pomocí flossingu a mobilizací kotníku na změnu prokrvení lýtkových svalů a zvýšení svalové síly do dorzální a plantární flexe. Efekt flossingu byl prokázán pouze na zlepšení síly do dorzální flexe, na zvýšení prokrvení neměl flossing prokazatelný vliv. Značným nedostatkem této studie je velmi nízký počet pouze pěti zúčastněných probandů.

Kuncová (2019) ve své diplomové práci zkoumala změnu prokrvení m. biceps brachii během a po aplikaci flossingové pásky. Za pomoci transkutánní oxymetrie bylo zjištěno, že po aplikaci flossingové pásky dochází k výraznému poklesu prokrvení m. biceps brachii na ošetřované paži a následně po sejmutí pásky se hodnoty prokrvení postupně vracejí a mírně překračují vstupní hodnoty prokrvení. I na druhé paži, kde nebyl flossing aplikován dochází k nárůstu prokrvení m. biceps brachii. Naměřené hodnoty z této diplomové práce nepodporují teorii tzv. houbového efektu popsánoho Alhornem (2018), jelikož po odstranění pásky trvá návrat prokrvení k původním hodnotám déle než jeho prvotní pokles.

2.3.2 Aplikace flossingu

Terapie flossingu je založena na ovíjení elastické pásky kolem postižené oblasti. Jedná se o pásky z latexu, které jsou vyráběny v různých délkách, šířkách a tloušťkách a poskytují tak různou úroveň odporu. Díky tomu mají terapeuti možnost využít flossingové pásky na různých částech těla a u pacientů s různými pohybovými obtížemi.

Flossingové pásky se vyznačují značnou přilnavostí, čehož se v terapii využívá pro obnovení posunlivosti tkání (Kruse, 2018).

Většina autorů se shoduje, že doba aplikace flossingové pásky by měla trvat dvě až tři minuty. Záleží ovšem na terapeutovi a cíli jeho terapie, úrovni použitého napětí či technice ošetření. Důvodem zkrácení či okamžitého ukončení terapie jsou nepříjemné subjektivní pocity popisované pacientem (Alhorn, 2018; Kruse, 2018; Starrett, 2013).

Před aplikací je potřeba pacienta instruovat, že použití flossingové pásky může být mírně nepříjemné, a to zejména při aplikaci přes ochlupení. Je ovšem nutné rozlišovat nepříjemný pocit, který se dá překonat, a oproti tomu stav, kdy aplikace flossingu způsobí brnění, píchání, necitlivost nebo výrazné zblednutí končetiny. V těchto případech je nutné pásku neprodleně sundat. Pacient dále nemusí mít obavy, pokud po sundání pásky zůstávají na kůži obtisklé červené proužky po pásce, jde o běžný jev, který po chvíli vymizí (Starrett, 2013).

Dosažení optimální komprese, kterou bude páska působit na níže uložené tkáně, se dá ovlivnit několika způsoby. První variantou je využití tlustší a širší pásky, která přirozeně vyvine vyšší tlak. Úroveň tlaku může být korigována pomocí zvýšeného natažení pásky, které se dle cíle terapie pohybuje mezi 20-90 %. Při kloubní aplikaci volíme natažení kolem 60 % a u svalové či fasciální aplikace volíme natažení ještě o něco menší. Třetí možností, jak ovlivnit kompresi je míra překrytí jednotlivých obtáček. Obecně se dá říci, že čím vyšší komprese chceme dosáhnout nebo čím více se dané místo bude pohybovat, tím musí být větší překrytí. Obdobně to platí i obráceně, pokud chceme vyvolat menší kompresi nebo plánujeme menší pohyb ošetřovaného místa, stačí použít menší překrytí jednotlivých obtáček (Alhorn, 2018; Kruse, 2018).

Aplikaci pásky začínáme založením kotvy nebo základny. Jedná se o jednu obtáčku se 100 % překrytím a zhruba 30 % tahem. Tím schováme konec pásky a následně pokračujeme v obtáčení. Stejně jako u bandážování obinadly, tak i u flossingu se dodržuje směr aplikace pásky od periferie směrem k centru. Aplikaci zakončíme zastrčením druhého konce pásky pod předcházející obtáčku (Alhorn, 2018).

Alhorn (2018) popisuje tři techniky, kterými je možné aplikovat pásku na ošetřované místo a docílit tak většího efektu terapie.

- **Technika posouvání** - využívá posunu horních vrstev kůže natažením pásky ihned po jejím přiložení na ošetřovanou oblast. Tato technika je vhodná zejména pro mobilizaci či odstranění restrikcí v myofasciální tkáni.
- **Kompresní technika** - spočívá v aplikaci tlaku na ošetřovanou tkáň. Toho docílíme prvotním natažením pásky a až následným přiložením na kůži. Kompresní technika se využívá nejčastěji pro regeneraci a u svalových aplikací.
- **Rebound** – je zprvu podobný kompresní technice, kdy nejprve natáhneme pásku, kterou následně přikládáme na ošetřovanou oblast. Po přiložení ovšem mírně ubereme tlak, čímž vyvoláme krátký tah opačným směrem než je páska přiložena. Tím v daném místě dochází k mírnému nadzvednutí kůže, tedy obdobnému efektu jako u kinesio tapingu. Využití rebound techniky se nabízí v terapii jizev či hlubších restrikcí.

2.3.3 Kontraindikace flossingu

Jelikož flossing spadá do kompresivní terapie, tak i většina kontraindikací bude totožná s již zmíněnými kontraindikacemi u bandážování obinadly či manuální lymfatické drenáže. Mezi absolutní kontraindikace patří otevřené rány a zlomeniny v místě aplikace pásky, kožní onemocnění, onkologická onemocnění, bakteriální záněty, srdeční insuficience, obstrukční cévní onemocnění či alergie pacienta na materiál flossingové pásky. Relativními kontraindikacemi jsou osteoporóza, užívání léků na snížení srážlivosti krve, horečnaté stavy, kloubní náhrady, snížená citlivost v místě aplikace, aplikace na mateřská znaménka či oblast krční páteře. Flossing dále nepoužíváme u pacientů, kteří si to nepřejí například ze strachu nebo pokud jim byla předchozí aplikace výrazně nepříjemná (Alhorn, 2018; Gabrielsson, 2021; Kruse, 2018; Starrett, 2013).

2.4 Transkutánní oxymetrie

Transkutánní oxymetrie (TcPO₂) nebo také metoda měření transkutánního tlaku kyslíku je neinvazivní vyšetřovací metoda informující o míře prokrvení v místě vyšetření a také schopnosti tkání uvolňovat kyslík. Transkutánní oxymetrie je poměrně

značně rozšířená v klinické praxi, přestože v posledních letech bývá upřednostňován monitoring pulzní oxymetrií. Metoda $TcpO_2$ slouží k měření periferního kožního prokrvení na úrovni kapilár. Během měření je sledován parciální tlak kyslíku, který difunduje z hlubších vrstev až skrze pokožku. Z hodnot parciálního tlaku kyslíku na pokožce tak můžeme nepřímo odvodit, jaký je parciální tlak kyslíku v artériích (paO_2). Naměřené hodnoty tlaku transkutánního kyslíku bývají nižší, než je tlak kyslíku v artériích (Ruben, 2012; Tomešová, 2013).

Vyšetření $TcpO_2$ je následovné. Clarkova polarografická sonda skládající se z anody a katody se umístí na vyšetřované místo, pod sondu je aplikován speciální alkalický roztok, ve kterém dochází k rozpouštění difundujícího kyslíku. V sondě dochází k elektrochemické reakci mezi elektrodami a elektrický proud změřený na katodě je přímo úměrný s parciálním tlakem kyslíku v roztoku, a tedy i ve tkáni pod sondou. Sonda je před začátkem měření zahřáta na teplotu 42 – 44°C, čímž je dosaženo maximální vazodilatace a konstantní difuze kyslíku. Běžně se k měření využívají alespoň dvě sondy, kdy jedna referenční sonda je umístěna v oblasti klíční kosti a další sonda nebo sondy jsou umístěny na dané vyšetřované místo. Naměřené hodnoty $TcpO_2$ vypovídají o míře prokrvení kůže, schopnosti tkáně uvolnit kyslík, disociaci oxyhemoglobinu či metabolické aktivitě tkáně (Bém, 2008; Fife, 2009; Rich, 2001).

Výsledky měření mohou být ovlivněny a zkresleny řadou faktorů od zdravotního stavu pacienta přes technické podmínky (teplota vzduchu, atmosférický tlak,..) až po klíčové umístění sondy. Zde může dojít ke zkreslení údajů, pokud je v místě měření silnější kůže, otok, zánět nebo je kůže poškozena (jizva, vyrážka,..). Důležité je také zohlednit umístění sondy na končetinách, jelikož distálnější umístění může vést k naměření nižších hodnot $TcpO_2$. Také při měření na DKK bývají naměřeny nižší hodnoty než na HKK. Zjištěné hodnoty se také mohou nepatrně lišit přístroj od přístroje. Kromě možného zkreslení je další částečnou komplikací vyšetření poměrně značná časová náročnost, jelikož je u některých přístrojů před každým měřením nutná kalibrace sond. Dále se po připevnění sondy musí vyčkat několik minut, než dojde k ustálení parciálních tlaků kyslíku na pokožce a v tkáni pod ní. Pak teprve může začít samotné měření, které i s již zmíněnou přípravou může celkově trvat 15-20 minut (Bém, 2008; Kragelj, 2000; Ruben, 2012; Trinks, 2017).

Počet provedených vyšetření $TcpO_2$ je poměrně značný díky široké dostupnosti této metody, dalším důvodem je také fakt, že je vyšetření hrazeno zdravotními

pojišťovny. Vyšetření $TcpO_2$ má časté využití u pacientů s DM k objektivizaci stavu ICHDK, dále se využívá u pacientů s chronickými cévními obtížemi pro zvážení indikace revaskularizace a následně k zhodnocení její úspěšnosti. Využití má také ke stanovení ideální výše amputace končetiny při plánovaném zákroku a k predikci následného hojení pahýlu. Za fyziologické hodnoty $TcpO_2$ se považuje rozmezí 40 – 80 mmHg, pokud je hodnota menší než 30 mmHg, pak je úspěšnost zhojení defektů bez provedené revaskularizace nízká. Podle stejné hodnoty $TcpO_2$ se posuzuje i již zmíněná výše amputace. Pokud není v dané úrovni hodnota $TcpO_2$ alespoň 30 mmHg, tak je nutné posunout úroveň amputace výš, čímž se zajistí větší pravděpodobnost lepšího zhojení pahýlu (Fife, 2009; Rich, 2001; Ston, 2011; Tomešová, 2013).

Měření $TcpO_2$ nemá žádnou absolutní kontraindikaci. Literatura uvádí jako kontraindikace špatnou integritu kůže, alergii na adhezivní materiál pro připevnění sondy nebo aplikaci sondy přímo na poškozenou pokožku. Také je nutné dát pozor, aby nedošlo k popálení pacienta přehřátými sondami (Rich, 2001; Ruben, 2012).

Bondarenko (2013) posuzovala možnost využití $TcpO_2$ u diabetických pacientů pro diagnostiku kritické ischemie dolních končetin a následný monitoring stavu po operaci. Výsledkem studie je, že vyšetření $TcpO_2$ může být použito pro diagnostiku závažnosti ischemie dolních končetin a následné účinnosti operace. Studie totiž prokázala silnou korelaci mezi hodnotami $TcpO_2$ a mírou uzávěru arterie tibialis anterior a dorsalis pedis. Měření $TcpO_2$ ovšem může být zkresleno některými komorbiditami pacientů, jako například ischemická choroba srdeční, arteriální hypertenze či infekce dolních končetin.

Metaanalýza hodnotící využití $TcpO_2$ pro stanovení možných komplikací u pacientů po amputaci dolních končetin došla k závěru, že při hodnotách kolem 40 mmHg existuje riziko vzniku komplikací při hojení pahýlu. Zároveň byla popsána přímá úměra, ze které plyne, že čím nižší budou hodnoty prokrvení dolní končetiny, tím větší existuje riziko komplikací (Arsenault, 2012).

Van Weteringen (2020) zkoumal přesnost nového přístroje, který kombinuje měření $TcpO_2$, $TcpCO_2$ a SpO_2 (saturace krve kyslíkem). Měření $TcpO_2$ a $TcpCO_2$ probíhalo na novorozencích a na skupině zdravých dospělých se porovnávaly hodnoty SpO_2 a SaO_2 (arteriální saturace) při řízené hypoxemii. Byla prokázána vynikající korelace a shoda směsi plynů měřená pomocí $TcpO_2$ a $TcpCO_2$, což dokázalo dobrou použitelnost u novorozenců. Stejně tak u dospělých probandů byla prokázána vynikající

shoda a korelace mezi hodnotami SpO_2 a SaO_2 . Nový přístroj kombinující měření $TcpO_2$, $TcpCO_2$ a SpO_2 poskytuje dobrou přesnost se zanedbatelnou chybovostí a je tedy klinicky dobře použitelný.

Ve své studii z roku 2020 prověřoval Abraham možnost využití měření $TcpO_2$ u pacientů s thoracic outlet syndrome (TOS). Cílem studie bylo pomocí provokačního manévru na TOS a následným měřením $TcpO_2$ na předloktí rozdělit skupinu probandů na asymptomatické a probandy s TOS. Výsledky ukazují významnou schopnost předpovědět pomocí $TcpO_2$ výskyt útlaku arteria subclavia a tím i možného TOS.

3 Cíl a úkoly práce, hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je klinickým experimentem ověřit efekt kompresivní terapie na změnu prokrvení paravertebrálních svalů v oblasti bederní páteře při aplikaci flossingové pásky.

3.2 Úkoly práce

Pro splnění cíle diplomové práce musí dojít k uskutečnění jednotlivých úkolů:

1. Prostudovat dostupnou odbornou literaturu pro sumarizaci dosavadního poznání v oblasti kompresivních terapií, flossingu a transkutánní oxymetrie.
2. Obecně představit druhy kompresivní terapie a následně se podrobně zaměřit na flossing terapii.
3. Zjistit změnu prokrvení paravertebrálních svalů a rozvíjení bederní páteře do flexe při aplikaci flossingové pásky na skupině zdravých probandů.

3.3 Výzkumné otázky

1. Jaká je změna prokrvení paravertebrálních svalů v bederní oblasti při aplikaci flossingové pásky a následně po jejím sejmutí?
2. Jaké jsou rozdíly v prokrvení paravertebrálních svalů v bederní oblasti u jednotlivých probandů po aplikaci flossingové pásky?
3. Jaký vliv má aplikace flossingové pásky na změnu rozvíjení bederní páteře do flexe?

3.4 Hypotézy

H1: Předpokládám, že v průběhu 2 minutové aplikace flossingové pásky kolem trupu v bederní oblasti dojde k významnému poklesu prokrvení paravertebrálních svalů.

H2: Předpokládám, že po odstranění flossingové pásky dojde k nárůstu prokrvení paravertebrálních svalů nad původní hodnoty.

H3: Předpokládám, že během 2 minutové aplikace flossingové pásky kolem trupu v bederní oblasti bude pokles prokrvení delší než doba potřebná k návratu prokrvení na původní hodnotu.

H4: Předpokládám, že dojde k významné změně rozvíjení bederní páteře do flexe měřené modifikovanou Schoberovou vzdáleností.

4 Metodologie

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládá z 33 probandů převážně z řad studentů FTVS. Ti byli osloveni přes sociální sítě (Facebook). Podmínkou pro jejich zařazení do experimentu byl věk 18–35 let, absence pohybové aktivity v den měření a neexistence kontraindikace flossingu. Kontraindikacemi pro aplikaci flossingu jsou onemocnění kůže, otevřené rány, fraktury či osteosyntézy v oblasti pánve a bederní páteře, onemocnění či stavy po operacích GIT, arteriální okluzivní onemocnění při kardiální insuficienci - např. trombóza, ateroskleróza, porucha srážlivosti krve, bakteriální onemocnění, osteoporóza, fibromyalgie, revmatické onemocnění, poškození meziobratlového disku, onkologické onemocnění, těhotenství a infekční zejména akutní onemocnění a rekonvalescence po nemoci či úrazu. Tyto parametry byly zjištěny vstupním anamnestickým dotazníkem před samotným měřením.

Na základě nesplnění věkové hranice nebyl 1 proband připuštěn k měření. Ostatní probandi splnily podmínky pro zařazení do experimentu. Měření se zúčastnilo celkem 33 probandů ve věku 20 – 35 let, s průměrným věkem 23,64 let ($\pm 2,41$ let). Sledovaný soubor se skládá z 11 mužů a 22 žen (33,33 % mužů a 66,66 % žen).

Všichni zúčastnění probandi byli informováni o náležitostech měření a souhlasili s využitím zjištěných výsledků pro účely této diplomové práce.

4.2 Měření

Měření probíhalo v kineziologické laboratoři UK FTVS po vyplnění anamnestického dotazníku a informovaného souhlasu.

Proband se svlékl do půl těla, byla mu změřena modifikovaná Schoberova vzdálenost dle Tousignant (2009) pro posouzení rozvíjení bederní páteře do flexe. Takto modifikovaná Schoberova vzdálenost je měřena mezi spina iliaca posterior superior (SIPS) a 15 cm nad SIPS po provedení hlubokého předklonu. Všem probandům byl popsán postup měření a byli požádáni, aby po připevnění elektrod stáli klidně bez pohybu. Následně byla na pravý paravertebrální val ve stoje přilepena elektroda

přístroje Précise 8008 zhruba ve výšce Th/L přechodu, po ustálení hodnot T_{cpO_2} začalo měření. Flossingová páska byla aplikována po dobu dvou minut kolem trupu probanda a obtáčky začínaly ve výšce obratle L5. Směr obtáček pásky byl po směru hodinových ručiček s 50 % překryvem kaudokraniálním směrem. Po dvou minutách byla páska sundána a po dobu dalších šesti minut pokračovalo měření transkutánního tlaku kyslíku. Po ukončení měření byla sundána elektroda. Nakonec byla opět přeměřena modifikovaná Schoberova vzdálenost.

4.3 Metody a analýza dat

Pro získání základních údajů o probandech a vyloučení případných kontraindikací flossingu byl sestaven anamnestický dotazník.

Prokrvení paravertebrálních svalů bylo měřeno na přístroji Précise 8008, který měří transkutánní tlak kyslíku (T_{cpO_2}). Transkutánní tlak kyslíku je na přístroji měřen elektrodami fungujícími na principu fluorescence, které nevyžadují kalibraci před jednotlivými měřeními. Pro lepší prostup kyslíku přes kůži je možné elektrody před měřením nahřát na 40 – 44 °C. Docílení validních výsledků přístroje je zaručeno při využití přístroje v rozmezí teplot 15 – 35 °C a vlhkosti vzduchu 10 – 95 %.

Diplomová práce byla sepsána v Microsoft Office Word 2019. Získaná data z anamnestického dotazníku a ze samotného měření byla zpracována popisnou statistikou v programu Microsoft Office Excel. Data z přístroje Précise 8008 byla otevírána v poznámkovém bloku. Vyhodnocení výsledků měření a provedení párových T-testů probíhalo v programovacím jazyce Python. Využitím párového T-testu byly porovnávány počáteční hodnoty prokrvení oproti hodnotám nejnižším, dále hodnoty počáteční proti hodnotám nejvyšším, porovnán byl čas poklesu prokrvení paravertebrálních svalů a jeho následný návrat k původním hodnotám a nakonec hodnoty rozvíjení bederní páteře do flexe před a po použití flossingové pásky.

5 Výsledky

Výzkumná otázka 1: Jaká je změna prokrvení paravertebrálních svalů v bederní oblasti při aplikaci flossingové pásky a následně po jejím sejmutí?

Následující tabulka číslo 1 reprezentuje hodnoty prokrvení (T_{cpO_2}) a jejich změnu v čase. Tyto hodnoty se velmi liší u jednotlivých probandů, kdy už vstupní hodnoty prokrvení (T_{cpO_2}) vykazují velké rozdíly (dále viz. výzkumná otázka 2). Z naměřených hodnot uvedených v tabulce vyplývá, že pouze u 14 probandů, tedy necelé poloviny, došlo aplikací flossingové pásky k poklesu hodnot T_{cpO_2} ovšem pouze v řádu jednotek. U větší části sledovaného vzorku (57,57 %) způsobilo použití flossingové pásky paradoxně zvýšení prokrvení paravertebrálních svalů, jehož elevace pokračovala i po jejím sejmutí. Tento jev potvrzují i průměrné hodnoty prokrvení, kdy průměr nejnižších hodnot prokrvení (T_0) je nepatrně vyšší než průměr vstupních hodnot (T_x). Bez ohledu na to, zda k poklesu T_{cpO_2} došlo či nikoliv, tak s výjimkou 4 probandů došlo u zbytku ke zvýšení hodnot prokrvení v porovnání počátečních hodnot a hodnot 6 minut po sejmutí flossingové pásky. Konkrétně probandi číslo 7, 12, 24 a 28 se ani 6 minut po odstranění flossingové pásky nevrátili na vstupní hodnoty prokrvení (T_x). Z hodnot v tabulce 1 plyne, že v porovnání počátečních hodnot (T_x) s hodnotami 6 minut po sejmutí flossingové pásky (T_6) došlo v průměru k nárůstu prokrvení na 119,7 % počátečních hodnot (T_x).

Graf číslo 1 zobrazuje hodnoty T_{cpO_2} všech probandů, které jsou obsažené výše v tabulce číslo 1. Z krabicového grafu je patrná postupně rostoucí tendence prokrvení paravertebrálních svalů v čase. Tento růst je zřetelný také u hodnot T_0 , což je způsobeno tím, že nadpoloviční část probandů reagovala na aplikaci flossingové pásky nárůstem prokrvení a nikoliv jeho poklesem. Tento rostoucí trend prokrvení dále pokračuje i v dalších minutách po sejmutí pásky.

Hodnoty TcpO ₂ paravertebrálních svalů v čase					
Proband	Tx (mmHg)	T0 (mmHg)	T2 (mmHg)	T4 (mmHg)	T6 (mmHg)
1	30	33	37	41	43
2	28	30	31	31	32
3	43	40	41	44	45
4	30	35	41	45	48
5	52	51	51	52	52
6	38	43	46	47	48
7	26	19	19	20	23
8	46	44	48	47	49
9	31	30	32	40	42
10	42	45	46	45	48
11	26	27	28	34	37
12	19	13	16	13	16
13	56	54	55	56	58
14	29	32	37	39	42
15	22	27	27	30	33
16	42	44	44	46	48
17	49	51	51	52	54
18	24	24	27	30	33
19	39	40	42	49	50
20	65	65	67	68	68
21	30	35	35	37	40
22	25	27	27	26	28
23	30	26	29	32	37
24	23	15	15	16	18
25	41	41	43	47	48
26	30	32	34	36	38
27	29	27	29	37	66
28	29	25	26	28	28
29	34	39	40	44	47
30	42	39	40	44	47
31	47	46	50	46	47
32	28	26	28	31	36
33	55	56	59	61	63
Průměr	35,75	35,79	37,6	39,81	42,78
Medián	30	35	37	41	45
Směrodatná odchylka	11,07	11,82	11,97	11,94	12,21

Tabulka 1: Hodnoty TcpO₂ paravertebrálních svalů v čase

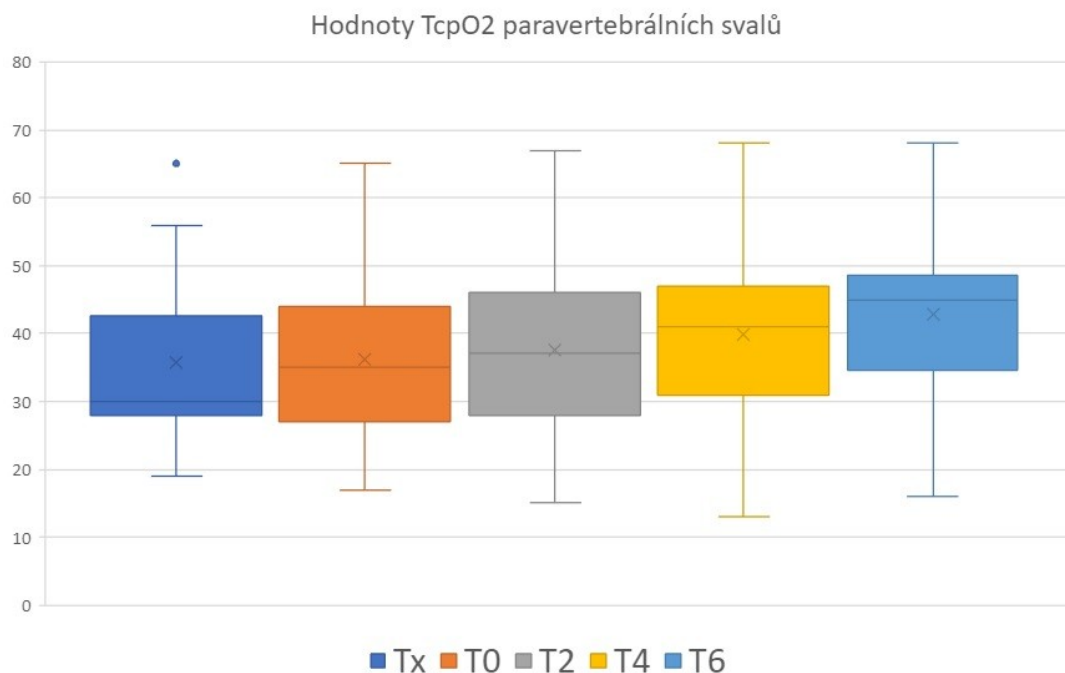
Legenda: Tx - počáteční hodnoty TcpO₂

T0 - nejnižší hodnota TcpO₂

T2 - hodnoty TcpO₂ po 2 minutách od sejmutí pásky

T4 - hodnoty TcpO₂ po 4 minutách od sejmutí pásky

T6 – hodnoty TcpO₂ po 6 minutách od sejmutí pásky



Graf 1: hodnoty TcpO₂ paravertebrálních svalů v čase

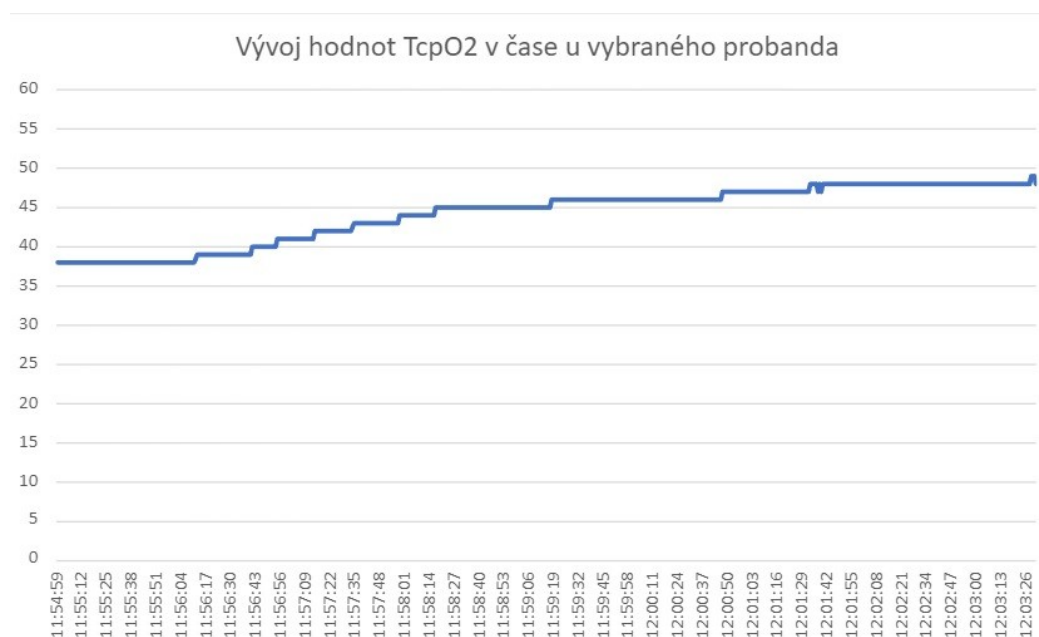
Výzkumná otázka 2: Jaké jsou rozdíly v prokrvení paravertebrálních svalů v bederní oblasti u jednotlivých probandů po aplikaci flossingové pásky?

Již z tabulky číslo 1 je patrné, že hodnoty prokrvení se u jednotlivých probandů velmi různí. Tento rozdíl je patrný hned u hodnot vstupního prokrvení paravertebrálních svalů (Tx), což můžeme demonstrovat například na probandech číslo 12 a 20. Vstupní hodnoty TcpO₂ u probanda číslo 20 jsou více než trojnásobné oproti vstupním hodnotám prokrvení probanda číslo 12. Tyto hodnoty obou probandů jsou ve sledovaném vzorku extrémní, průměrná hodnota Tx činila 35,75 mmHg.

Pouze u 14 probandů došlo během aplikace flossingové pásky k depresi TcpO₂. Jejich společným znakem je, že pokles prokrvení na nejnižší hodnoty (T0), který byl naměřen, je pouze minimální a v řádu jednotek. Ovšem velký rozdíl se u těchto probandů vyskytuje v čase deprese a elevace prokrvení ze vstupních hodnot (Tx) na nejnižší hodnoty (T0) a zpět (Tx). Rozpětí trvání deprese prokrvení bylo mezi 0:07 a 6:28 minut s průměrem 1:41 minut. Oproti tomu čas elevace zpět na výchozí hodnoty

trval od 1:58 do 4:49 minut (u 4 probandů, kteří se ani po 6 minutách po sundání flossingové pásky nevrátili na vstupní hodnoty, byl pro výpočet použit čas 6 minut) s průměrem 3:23 minut.

Graf 2 znázorňuje vývoj prokrvení paravertebrálních svalů v čase u vybraného probanda (z početnější skupiny probandů, kteří na aplikaci flossingu nereagovali poklesem prokrvení, ale jeho kontinuálním růstem). Během aplikace flossingové pásky nedochází k depresi prokrvení, nýbrž k postupné elevaci, která přetrvává i po sejmutí flossingové pásky a následně dochází k ustálení hodnot $TcpO_2$.



Graf 2: vývoj hodnot $TcpO_2$ v čase u vybraného probanda

Výzkumná otázka 3: Jaký vliv má aplikace flossingové pásky na změnu rozvíjení bederní páteře do flexe?

Z tabulky číslo 2 jsou patrné hodnoty rozvíjení bederní páteře do flexe měřené pomocí modifikované Schoberovy distance. Po aplikaci flossingové pásky došlo, s výjimkou 2 probandů, u všech ke zvýšení rozsahu pohybu bederní páteře do flexe. Před aplikací flossingové pásky byla průměrná hodnota flexe bederní páteře do flexe 23,3 ($\pm 1,3$) cm. Po použití flossingu se průměrná hodnota modifikované Schoberovy vzdálenosti zvýšila na 23,67 ($\pm 1,26$) cm. V průměru tak došlo ke zvýšení rozsahu

pohybu bederní páteře do flexe o 0,36 ($\pm 0,21$) cm.

Změna rozvíjení bederní páteře do flexe			
Proband	Před (cm)	Po (cm)	Rozdíl (cm)
1	22,3	22,5	0,2
2	25,0	25,2	0,2
3	24,8	24,8	0,0
4	23,5	23,8	0,3
5	22,9	23,2	0,3
6	22,5	22,7	0,2
7	21,7	22,4	0,7
8	22,8	23,2	0,4
9	21,6	22,1	0,5
10	22,7	22,7	0,0
11	23,1	23,8	0,7
12	21,6	21,7	0,1
13	22,7	22,9	0,2
14	23,2	23,5	0,3
15	23,5	23,8	0,3
16	21,2	21,7	0,5
17	22,6	23,1	0,5
18	23,5	23,8	0,3
19	21,7	22,2	0,5
20	23,1	23,5	0,4
21	26,4	26,7	0,3
22	23,7	24,1	0,4
23	22,6	23,0	0,4
24	24,6	25,0	0,4
25	24,5	25,4	0,9
26	25,3	25,6	0,3
27	25,4	25,6	0,2
28	25,0	25,4	0,4
29	23,1	23,4	0,3
30	23,7	23,9	0,2
31	21,2	22,1	0,9
32	22,8	23,1	0,3
33	24,7	25,1	0,4
Průměr	23,3	23,67	0,36
Medián	23,1	23,5	0,3
Směrodatná odchylna	1,3	1,26	0,21

Tabulka 2: změna rozvíjení bederní páteře do flexe

Hypotéza 1: Předpokládám, že v průběhu 2minutové aplikace flossingové pásky kolem trupu v bederní oblasti dojde k významnému poklesu prokrvení paravertebrálních svalů.

Pro ověření pravdivosti této hypotézy byl použit párový T-test, kterým se posuzovaly počáteční hodnoty prokrvení Tx a nejnižší naměřené hodnoty T0 (viz hodnoty z tabulky 1). Výsledky párového T-testu říkají, že neexistuje statisticky významný rozdíl v hodnotách prokrvení paravertebrálních svalů před a v průběhu 2 minutového použití flossingové pásky na hladině statistické významnosti $p=0,05$ ($p=0,88$), a proto se tato hypotéza zamítá.

```
#t-test
# Provedení t-testu
t_statistic, p_value = stats.ttest_ind(Tx, T0)

# Porovnání s hladinou významnosti alpha
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print("P-hodnota je menší než", alpha, "- Zamítáme nulovou hypotézu.")
else:
    print("P-hodnota je větší než", alpha, "- Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.")

# Výpis výsledků
print("Párový t-test výsledky:")
print("Statistika t:", t_statistic)
print("P-hodnota:", p_value)
```

```
P-hodnota je větší než 0.05 - Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.
Párový t-test výsledky:
Statistika t: -0.15041160510208354
P-hodnota: 0.8809129345274556
```

Hypotéza 2: Předpokládám, že po odstranění flossingové pásky dojde k nárůstu prokrvení paravertebrálních svalů nad původní hodnoty.

Pomocí párového T-testu byla na statistické hladině významnosti $p=0,05$ posuzována platnost této hypotézy. T-testem byly porovnávány počáteční hodnoty prokrvení a nejvyšší naměřené hodnoty. Výsledky prokázaly statisticky významný rozdíl mezi těmito hodnotami ($p=8,05e-7$), díky čemuž potvrzujeme hypotézu 2.


```

# Provedení párového t-testu
t_statistic, p_value = stats.ttest_rel(Tmax, Tx)

# Výpis výsledků
print("Párový t-test pro hypotézu E > D:")
print("Statistika t:", t_statistic)
print("P-hodnota:", p_value)

# Porovnání s hladinou významnosti alpha
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print("P-hodnota je menší než", alpha, "- Zamítáme nulovou hypotézu.")
else:
    print("P-hodnota je větší než", alpha, "- Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.")

Párový t-test pro hypotézu E > D:
Statistika t: 6.103185586527301
P-hodnota: 8.054341992175193e-07
P-hodnota je menší než 0.05 - Zamítáme nulovou hypotézu.

```

Hypotéza 3: Předpokládám, že během 2minutové aplikace flossingové pásky kolem trupu v bederní oblasti bude pokles prokrvení delší než doba potřebná k návratu prokrvení na původní hodnotu.

Při pohledu na hodnoty deprese a elevace prokrvení z tabulky číslo 3 je zřejmé, že doba poklesu prokrvení z počátečních hodnot na nejnižší naměřené (průměrný čas 1:41 minut) je značně kratší než návrat z nejnižších hodnot zpět na hodnoty počáteční (průměrný čas 3:23). Tyto hodnoty byly dále porovnány párovým T-testem, na základě jehož výsledku ($p=0,96$) tuto hypotézu zamítáme. Posouzení času deprese a následné elevace hodnot $TcpO_2$ bylo možné pouze u probandů, u kterých po aplikaci flossingu došlo ke snížení prokrvení pod počáteční hodnoty. Ostatní, u kterých došlo během použití flossingové pásky pouze k nárůstu prokrvení, nebyli do výpočtu zahrnuti (v tabulce nemají hodnoty deprese a elevace – NA).


```
# Provedení párového t-testu
t_statistic, p_value = stats.ttest_rel(TxH3, T0H3)

# Výpis výsledků
print("Statistika t:", t_statistic)
print("P-hodnota:", p_value)

# Porovnání s hladinou významnosti alpha
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print("P-hodnota je menší než", alpha, "- Zamítáme nulovou hypotézu.")
else:
    print("P-hodnota je větší než", alpha, "- Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.")
```

Statistika t: -0.04967507005354076

P-hodnota: 0.960690092869183

P-hodnota je větší než 0.05 - Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.

Změny prokrvení TcpO ₂ v čase					
Proband	Tx	T0	Rozdíl	Čas deprese	Čas elevace
1	30	33	-3	NA	NA
2	28	30	-2	NA	NA
3	43	40	3	1:29	4:17
4	30	35	-5	NA	NA
5	52	51	1	1:01	4:49
6	38	43	-5	NA	NA
7	26	19	6	3:38	6:00
8	46	44	2	1:13	1:59
9	31	30	1	0:55	2:01
10	42	45	-3	NA	NA
11	26	27	-1	NA	NA
12	19	13	0	6:28	6:00
13	56	54	2	1:17	3:15
14	29	32	-3	NA	NA
15	22	27	-5	NA	NA
16	42	44	-2	NA	NA
17	49	51	-3	NA	NA
18	24	24	0	0:07	2:09
19	39	40	-1	NA	NA
20	65	65	0	0	0
21	30	35	-5	NA	NA
22	25	27	-2	NA	NA
23	30	26	4	1:13	3:45
24	23	15	5	3:59	6:00
25	41	41	0	0	0
26	30	32	-2	NA	NA
27	29	27	2	1:03	1:58
28	29	25	4	3:04	6:00
29	34	39	-5	NA	NA
30	42	39	3	1:11	4:01
31	47	46	-2	NA	NA
32	28	26	2	0:33	1:58
33	55	56	-1	NA	NA
Průměr	35,75	35,79	-0,45	1:41	3:23
Medián	30	35	-1	1:12	3:30
Směrodatná odchylna	11,07	11,82	3,04	0,07	0,08

Tabulka 3: změny prokrvení TcpO₂ v čase

Hypotéza 4: Předpokládám, že dojde k významné změně rozvíjení bederní páteře do flexe měřené modifikovanou Schoberovou vzdáleností.

Potvrzení této hypotézy bylo realizováno pomocí párového T-testu, který ověřoval statisticky významnou rozdílnost hodnot rozvíjení bederní páteře do flexe před a následně po použití flossingové pásky. Tento výsledek ($p=7,99e-7$) nám dává silný statistický důkaz o významném rozdílu v rozvíjení bederní páteře do flexe před a po aplikaci flossingové pásky. Podporuje to naši hypotézu, že došlo ke statisticky významné změně v rozvíjení bederní páteře do flexe.

```
# Provedení párového t-testu
t_statistic, p_value = stats.ttest_rel(FLX_pred_Floss, FLX_po_Floss)

# Výpis výsledků
print("Statistika t:", t_statistic)
print("P-hodnota:", p_value)

# Porovnání s hladinou významnosti alpha
alpha = 0.05
if p_value < alpha:
    print("P-hodnota je menší než", alpha, "- Zamítáme nulovou hypotézu.")
else:
    print("P-hodnota je větší než", alpha, "- Nepřijímáme zamítání nulové hypotézy.")
```

```
Statistika t: -6.0640028738938145
P-hodnota: 7.992252068012175e-07
P-hodnota je menší než 0.05 - Zamítáme nulovou hypotézu.
```

6 Diskuze

Téma této práce *Změna prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci kompresivní terapie* bylo vybráno s ohledem na malou dostupnost literatury zkoumající vliv kompresivní metody flossing na změnu prokrvení svalů a tedy malou probádanost v této oblasti. Konkrétně se jedná o tři práce autorů Bohlen (2014), Kuncová (2019) a Pasurka (2020). Zároveň všichni tito autoři zkoumali efekt flossingu na končetinách. Proto je tato práce originální v tom, že sleduje, jak ovlivní aplikace flossingové pásky prokrvení paravertebrálních svalů v bederní oblasti a zda dojde ke zlepšení rozvíjení bederní páteře do flexe. Jedná se tedy o první práci, ve které je flossing použit kolem trupu.

Výsledky této práce prokázaly, že 2minutová aplikace flossingové pásky kolem trupu nemá statisticky významný vliv ($p=0,88$) na pokles prokrvení z počátečních hodnot (Tx). Toto je patrné i na průměrných hodnotách počátečního prokrvení ($T_x=35,75$ mmHg) a nejnižších hodnotách prokrvení ($T_0=35,79$ mmHg), které jsou téměř totožné. Tento nepatrný rozdíl mezi průměrnými hodnotami Tx a T0 a nepřítomnost poklesu prokrvení je způsoben tím, že u 57,57 % probandů vůbec k poklesu prokrvení nedošlo a i při aplikované flossingové pásce prokrvení rostlo. Tyto výsledky se neshodují s výsledky Kuncové (2019), která naměřila výrazný pokles hodnot ($p=2,45e-14$) T_{cpO_2} měřených na m. biceps brachii až na 23,68 % počátečních hodnot prokrvení.

Kuncová (2019) dále ve své práci dokázala, že flossing má statisticky významný ($p < 2.2e-16$) vliv na elevaci prokrvení po sejmutí pásky. V čase 15 minut po naměření nejnižší hodnoty prokrvení činila aktuální hodnota prokrvení 116,89 % počáteční hodnoty. Podobných výsledků bylo dosaženo i v této práci, kdy hodnoty prokrvení 6 minut po sejmutí flossingové pásky (T_6) dosáhly v průměru 119,7 % počátečního prokrvení (Tx). K významnému zvýšení prokrvení ($p<0,001$) ihned po sejmutí pásky došlo i ve studii, kterou provedl Pasurka (2020) a to dokonce o 30 %. Ovšem po 1 hodině od sejmutí pásky již nebyl pozorován statisticky významný rozdíl oproti klidové hodnotě. Tento výsledek by mohl naznačovat, že použití flossingu má krátkodobý účinek, ovšem tato práce se k tomu nemůže vyjádřit, jelikož nesledovala prokrvení po tak dlouhou dobu jako Pasurka (2020). Dosáhnout vyšší vaskularizace v oblasti lýtka a větší svalové síly do dorzální a plantární flexe chtěl pomocí flossingu ve své práci také

Bohlen (2014). Jeho práce se od předchozích zmíněných liší v tom, že neprobíhala jednorázově, ale experiment trval 14 dní. Nebyl ovšem prokázán vliv na vaskularizaci a zároveň se měření zúčastnilo jen 5 probandů, což je značnou limitací tohoto experimentu.

Alhorn (2018) popisuje jako jeden z možných principů fungování flossingu tzv. houbový efekt. Ten spočívá v tom, že aplikací flossingové pásky dochází k obstrukci průtoku v cévách a „vyždímání“ lymfy a krve s metabolity z ošetřovaného místa. Následně po sundání pásky se předpokládá rychlá obnova prokrvení spojená s mohutným přísunem krve obsahující živiny a kyslík pro tkáň. Tato práce ovšem houbový efekt v oblasti bederní páteře vyvrátila, jelikož průměrná doba deprese prokrvení trvala 1:41 minut a oproti tomu elevace trvala 3:23 minut. Hodnoty pro potvrzení houbového efektu tak nebyly statisticky významné ($p=0,96$), a proto ho tato práce nemůže potvrdit. Kromě toho, že proti houbovému efektu stojí nevyhovující časy deprese a elevace prokrvení, tak zároveň u 57,57 % probandů vůbec nebyl přítomný pokles prokrvení, který je pro houbový efekt typický, a i při aplikaci flossingové pásky tak hodnoty $TcpO_2$ u těchto probandů stále rostly. Ke stejnému závěru došla ve své práci i Kuncová (2019), když v její práci doba deprese prokrvení trvala v průměru 2:58 minut, zatímco elevace zpět na výchozí hodnoty zabrala 4:19 minut. Ani zde nebyla potvrzena statistická významnost ($p=0,97$) a podstata houbového efektu tak byla zamítnuta.

Dalším úkolem této práce bylo ověřit efekt flossingu na zvýšení rozsahu pohybu bederní páteře do flexe. Kromě dvou probandů, u kterých nedošlo ke zlepšení ani zhoršení tohoto parametru, se u zbývajících probandů rozvíjení páteře do flexe zlepšilo. Průměrná hodnota modifikované Schoberovy vzdálenosti se zvětšila o 0,36 cm. Porovnání hodnot rozvíjení bederní páteře před a po aplikaci flossingu prokázalo statisticky významné zlepšení ($p=7,99e-7$). Na druhou stranu je otázka, zda je zlepšení o necelý půlcentimetr, které je sice významné statisticky, je také významné klinicky. Zároveň není možné porovnat tyto výsledky s jinou literaturou, jelikož doposud nikdo nezkoumal vliv flossingu na rozvíjení bederní páteře. Z dostupné literatury ale víme, že na jiných částech těla byl prokázán pozitivní vliv po použití flossingu na zvýšení rozsahu pohybu.

Existuje řada studií, které prokázaly pozitivní vliv flossingu na zvýšení pohyblivosti v kloubu nebo zlepšení protažitelnosti svalu. Příkladem může být studie Maust (2021), která prokázala pozitivní vliv flossingu kombinovaného s aktivním

pohybem na zvýšení rozsahu pohybu v kyčelním kloubu. Obdobný výzkum, ovšem na hlezenním kloubu, provedl Driller (2017), který také kombinoval flossing a aktivní pohyb a potvrdil tak pozitivní účinky flossingu na zvýšení rozsahu pohybu a zlepšení výskoku. Ve výzkumu, který provedl Chang (2021), došlo po aplikaci flossingu k významnému zlepšení jak flexibility hamstringů a quadricepsu, tak síly quadricepsu. Konrad (2021) ve svém přehledu, ve kterém shrnul dosavadní poznatky ze studií o flossingu, zařazuje zvýšení rozsahu pohybu mezi nejčastější pozitivní efekty flossingu spolu se zlepšením výkonu, regenerací a redukcí bolesti.

I přes to, že byla publikována řada studií a prací, které popisují různé pozitivní účinky flossingu na pohybový aparát, žádná z nich nepřináší přesvědčivé důkazy o mechanismu, díky kterému flossing tyto pozitivní změny přináší. Jedním z nich je již zmíněný houbový efekt, který ovšem tato práce i práce Kuncové (2019) nepotvrdily. Dalším principem, který uvádí Alhorn (2018) je kinetic resolve, ten působí na měkké tkáně a podle tohoto principu dochází k uvolnění jednotlivých vrstev mezi sebou. Při aplikaci flossingové pásky dojde ke kohezi mezi páskou a kůží a při následném pohybu se jednotlivé tkáně posouvají vůči sobě, čímž dochází k rozpuštění nežádoucích spojení ve tkáních. Obdobný princip uvádí také Starrett (2013), který říká, že hlavním mechanismem flossingu kombinovaného s pohybem je obnova skluznosti jednotlivých vrstev tkání pod místem komprese. V našem výzkumu ovšem flossing nebyl doplněn o pohyb a proto jeho pozitivní účinek na zvýšení prokrvení nemůže být vysvětlen pomocí principu kinetic resolve. Mezi další mechanismy, které by mohly být podstatou fungování flossingu, je tixotropní efekt. Jedná se o vlastnost určitých tekutin, v našem případě extracelulární tekutiny. Tento jev je možné vysvětlit tak, že při použití pásky je vyvolán tlak na tkáně, díky tomu extracelulární tekutina ve svalectech sníží svoji viskozitu a díky tomu je umožněna lepší pohyblivost tkání a snížena její tuhost. Tohoto efektu, při kterém se záměrně snižuje viskozita tekutin s cílem zlepšit pohyblivost tkání či segmentů, se kromě flossingu využívá například také u foam rollingu, stretchingu, opakovaného pohybu nebo masáže (Chang, 2022; Konrad, 2021). Dalším mechanismem účinku může být ovlivnění tolerance k protažitelnosti a také bolesti díky ovlivnění percepce (Chang, 2022; Konrad, 2021). Obdobný princip popisuje i Alhorn (2018), ten zmiňuje tzv. subkutánní iritaci, která působením tlaku pásky stimuluje mechanoreceptory a tím tlumí případné nociceptivní dráždění. Z výše uvedených vědeckých poznatků vyplývá, že mechanismus účinku flossingu by mohl být kombinací

tixotropního efektu (mechanický princip) a zvýšené tolerance k protažitelnosti a také bolesti tkání (neurologický princip).

Hodnoty $TcpO_2$ byly u jednotlivých probandů velmi variabilní, čehož si lze všimnout již u počátečních hodnot prokrvení (Tx), kdy nejnižší hodnota $TcpO_2$ činí 19 mmHg a oproti tomu maximální hodnota nabývá 65 mmHg, tedy více než trojnásobku. Tyto rozdíly můžou být dány genetickými faktory, tloušťkou kůže nebo množstvím podkožního tuku. Tomešová (2013) udává jako fyziologické hodnoty $TcpO_2$ rozmezí 40-80 mmHg. Jako kritickou hodnotu pro hojení například kožních defektů udává hranici 30 mmHg. Otázkou tedy zůstává, jestli je u zdravých jedinců nějakým způsobem rizikové, že klidová hodnota prokrvení paravertebrálních svalů v bederní páteři je na této hranici nebo dokonce pod ní. V našem výzkumu se toto týká 39,39 % probandů. U již zmíněného probanda, jehož počáteční hodnota $TcpO_2$ činila 19 mmHg, došlo po aplikaci flossingové pásky k poklesu až na 13 mmHg a ani po 6 minutách po sejmutí pásky nedošlo k návratu prokrvení na původní hodnotu.

7 Limitace studie

Cílem této studie bylo posoudit efekt flossingu na změnu prokrvení paravertebrálních svalů v oblasti bederní páteře. Jedná se tak o první studii, která zkoumá vliv této kompresivní techniky na trup. Způsob aplikace flossingové pásky kolem trupu probandů je ale zároveň dle mého názoru značnou limitací při cílení na paravertebrální svaly. Při obmotávání trupu páskou totiž dochází ke stlačení dutiny břišní, která je výrazně poddajnější, a proto se také kompresi přizpůsobí a nedojde k tak výraznému stlačení svalů na zadní straně trupu. Z tohoto důvodu není možné více zacílit kompresi na paravertebrální svaly s cílem ovlivnit jejich prokrvení. V tomto ohledu je praktičtější aplikace flossingu na končetinách, kdy dochází k vyvinutí rovnoměrné komprese na skupinu agonistů i antagonistů. Dalším faktorem, který může mít do jisté míry vliv na výsledky při použití flossingu kolem trupu, jsou pohyby spojené s dýcháním. Nádech a výdech tedy způsobují změny objemu břišní dutiny a tím i mírné repetitivní zvyšování a snižování komprese, kterou páska vytváří, což může prokrvení také ovlivnit.

Omezením této studie je také malý vzorek testovaných probandů (33) skládající se z mladých zdravých jedinců. Z toho důvodu není možné vztáhnout výsledky této práce na celou populaci. Jiných výsledků prokrvení bychom tak mohli dosáhnout při měření skupiny pacientů s bolestmi bederní páteře nebo například u vrcholových sportovců.

Také je třeba zohlednit, že prokrvení bylo sledováno pomocí hodnot transkutánní oxymetrie ($TcpO_2$), tedy kyslíku difundujícího skrze kůži, a ne přímo tlaku kyslíku v arteriích (paO_2), jelikož toto měření není v našich podmínkách možné. Jedná se sice o dva různé ukazatele, které ovšem spolu dobře korelují. Chyba při měření mohla nastat nedostatečným připevněním elektrody oxymetru nebo přítomností vzduchové bublinky v alkalickém roztoku pod elektrodou přístroje. Zároveň u probandů zařazených do měření nebyla brána v potaz jejich výška, váha ani tělesné složení. Tyto faktory mohly způsobit zkreslení výsledků, jelikož množství podkožního tuku nebo třeba tloušťka kůže mohly ovlivnit prostupnost kyslíku do elektrody oxymetru. Další zkreslení mohlo být zapříčiněno různou velikostí komprese, kterou páska vytváří. I přes to, že aplikaci flossingové pásky prováděla vždy stejná osoba, aby odchylky ve velikosti komprese byly co nejmenší, není možné pokaždé dosáhnout stoprocentně totožné komprese u všech probandů.

V rámci této studie bylo sledováno prokrvení paravertebrálních svalů v průběhu 2 minutové aplikace flossingové pásky a následně dalších 6 minut po jejím sejmutí. Proto nemůže tato práce odpovědět na otázku, jaký vliv na prokrvení má flossing v dalších minutách po sejmutí pásky. Jelikož byl flossband aplikován pouze staticky, tak nelze posoudit, jak by se změnilo prokrvení, popřípadě rozvíjení bederní páteře, pokud by byla aplikace flossingu doplněna o aktivní pohyb probandů (například flexe a extenze páteře).

Doposud bylo publikováno pouze malé množství odborné literatury, která zkoumala vliv flossingu na změnu prokrvení svalů, a žádná studie nebo článek nezmiňuje aplikaci flossbandu na trupu. Cílem řady studií bylo posoudit vliv flossingu na zvýšení rozsahu pohybu, ovšem žádná práce nesledovala, jak se změní rozvíjení bederní páteře. Jelikož otázky, které si klade tato práce, byly v odborné literatuře ověřeny jen zřídka nebo dokonce vůbec, lze jen obtížně porovnat výsledky této práce s jinými.

8 Závěr

Tato práce měla za cíl objasnit efekt kompresivní terapie na změnu prokrvení paravertebrálních svalů při aplikaci flossingové pásky kolem trupu v bederní oblasti. Nebyl zjištěn statisticky významný pokles prokrvení paravertebrálních svalů během 2minutové aplikace ($p=0,88$), naopak u 57,57 % probandů docházelo již během použití flossingové pásky k pozvolnému nárůstu $TcpO_2$ nad počáteční hodnoty prokrvení.

Byl prokázán statisticky významný vliv flossingu na vzestup prokrvení paravertebrálních svalů ($p=8,05e-7$), který byl patrný v čase po odstranění flossingové pásky. V čase 6 minut po sejmutí flossingové pásky (T6) tvořil nárůst hodnot $TcpO_2$ 119,7 % počátečních hodnot prokrvení (Tx).

Při sledování času, který je potřebný k poklesu z počátečních hodnot prokrvení (Tx) na nejnižší hodnoty (T0), byl zjištěn průměrný čas 1:41 minut. To je kratší čas, než který je potřebný k návratu z nejnižších hodnot prokrvení (T0) zpět na počáteční hodnoty, což v průměru trvalo 3:23 minut. Toto zjištění vyvrací ($p=0,96$) tzv. houbový efekt, podle kterého by při aplikaci flossingové pásky doba deprese prokrvení měla být delší než čas potřebný k návratu z nejnižších zjištěných hodnot zpět na hodnoty počáteční po sejmutí pásky.

Měření rozvíjení bederní páteře do flexe hodnocené modifikovanou Schoberovou vzdáleností před a po použití flossingové pásky kolem trupu prokázalo statisticky významné ($p=7,99e-7$) zvýšení rozsahu pohybu. V průměru tak došlo k nárůstu modifikované Schoberovy distance po použití flossingové pásky o 0,36 centimetru.

V dalších výzkumech, které budou sledovat vliv kompresivní terapie flossing na změnu prokrvení, by bylo vhodné zjistit, jak se chová prokrvení, pokud bude aplikace flossingové pásky doplněna o pohyb v dané oblasti (ať by šlo o pohyb aktivní nebo pasivní).

9 Zdroje

- ABRAHAM, P., J. HERSANT, P. RAMONDOU, F. THOUVENY, M. FEUILLOY, J. PICQUET a S. HENNI. Comparison of transcutaneous oximetry with symptoms and arteriography in thoracic outlet syndrome. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2020, 75(1), 107-119. ISSN 13860291. Dostupné z: doi:10.3233/CH-190751
- AHLHORN, A. a D. KRÄMER. Flossing v terapii a tréninku. Olomouc: Poznání, 2018. ISBN 978-80-87419-79-3.
- ALI, A., M. P. CAINE a B. G. SNOW. Graduated compression stockings: Physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of Sports Sciences*. 2007, 25(4), 413-419. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410600718376
- AL KHABURI, J., A. A. DEHGHANI-SANIJ, E. A. NELSON a J. HUTCHINSON. Effect of bandage thickness on interface pressure applied by compression bandages. *MEDICAL ENGINEERING & PHYSICS*. 2012, 34(3), 378-385. ISSN 13504533. Dostupné z: doi:10.1016/j.medengphy.2011.07.028
- ANDERSON, I. a G. SMITH. Compression Made easy. *Wounds UK*. 2014, 10(3), 1-6.
- APPELEN, D., E. VAN LOO, M. H. PRINS, M. NEUMANN a D. N. KOLBACH. Compression therapy for prevention of post-thrombotic syndrome. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017, 2017(9). ISSN 14651858. Dostupné z: doi:10.1002/14651858.CD004174.pub3
- ARECES, F., J. J. SALINERO, J. ABIAN-VICEN, C. GONZÁLEZ-MILLÁN, D. RUIZ-VICENTE, B. LARA, M. LLEDÓ a J. DEL COSO. The Use of Compression Stockings During a Marathon Competition to Reduce Exercise-Induced Muscle Damage: Are They Really Useful?. 2015, 45(6), 462-470. ISSN 0190-6011. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.2015.5863
- ARSENAULT, K.A., A. AL-OTAIBI, P.J. DEVEREAUX, K. THORLUND, J.G. TITTLELY a R.P. WHITLOCK. The Use of Transcutaneous Oximetry to Predict Healing Complications of Lower Limb Amputations: A Systematic Review and Meta-analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2012, 43(3), 329-336. ISSN 10785884. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejvs.2011.12.004
- BÉM, R. Dlouhodobé zkušenosti s transkutánní oxymetrií. *Bulletin HPB*. 2008, 16(4), 75-79. ISSN 1210-6755. Dostupné také z:

<http://www.digitalniknihovna.cz/nlk/view/uuid:73b2f660-69a7-11e3-9be7-d485646517a0?page=uuid:793fdc6a-69a7-11e3-9be7-d485646517a0>

BLATNIK, J. A., J. W. SKINNER a J. M. MCBRIDE. Effect of Supportive Equipment on Force, Velocity, and Power in the Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012, 26(12), 3204-3208. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182736641

BOHLEN, J., M. ARSENAULT, B. DEANE, P. MILLER, M. GUADAGNO a D. A. DOBROSIELSKI. Effects of applying floss bands on regional blood flow. *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings*. 2014, 9(2). ISSN 1939-795X.

BONDARENKO, O.N., N.L. AYUBOVA, G.R. GALSTYAN a I.I. DĚDOV. Transcutaneous oximetry monitoring in patients with type 2 diabetes mellitus and critical limb ischemia. *DIABETES MELLITUS*. 2013, 16(1), 33-42.

DISSEMOND, J., M. STORCK, K. KRÖGER a M. STÜCKER. Indikationen und Kontraindikationen der modernen Kompressionstherapie. *Wiener Medizinische Wochenschrift*. 2018, 168(9-10), 228-235. ISSN 0043-5341. Dostupné z: doi:10.1007/s10354-017-0605-z

DRILLER, M. W. a R. G. OVERMAYER. The effects of tissue flossing on ankle range of motion and jump performance. *Physical Therapy in Sport*. 2017, 25, 20-24. ISSN 1466853X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ptsp.2016.12.004

DUNGL, P. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.

ELIŠKA, O. *Lymfologie: teoretické základy a klinická praxe*. Praha: Galén, 2018. ISBN 978-807-4923-876.

FELDMAN, J.L., N.L. STOUT, A. WANCHAI, B.R. STEWART, J.N. CORMIER a J.M. ARMER. Intermittent pneumatic compression therapy: a systematic review. *LYMPHOLOGY*. 2012, 45(1), 13-25. ISSN 2522-7963.

FIFE, C.E., D.R. SMART, P.J. SHEFFIELD, H.W. HOPF, G. HAWKINS a D. CLARKE. Transcutaneous Oximetry in Clinical Practice: Consensus statements from an expert panel based on evidence. *Undersea & hyperbaric medicine*. 2009, 36(1), 43-53. ISSN 1066-2936.

FÖLDI, M. a E. FÖLDI. *Lymfologie*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4300-4.

FRANKE, T. P. C., F. J. G. BACKX a B. M. A. HUISSTEDE. Lower extremity compression garments use by athletes: why, how often, and perceived benefit. *BMC*

Sports Science, Medicine and Rehabilitation. 2021, 13(1). ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/s13102-020-00230-8

FU, W., Y. LIU a Y. FANG. Research Advancements in Humanoid Compression Garments in Sports. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2013, 10(1). ISSN 1729-8814. Dostupné z: doi:10.5772/54560

GABRIELSSON, G. Tissue Compression Flossing-A systematic review. Linnaeus university: Diplomová práce. Kalmar, 2021.

GUNEY-DENIZ, H., G. I. KINIKLI, S. AYKAR, C. SEVINC, O. CAGLAR, B. ATILLA a I. YUKSEL. Manual lymphatic drainage and Kinesio taping applications reduce early-stage lower extremity edema and pain following total knee arthroplasty. Physiotherapy Theory and Practice. 2022, 1-9. ISSN 0959-3985. Dostupné z: doi:10.1080/09593985.2022.2044422

GÚTH, A. Vyšetrovacie metodiky v rehabilitácii. 4. Liečreh Gúth, 2022. ISBN 978-80-88932-36-9.

HAREN, K., C. BACKMAN a M. WIBERT. Effect of manual lymph drainage as described by Vodder on oedema of the hand after fracture of the distal radius: A prospective clinical study. SCANDINAVIAN JOURNAL OF PLASTIC AND RECONSTRUCTIVE SURGERY AND HAND SURGERY. 2000, 34(4), 367-372. ISSN 3466612.

HEINIG, B. a U. WOLLINA. Komplexe physikalische Entstauungstherapie. Der Hautarzt. 2015, 66(11), 810-818. ISSN 0017-8470. Dostupné z: doi:10.1007/s00105-015-3674-1

CHANG, N.-J., W.-Ch. HUNG, Ch.-L. LEE, W.-D. CHANG a B.-H. WU. Effects of a Single Session of Floss Band Intervention on Flexibility of Thigh, Knee Joint Proprioception, Muscle Force Output, and Dynamic Balance in Young Adults. Applied Sciences. 2021, 11(24). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app112412052

CHMIELEWSKA, D. D., M. STANIA, E. BŁASZCZAK a K. KWAŚNA. Intermittent pneumatic compression in patients with postmastectomy lymphedema. FAMILY MEDICINE AND PRIMARY CARE REVIEW. 2016, 4(4), 419-424. ISSN 1734-3402. Dostupné z: doi:10.5114/fmPCR.2016.63694

JESSEE, M. B., K. T. MATTOCKS, S. L. BUCKNER, S. J. DANKEL, J. G. MOUSER, T. ABE a J. P. LOENNEKE. Mechanisms of Blood Flow Restriction: The New Testament. Techniques in Orthopaedics. 2018, 33(2), 72-79. ISSN 0885-9698. Dostupné z: doi:10.1097/BTO.0000000000000252

JOHANSSON, K., M. ALBERTSSON, C. INGVAR a C. EKDAHL. Effects of compression bandaging with or without manual lymph drainage treatment in patients with postoperative arm lymphedema. *LYMPHOLOGY*. 1999, 32(3), 103-110. ISSN 2522-7963.

KIRCI, F., E. KARAMANLARGIL, S. C. DURU, B. NERGIS a C. CANDAN. Comfort Properties of Medical Compression Stockings from Biodesigned and Cotton Fibers. *Fibers and Polymers*. 2021, 22(10), 2929-2936. ISSN 1229-9197. Dostupné z: doi:10.1007/s12221-021-0615-8

KOLÁŘ, P. Rehabilitace v klinické praxi. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

KONRAD, A., R. MOČNIK a M. NAKAMURA. Effects of Tissue Flossing on the Healthy and Impaired Musculoskeletal System: A Scoping Review. *Frontiers in Physiology*. 2021, 12. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2021.666129

KRAGELJ, Rudi, Tomaž JARM a Damijan MIKLAVČIČ. Reproducibility of Parameters of Postocclusive Reactive Hyperemia Measured by Near Infrared Spectroscopy and Transcutaneous Oximetry. *Annals of Biomedical Engineering*. 2000, 28(2), 168-173. ISSN 0090-6964. Dostupné z: doi:10.1114/1.241

KRUSE, S. Easy Flossing. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2018. ISBN 978-3-13240830-2.

KUMAR, B., J. HU a N. PAN. Memory Bandage for Functional Compression Management for Venous Ulcers. *Fibers*. 2016, 4(1). ISSN 2079-6439. Dostupné z: doi:10.3390/fib4010010

KUNCOVÁ, E. Změna prokrvení svalu při kompresivní terapii. Praha, 2020. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Fyzioterapie. Vedoucí práce Pavlů, Dagmar

LAKE, J. P., P. J.C. CARDEN a K. A. SHORTER. Wearing Knee Wraps Affects Mechanical Output and Performance Characteristics of Back Squat Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2012, 26(10), 2844-2849. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182429840

LIU, P., X. MU, Q. ZHANG, Z. LIU, W. WANG a W. GUO. Should compression bandage be performed after total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2020, 15(1). ISSN 1749-799X. Dostupné z: doi:10.1186/s13018-019-1527-9

MAUST, Z., D. BRADNEY, S. M. COLLINS, C. WESLEY a T. G. BOWMAN. The Effects of Soft Tissue Flossing on Hamstring Range of Motion and Lower Extremity Power. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2021, 16(3), 689-694. ISSN 2159-2896. Dostupné z: doi:10.26603/001c.24144

MEIER, V. Kaatsu trénink: Trénujte své tělo také zevnitř!. RONNIE CZ [online]. 2021 [cit. 2022-08-31]. Dostupné z: <https://medicina.ronnie.cz/c-36854-kaatsu-trenink-trenujte-sve-telo-take-zevnitr.html>

MOHAMED, W.A.I, N.M. BADR, B.E. FOUAD a M.E.M. ABD ALAAL. Efficacy of Intermittent Pneumatic Compression on Blood Flow in Patient with Varicose Veins. *ARCHIVES OF PHARMACY PRACTICE*. 2020, 11(2), 149-153. ISSN 2320-5210.

MOTA, G. R., M. A. SIMIM, I. A. DOS SANTOS, J. E. SASAKI a M. MAROCOLO. Effects of Wearing Compression Stockings on Exercise Performance and Associated Indicators: A Systematic Review. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2020, 11, 29-42. ISSN 1179-1543. Dostupné z: doi:10.2147/OAJSM.S198809

NAVRÁTILOVÁ, Z. Kompresivní terapie u žilních omezení. *Interní medicína pro praxi*. 2008, 10(10), 449-455. ISSN 1803-5256.

NAVRÁTILOVÁ, Z., K. BENDA, O. ELIŠKA, H. HOUDKOVÁ, V. PAVLASOVÁ a R. VLASÁK. Zevní komprese v terapii lymfedému. Standard léčebného plánu. *Česko-slovenská dermatologie*. 2012, 87(1), 33-37. ISSN 0009-0514.

OZKAN, Z.K., U.Y. FINDIK a S. UNVER. Evaluation of Using Compression Stocking in Postoperative Patients. *FLORENCE NIGHTINGALE JOURNAL OF NURSING*. 2016, 24(1), 30-37.

PARTSCH, H. Do we still need compression bandages? Haemodynamic effects of compression stockings and bandages. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*. 2006, 21(3), 132-138. ISSN 0268-3555. Dostupné z: doi:10.1258/026835506778253283

PASURKA, M., Ch. LUTTER, M. W. HOPPE, et al. Ankle flossing alters periarticular stiffness and arterial blood flow in asymptomatic athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020, 60(11), 1453-1461. ISSN 00224707. Dostupné z: doi:10.23736/S0022-4707.20.10992-7

PODĚBRADSKÁ, R., M. JANURA, J. PRŮCHA, M. NEVRLÝ a M. ELFMARK. Effect of vacuum-compression therapy for carpal tunnel syndrome as a part of physiotherapy - pilot study. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*. 2019, 82/115(3), 345-348. ISSN 12107859. Dostupné z: doi:10.14735/amcsnn2019345

- PODĚBRADSKÝ, J. a I. VAŘEKA. Fyzikální terapie. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9661-7.
- POPE, Z. K., J. M. WILLARDSON a B. J. SCHOENFELD. Exercise and Blood Flow Restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013, 27(10), 2914-2926. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182874721
- PRIEGO QUESADA, J. I., Á. G. LUCAS-CUEVAS, I. APARICIO, J. V. GIMÉNEZ, J. M. CORTELL-TORMO a P. PÉREZ-SORIANO. Long-term effects of graduated compression stockings on cardiorespiratory performance. *Biology of Sport*. 2015, 32(3), 219-223. ISSN 0860-021X. Dostupné z: doi:10.5604/20831862.1150304
- PROTZ, K., S. REICH-SCHUPKE, K. MÜLLER, M. AUGUSTIN a K. HAGENSTRÖM. Kompressionsverbände mit und ohne Unterpolsterung. *Der Hautarzt*. 2018, 69(8), 653-661. ISSN 0017-8470. Dostupné z: doi:10.1007/s00105-018-4167-9
- PRUCHA, J., V. SOCHA, L. HANAKOVA, A. LALIS a K. HANA. Objectivization of vacuum-compression therapy effects on micro- and macrovascular perfusion in type 2 diabetic patients. *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik*. 2020, 65(4), 469-476. ISSN 1862-278X. Dostupné z: doi:10.1515/bmt-2019-0066
- RABE, E., H. PARTSCH, J. HAFNER, et al. Indications for medical compression stockings in venous and lymphatic disorders: An evidence-based consensus statement. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*. 2018, 33(3), 163-184. ISSN 0268-3555. Dostupné z: doi:10.1177/0268355516689631
- RABE, E., H. PARTSCH, N. MORRISON a M. MEISSNER. Risks and contraindications of medical compression treatment – A critical reappraisal. An international consensus statement. *Phlebology: The Journal of Venous Disease*. 2020, 35(7), 447-460. ISSN 0268-3555. Dostupné z: doi:10.1177/0268355520909066
- REICH-SCHUPKE, S., S. SURHOFF a M. STÜCKER. Pressure profiles of sport compression stockings. *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2016, 14(5), 495-506. ISSN 16100379. Dostupné z: doi:10.1111/ddg.12779
- RICH, K. Transcutaneous oxygen measurements: implications for nursing. *Journal of Vascular Nursing*. 2001, 19(2), 55-60. ISSN 1062-0303.
- ROSTOM, E.H. a D.G. EL SAYED. Kineso-Taping versus Pneumatic Compression Pump on Lymphedema post Mastectomy. *BIOSCIENCE RESEARCH*. 2019, 16(2), 1876-1881. ISSN 1811-9506.

- RUBEN, D.R., K.R. HIRST, L. WITTNEBEL a R. WETTSTEIN. AARC Clinical Practice Guideline: Transcutaneous Monitoring of Carbon Dioxide and Oxygen: 2012. *Respiratory Care*. 2012, 57(11), 1955-1962. ISSN 0020-1324.
- SAFAZ, I, M.A. TASKAYNATAN a A. OZGUL. Manual lymphatic drainage in management of edema in a case with CRPS: why the(y) wait?. *Rheumatology International*. 2011, 31, 387–390.
- SILVER, T., D. FORTENBAUGH a R. WILLIAMS. Effects of the Bench Shirt on Sagittal Bar Path. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009, 23(4), 1125-1128. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181918949
- STARRETT, K. a G. CORDOZA. *Becoming a Supple Leopard: Movement, Mobility, and Maintenance of the Human Animal*. 2013. ISBN 1936608588.
- STON, R., J. ŠTUKAVEC a E. ŠILHOVÁ. Transkutánní oxymetrie a diabetická noha. *Medical Tribune*. 2011, 7(2). ISSN 1214-8911.
- SURHOFF, S. Compression therapy in sport. *Phlebologie*. 2018, 43(03), 137-139. ISSN 0939-978X. Dostupné z: doi:10.12687/phleb2189-3-2014
- SZEWCZYK, M. T., A. JAWIEŃ, K. CIERZNIAKOWSKA, J. CWAJDA-BIAŁASIK a P. MOŚCICKA. Comparison of the effectiveness of compression stockings and layer compression systems in venous ulceration treatment. *Archives of Medical Science*. 2010, 6(5), 793-799. ISSN 1734-1922. Dostupné z: doi:10.5114/aoms.2010.17097
- ŠVESTKOVÁ, S.S. Komresivní terapie v praxi. *Praktické lékařství*. 2013, 9(3), 117-119. ISSN 1803-5329.
- TICHÁČEK, J., V. ŠVRTINOVÁ, A. GÚTH, K. HÁNA a J. PRŮCHA. Kvantifikace vlivu vakuově-kompresní terapie na přímé zvýšení dodávky kyslíku léčené končetině. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2013, 20(2), 95-108. ISSN 1211-2658.
- TOMEŠOVÁ, J., J. GRUBEROVÁ, P. BROŽ, S. LACIGOVÁ, M. KRČMA a Z. RUŠAVÝ. Metody vyšetřování mikrocirkulace kůže. *Vnitřní lékařství*. 2013, 59(10), 895-902. ISSN 0042-773X.
- TOUSIGNANT, M., L. POULIN, S. MARCHAND, A. VIAU a C. PLACE. The Modified–Modified Schober Test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change. *Disability and Rehabilitation*. 2009, 27(10), 553-559. ISSN 0963-8288. Dostupné z: doi:10.1080/09638280400018411

TRINKS, T. P. Transcutaneous oximetry measurements of the leg: comparing different measuring equipment and establishing values in healthy young adults. *Diving and hyperbaric medicine*. 2017, 47(2), 82-90. ISSN 1833-3516.

UBBINK, D.T, B.M VAN DER OORD, M.R SOBOTKA a M.J.H.M JACOBS. Effects of vacuum compression therapy on skin microcirculation in patients suffering from lower limb ischaemia. *Vasa-JOURNAL OF VASCULAR DISEASES*. 2000, 29(1), 53-57. ISSN 0301-1526. Dostupné z: doi:10.1024/0301-1526.29.1.53

UHER, E.M., G. VACARIU, B. SCHNEIDER a V. FIALKA. Comparison of manual lymphdrainage with exercise therapy in the complex regional pain syndrom I. A randomised controlled trial. *WIENER KLINISCHE WOCHENSCHRIFT*. 2000, 112(3), 133-137. ISSN 0043-5325.

VAN WETERINGEN, W., T. G. GOOS, T. VAN ESSEN, Ch. ELLENBERGER, J. HAYOZ, R. C. J. DE JONGE, I. K. M. REISS a P. M. SCHUMACHER. Novel transcutaneous sensor combining optical tcPO₂ and electrochemical tcPCO₂ monitoring with reflectance pulse oximetry. 2020, 58(2), 239-247. ISSN 0140-0118. Dostupné z: doi:10.1007/s11517-019-02067-x

VAYSSAIRAT, M. a B. HOUOT. First Validation of a Placebo Compression Stocking. *Phlebology*. 2000, 15(3), 175-177. ISSN 02683555. Dostupné z: doi:10.1007/s005230070018

VOGRIN, M., M. KALC a T. LIČEN. Acute Effects of Tissue Flossing Around the Upper Thigh on Neuromuscular Performance: A Study Using Different Degrees of Wrapping Pressure. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2021, 30(4), 601-608. ISSN 1056-6716. Dostupné z: doi:10.1123/jsr.2020-0105

WU, S. C., R. T. CREWS, M. SKRATSKY, J. OVERSTREET, S. V. YALLA, M. WINDER, J. ORTIZ a Ch. A. ANDERSEN. Control of lower extremity edema in patients with diabetes: Double blind randomized controlled trial assessing the efficacy of mild compression diabetic socks. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2017, 127, 35-43. ISSN 01688227. Dostupné z: doi:10.1016/j.diabres.2017.02.025

XIONG, Y. a X. TAO. Compression Garments for Medical Therapy and Sports. *Polymers*. 2018, 10(6). ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym10060663