

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Algometrická analýza vlivu zavřeného úchopu na měkké tkáně
v oblasti ruky a předloktí**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

MUDr. David Pánek, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Hana Vávrová

Praha, 2013

Prohlášení

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

V Praze, dne

.....

.....

Hana Vávrová

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:

Poděkování

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala všem, díky jejichž pomoci a spolupráci mi bylo umožněno sepsání a vytvoření této diplomové práce. V první řadě děkuji MUDr. Davidu Pánkovi za jeho odborné vedení, inspiraci a za cenné rady a připomínky, které mi byly podkladem jak v začátcích, tak při náročném dokončování práce. Ing. Vojtěchu Bartákovi děkuji za čas, který mi věnoval na odborných konzultacích, za rady a za neocenitelnou pomoc se statistickou analýzou naměřených dat. Mé rodině děkuji za podporu a trpělivost. A v neposlední řadě všem dobrovolníkům, kteří mi pro získání dat laskavě propůjčili své ruce, děkuji za jejich čas, ochotu a především velkou odvahu!

Abstrakt

Název: Algometrická analýza vlivu zavřeného úchopu na měkké tkáně v oblasti ruky a předloktí

Cíle: Hlavním cílem této práce je porovnat a vyhodnotit změny prahu dráždivosti nociceptorů na vybraných bodech v oblasti horních končetin před a po definované zátěži pomocí tlakového algometru.

Metody: Data pro experiment byla získávána pomocí tlakového algometru. Pomocí tohoto přístroje byl změřen práh bolesti na daných 42 bodech v ustáleném pořadí u každého probanda nejdříve před zátěží a poté znovu bezprostředně po definovaném zatížení horních končetin (minutové zavěšení oběma rukama v uzavřeném úchopu za tréninkovou lištu formou 10 s zátěž, 10 s pauza, to celé 6x). Naměřené hodnoty byly poté statisticky zpracovány a vyhodnoceny. Podklady pro zpracování teoretické části práce byly získávány v odborných člancích a literatuře, zabývajících se danou problematikou.

Výsledky: Statisticky významné výsledky ukazují, že ve tkáních horní končetiny dochází bezprostředně po jejím zatížení v zavřeném úchopu ke snížení prahu bolesti (průměrně o 100 - 160 kPa), tedy ke zvýšení dráždivosti nociceptorů. Bylo také prokázáno, že dráždivost nociceptorů v oblasti šlachových poutek koreluje s prevalencí jejich poranění udávanou v literatuře (tedy nejvyšší dráždivost v oblasti šlachových poutek A2, nižší v oblasti poutek A3 a nejnižší v oblasti poutek A4). Dále byl v rámci experimentu prokázán průměrně nižší práh bolesti na levé horní končetině oproti pravé a nižší práh bolesti u žen oproti mužům.

Klíčová slova: algometrie, fyzioterapie, práh bolesti, přetěžování, šlachová poutka, zavřený úchop

Abstract

Title: Algometric analysis of influence of crimp grip on soft tissues of hand and forearm.

Objectives: The main aim of this thesis is comparison and evaluation of changes of nociceptors sensitivity treshold in chosen points of upper extremities area before and after defined strain using pressure algometer.

Methods: Data for the experiment was obtained using pressure algometr. Pain threshold was measured in defined 42 points in the order given at each subject firstly before strain and again immediately after defined strain of upper extremities (one minute hangig by the both hands in crimp grip on a campus board in this way: 10 sec strain plus 10 sec break, all six times). Then were measured values statistically analysed. Sources for processing of theoretical part of this work were obtained from expert articles and literature which follow up the given task.

Results: Statistically important results show, that decreasing of pain threshold (on average by 100 - 160 kPa) comes about in tissues of upper extremity immediately after its loading in crimp grip, which means increasing of nociceptors sensitivity. At the same time it has been proved that nociceptors sensitivity in the area of tendon pulleys correlates with frequency of their injury quoted in a literature (that is the highest sensitivity in the tendon pulleys area A2, lower in the pulley area A3 and the lowest in the pulley area A4). Within scope of this experiment it has been also proved average lower pain threshold on left upper extremity against right one and lower pain threshold of women against men.

Keywords: algometry, crimp grip, overuse, physiotherapy, tendon pulley, pressure pain threshold

Seznam použitých zkratek

A1 - A5	anulární (prstencová) šlachová poutka 1 - 5
AC	acromioclavicularis, akromioklavikulární
C1 - C4	kruciální (křížová) šlachová poutka 1 - 4
CMC	carpometacarpalis, karpometakarpální
CT	počítačová tomografie (computer tomography)
DIP	distální interfalangeální
FDP	musculus flexor digitorum profundus
FDS	musculus flexor digitorum superficialis
HK	horní končetina
HKK	horní končetiny
IP	interphalangealis, interfalangeální
LHK	levá horní končetina
MP	matacarpophalangealis, metakarpofalangeální
MRI	magnetická rezonance (magnetic resonance imaging)
NSA	nesteroindí antirevmatika
PHK	pravá horní končetina
PIP	proximální interfalangeální
PPT	pressure pain thresehold
PPTL	pressure pain tolerance
RMF	retinaculum musculorum flexorum
SC	sternoclavicularis, sternoklavikulární

TA	tlaková algometrie
TrP	trigger point, spoušťový bod
UIAA	Union Internationale des Associations d'Alpinisme
UZ	ultrazvuk

Obsah

1	ÚVOD	12
2	TEORETICKÉ PODKLADY	14
2.1	Horní končetina – základní údaje	14
2.1.1	Funkční anatomie horní končetiny	14
2.1.2	Důležité anatomické struktury ruky	15
2.2	Typy chytů a úchopu v lezení	20
2.2.1	Přehled základních typů chytů (úchopů)	20
2.2.2	Otevřený a zavřený úchop	21
2.3	Biomechanika zavřeného úchopu a jeho vliv na šlachová poutka	25
2.4	Adaptace tkání na zátěž	27
2.5	Nejčastější poranění vznikající v souvislosti s lezením	30
2.5.1	Poranění z přetěžování tkání	32
2.5.1.1	Prevalence a nejčastější lokalizace poranění	33
2.5.1.2	Ruptura šlachového poutka flexoru prstu	35
2.5.1.3	Další poškození pohybového aparátu ruky vznikající v souvislosti s přetěžováním tkání při lezení	41
2.5.2	Úrazy	45
2.5.3	Chronické degenerativní změny	45
2.5.4	Prevence vzniku poranění při lezení	46
2.6	Algometrie	49
2.6.1	Bolest	49
2.6.1.1	Fyziologická podstata bolesti	49
2.6.1.2	Vnímání bolesti	50
2.6.1.3	Práh bolesti a práh tolerance bolesti	51
2.6.2	Tlaková algometrie	52
2.6.2.1	Reliabilita tlakové algometrie	53
2.6.2.2	Klinické využití tlakového algometru	55

3	CÍLE PRÁCE.....	56
4	HYPOTÉZY	57
5	METODIKA PRÁCE	59
5.1	Popis výzkumného souboru	59
5.2	Postup měření a analýza dat.....	59
6	VÝSLEDKY	63
6.1	Změny nocicepce v důsledku zátěže.....	63
6.2	Korelace prahu bolesti a prevalence poranění.....	69
6.3	Rozdíly prahu bolesti mezi muži a ženami.....	71
6.4	Rozdíl prahu bolesti na pravé a levé horní končetině	72
7	DISKUZE	75
8	ZÁVĚR	84
9	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	86
10	PŘÍLOHY	94

1 ÚVOD

Pohybový aparát člověka se během miliony let probíhající evoluce dokonale přizpůsobil bipedální lokomoci. V rámci tohoto vývoje byly funkce mezi horní a dolní polovinu těla rozděleny tak, že do dolních končetin byla přenesena především síla a vytrvalost a horní končetiny byly oproti tomu uvolněny pro dosažení co možná největšího rozsahu pohybu a přizpůsobeny vysoké koordinaci a jemné manipulaci. Tomu pochopitelně odpovídá také charakter a uspořádání jejich struktur. Zatímco pasivní složky pohybového systému dolních končetin jsou na sebe díky své povaze schopny přenést velkou část hmotnosti a silových nároků, které jsou na ně kladeny, horní končetiny, které tomu uzpůsobeny nejsou, na tuto „výpomoc“ spoléhat nemohou. I přes postupnou značnou adaptaci tkání je pro ně tedy extrémně těžké tyto požadavky plnit.

Z výše uvedeného vyplývá, že horní končetiny jsou během lezení vystaveny pro ně nepřirozené a příliš velké zátěži. Tato zátěž je charakteristická především protrahovanou izometrickou kontrakcí svalů a častým nesením velké části tělesné hmotnosti, přičemž ve vrcholovém lezení je tato zátěž nezřídka soustředěna pouze do distálních článků prstů. Někdy je tato zátěž ještě nárazově několikanásobně zvýšena a to především při užití tzv. dynamického kroku. Dochází k němu při překonávání příliš velké vzdálenosti mezi dvěma po sobě následujícími chyty a v podstatě znamená výskok a zachycení se v následujícím chytu, v drtivé většině případů pouze prsty jedné ruky. Tyto kroky se však objevují pouze u lezců věnujícím se tomuto sportu dlouhodobě na vysoké až profesionální úrovni. U běžné lezecké populace se téměř nepoužívají.

Lezení ve všech svých formách a podobách zažívá v posledních letech obrovský boom a to jak na rekreační, tak na vysoké úrovni. Také díky tomu se počet zranění, vzniklých v souvislosti s tímto sportem zvyšuje. Ve většině případů se jedná o poranění horních končetin z přetěžování tkání, přičemž na prvním místě stojí poranění šlachových poutek flexorů prstů, záněty šlach a šlachových pochev a poranění struktur kloubů prstů.

Naprostá většina lezců se tomuto sportu věnuje pouze rekreačně. V takovém případě nejsou poranění vzniklá následkem extrémní zátěže jako u profesionálů, ale spíše její

nepřiměřeností, nedostatečnou trénovaností a připraveností jedince, nízkou adaptací tkání či vlivem špatné techniky úchopu. Na pozadí mnoha poranění totiž stojí především příliš časté, nebo silové používání tzv. zavřeného úchopu. Jedná se o úchop, který je pro struktury ruky biomechanicky velmi nevýhodný, avšak lezci poskytuje mnohem větší jistotu a sílu především pro udržení se na velmi malých chytech. Mnoho (především začínajících) lezců mu tak dává automaticky přednost, jelikož díky svým specifickým vlastnostem umožňuje zdolávání cest s mnohem větší obtížností než při používání úchopu otevřeného, při němž se ale zatížení ruky odehrává ve fyziologickém postavení.

Z řady rozhovorů, které jsem s lezci v průběhu vzniku mé práce vedla, vyplynulo, že informovanost lidí, věnujících se lezení, je o této problematice poměrně nízká. Jedním z důvodů může být právě vysoká popularita tohoto sportu v poslední době, neboť právě především mezi začátečníky se najde jen málo těch, kteří o se o tuto činnost zajímají více do hloubky. V teoretické části této práce se tedy chci věnovat popisu typických obtíží vznikajících v souvislosti s lezením, vysvětlit mechanismus vzniku nejčastějších poranění a poukázat na možnosti, jak jim předejít. Speciální část se bude zabývat verifikací změn nocicepce tkání v oblasti ruky a předloktí vlivem dlouhodobého lezení a vlivem jejich zatížení v zavřeném úchopu, který je ze své biomechanické povahy pro tkáň ruky velmi nevýhodným, avšak přesto hojně používaným typem úchopu. Časté používání zavřeného úchopu je odborníky obecně považováno za jednu z hlavních příčin poranění z přetížení tkání ruky při lezení.

2 TEORETICKÉ PODKLADY

2.1 HORNÍ KONČETINA - ZÁKLADNÍ ÚDAJE

2.1.1 Funkční anatomie horní končetiny

Dominantní funkcí horní končetiny je úchop a většinu lokomočních funkcí ztrácí během několika prvních měsíců ontogenetického vývoje. Tomu také odpovídá stavba jejího skeletu, která je spíše subtilního rázu, úprava kloubních spojení i prostorová orientace a uspořádání svalových skupin. Na paži a pletenci ramenním se nacházejí spíše mohutné vícekloubové svaly, které umožňují vyvinutí síly při pohybu velkého rozsahu, na předloktí jsou to štíhlé a dlouhé svaly, sdružené do funkčních vrstev a skupin, které jsou schopny přesnější koordinace pohybu, avšak již na úkor síly. Pro ruku jsou charakteristické krátké svaly koncentrované do dlaně (na hřbet ruky zasahují pouze šlachy svalů z předloktí), které umožňují velmi přesné provedení pohybů (úchopů), ovšem jsou schopné vyvinout pouze malou sílu.

Celá horní končetina začíná a připojuje se k hrudníku pomocí pletence ramenního. Je to oblast, kde se odehrává neustálý „boj“ o udržení maximální možné mobility, při zachování co nejvyšší stability pletence. Rozsah pohybu, jaký je možný v pletenci ramenním, nemá v žádné jiné části těla obdoby a samotné pasivní struktury nejsou schopné dostatečnou stabilitu zajistit. Tato funkce náleží spíše strukturám aktivním – svalům.

Loketní kloub je kloubem poměrně stabilním. Rozsah pohybu už zde není takovou prioritou. Pohyby, které jsou v něm možné, mají především teleskopickou funkci, tj. prodlužování a zkracování horní končetiny. Pohyby do supinace a pronace nastavují ruku do pozice, která jí umožňuje úchop. Je také důležitým místem úponu předloketních svalů.

Ruka je distálním článkem horní končetiny. Je to vysoce vyvinutý a složitý specializovaný orgán. Její primární funkcí je úchop, v podstatě vždy složený z flexe prstů

provázenou opozicí palce. Zatížení ruky se při převážné většině pohybů soustředí buď na její vnitřní nebo zevní okraj [13, 14, 51, 52]. Za získání maximální přesnosti a jemné koordinace pohybu ale musela zaplatit ztrátou síly a v návaznosti na to i pevnosti a odolnosti struktur, kterými je tvořena. Při lezení i při jakékoli jiné činnosti či pohybu je přirozeně nutná spolupráce nejen všech svalů a struktur ruky, ale celé neuromuskuloskeletální soustavy. Pro účely této práce se zde ale budu blíže zabývat pouze těmi strukturami, které zastávají při lezení hlavní funkci a zároveň jsou místy, ve kterých často dochází k poranění. Nejvíce bych se chtěla pozastavit v oblasti ruky, jelikož zde dochází k poraněním v souvislosti s lezením nejčastěji [72]

2.1.2 Důležité anatomické struktury ruky

Kostra ruky je tvořena celkem 29 kostmi, navzájem spojenými poměrně volnými klouby a vazy, které umožňují co největší rozsah pohybu. Upíná se na ně 36 svalů, inervovaných třemi velkými nervy (n. medianus, n. ulnaris, n. radialis) [10, 13, 14, 48, 51, 66].

Následující podkapitola se věnuje stručnému popisu těch anatomických struktur ruky, které jsou z hlediska zaměření této práce nejpodstatnější.

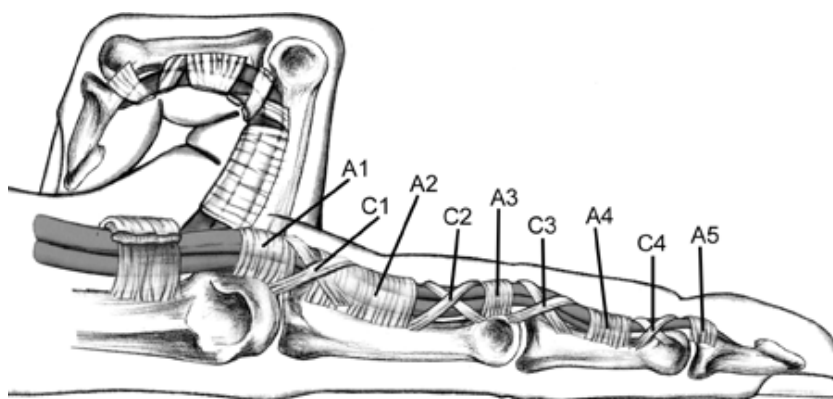
Klouby prstů

Kloubní pouzdra metakarpofalangových (MP) a interfalangových (IP) kloubů jsou poměrně volná a jsou proto zesílená **bočními a palmárními vazy** (ligg. collateralia a palmaria). Ligamenta palmaria jsou jak u MP, tak u IP kloubů zesílena a doplněna **palmárními vazivovými destičkami** (fibrocartilagine palmares) z vazivové chrupavky, které zpevňují kloubní pouzdro a zvětšují kloubní jamku a také brání dorsální flexi

v těchto kloubech. V místě vazivových destiček při silném stisku prsty dochází k obrovské koncentraci sil a při lezení často dochází k jejich poškození. Jejich ruptury mají přímý vliv na mechaniku volnosti pohybu šlach během flexe a extenze prstů. K těmto destičkám jsou také připojené některé z vnějších vazivových vrstev šlachových pochev flexorů prstů – **šlachových poutek** [24, 51, 66].

Šlachová poutka

V oblasti ruky se vyskytují dva druhy šlachových pochev. Jedny obalují šlachy flexorů při průchodu canalis carpi a v dlani (vaginae tendinum carpales), druhé (vaginae tendinum digitorum manus) obalují šlachy flexorů prstů v oblasti palmární strany prstů, v rozsahu od MP kloubu až k úponu šlachy m. flexor digitorum profundus na distálním článku prstu. Tyto synoviální pochvy jsou na prstech přichyceny poutky, tvořeny pevným fibrozním vazivem a připojených ke kosti článků prstů (některá literatura je uvádí spíše jako „ztluštění“ šlachové pochvy [65]), příp. k palmárním vazivovým destičkám MP a IP kloubů prstů. Nazývají se vaginae fibrosae digitorum manus, česky šlachová poutka. V průběhu prstů můžeme rozeznat poutka dvojího druhu: prstenčitá nebo **prstencová** (pars annularis vaginae fibrosae) a **zkřížená** (pars cruciformis vaginae fibrosae) [10, 13, 14, 48, 51].



Obrázek č. 1: Šlachová poutka flexorů prstů [45]

Flexorový kanál v průběhu prstů (od distální části metakarpů až po distální interfalangeální kloub) tedy zahrnuje pět prstencových poutek, označovaných zkráceně velkým písmenem „A“ a pořadovými číslicemi od 1 do 5 v proximo-distálním směru (poutko A1 se nachází v oblasti MP kloubu, poutko A2 v proximální části základního článku prstu, A3 v oblasti PIP kloubu, poutko A4 je umístěno ve střední části mediálního článku prstu a A5 se překlenuje přes DIP kloub [75]), mezi nimiž se nachází čtyři zkřížená poutka, označovaná velkým písmenem „C“ a číslicemi od 1 do 4 – viz obr. č. 1 (některá literatura může uvádět i označení od 0 do 3).

Prstencová poutka představují důležité struktury, které jednak tvoří jakési „kladky“, ale především fixují šlachovou pochvu ke kostěnému skeletu, což je nezbytné pro optimální flexi prstů. Pokud dojde k zásadnímu poškození, nebo úplné ruptuře poutka, vzniká v průběhu prstu tzv. tětíva flexorové šlachy (šlacha při flexi prstu vyčnívá a připomíná tětívu luku – viz obr. č. 10 a 11) a rozsah flexe i síla stisku jsou výrazně omezeny. Zpravidla dochází k ruptuře druhého až čtvrtého prstencového poutka (A2-A4). Zkřížená poutka jsou membranózního charakteru a velmi flexibilní, takže k jejich rupturám téměř nedochází. Ovšem díky tomu také nejsou sama schopna šlachu ve správné pozici udržet. Z hlediska zachování nejlepší mechaniky pohybu jsou nejdůležitější poutka A2 a A4 [6, 8, 13, 24, 42, 51, 65, 66, 68, 73, 75].

Flexory prstů

M. flexor digitorum superficialis (FDS) začíná dvěma hlavami v oblasti loketního kloubu, poté sestupuje po přední straně předloktí a při průchodu skrze **canalis carpi** se větví do čtyř samostatných šlach, upínajících se na bazi středního článku II. až V. prstu [8, 10, 13, 14, 48, 51, 66, 84].

Funkcí FDS je především flexe proximálních (P)IP kloubů prstů. Flexi v MP kloubech provádí pouze z 25% (zbylých 75% provádí mm. lumbricales) [24]. Maximální sílu je schopen vyvinout schopen vyvinout při současné extenzi v MP kloubech.

FDS je maximálně zatěžován při zavřeném úchopu, při kterém ale díky biomechanickým poměrům vyvíjí přílišnou zátěž na šlachová poutka, kterými

prochází [66].

M. flexor digitorum profundus (FDP) začíná na přední ploše předloktí. Pod průběhem FDS sestupuje až do oblasti canalis carpi, kde se rovněž rozdělí do čtyř šlach, pomocí kterých se upíná na bazi distálního článku II. - V. prstu [10, 13, 14, 48, 51, 66, 84].

Hlavní funkcí tohoto svalu je flexe prstů v distálních (D)IP kloubech a pomocná flexe v PIP kloubech, přičemž na flexi MP kloubů se podílí z pouhých 25% [24] a stejně jako FDS je maximální sílu schopen vyvinout při extenzi v MP kloubech.

Jeho funkce je nezbytná pro držení v tzv. otevřeném úchopu. Protože probíhá blíže u kosti než FDS, je páka, kterou působí na články prstů menší a díky tomu je jeho síla v MP a PIP kloubech menší. Na druhé straně je ale jeho síla méně závislá na postavení ruky v zápěstí než u FDS [66].

Svaly ruky

Mm. lumbricales (I-IV) začínají v dlani na šlachách FDP a upínají se na dorzální straně baze proximálních článku prstů.

Jejich funkcí je flexe v MP kloubech a současná extenze v IP kloubech. Při lezení se uplatňují hlavně při chytech typu širší lišty [66].

Mm. interossei palmares a dorsales jsou uloženy v intermetakarpálních prostorech (spatia interossea metacarpi). Jsou rozloženy podle osy jdoucí III. prstem. Jejich funkcí je abdukce a addukce prstů [10, 13, 14, 48, 51].

Při lezení se uplatňují hlavně při držení na úzkých lištách, kde umožňují položit prsty na sebe a přes sebe. Mají spíše stabilizační než silovou funkci [66].

Každý úchop při lezení je originální a do jisté míry jedinečný. Je umožněn díky souhře nejen výše uvedených, ale všech svalů horní končetiny. Neméně důležité pro

úchop jsou tak i extenzory ruky a prstů nebo pronátory a supinátory předloktí, jejichž vzájemná souhra umožňuje přesnou koordinaci pohybu a plnou sílu stisku. Z hlediska prostorových možností rozsahu této práce jsou zde blíže popsány pouze ty, které jsou v rámci úchopu považovány za hlavní [51, 66].

2.2 TYPY CHYTŮ A ÚCHOPU V LEZENÍ

2.2.1 Přehled základních typů chytů (úchopů)

1. **horní chyt** - úchop seshora, většinou při vzpažení, je to nejběžnější způsob úchopu
2. **boční chyt** – úchop z boční strany struktury, uskutečňuje se pomocí tahu ruky proti odklonu těla opačným směrem
3. **dolní chyt** - úchop ze spodní strany struktury, tahem ruky proti tlaku nohou

4. **madlo** – výrazný chyt, který lze uchopit celou rukou (prsty i dlaní)
5. **prstový chyt** – úzký chyt, za který se lze přidržet pouze prsty, případně konečky prstů [39]

6. **kapsový úchop (pocket grip)** – jedná se o malý chyt jamkovitého tvaru; je to otvor pro jeden až dva prsty. Pro struktury ruky to znamená obrovskou koncentraci sil do jednoho místa. V takovém případě pak při každém odchylení tahové síly směrem do strany hrozí velké riziko poškození kloubů [18, 66, 75]
7. **úchop na stisk (pinch grip)** – úchop svislého chytu za pomoci palce, který je v opozici vůči ostatním prstům [18, 39]
8. **svislý úchop (en pointe)** - slouží k úchopu za tzv. „nehtové chytý“, tedy velmi úzké lišty. Konečky prstů jsou ve vertikálním postavení v kolmém směru na chyt. Z biomechanického hlediska je tento úchop pro nejmenší chytý ideální, ovšem v případě nedostatečně posíleného FDP dochází k výraznému přetěžování DIP kloubů [66].
9. **úchop na tření (rajbasy, smearing)** – je ho možné použít u větších oblých chytů, kde je realizován pouze pomocí třecí síly mezi kůží ruky a skálou (povrchem chytu) [39]

10. chyt na tlak – opora celou dlaní o chyt seshora [39]

11. spárový úchop (jam grip) – je zajištěn vzpříčením části nebo celé horní končetiny do spáry (přiměřeně širší spáry) [18, 75]

a) prstová spára – zachycení prsty v úzké spáře pomocí tlaku způsobeného jejich usilovnou flexí. Tento úchop vystavuje IP klouby prstů nefyziologickému zatížení působením sil ve směru rotací [66]

b) spára na žábu a na pěst – zachycení ve středně úzkých spárách pomocí vzpříčení ruky při flexi především MP kloubů, příp. zatětím pěsti

c) spára na paži - použití v široké a hluboké spáře, ve které se pokrčením vzpříčí celá natažená paže

d) spára na loket – vzpříčení v širší a méně hluboké spáře pomocí celé paže flektované v loketním kloubu (vzpříčení je pak dáno tlakem ve smyslu extenze loketního kloubu) [18, 39] (viz také příloha č. 3)

2.2.2 Otevřený a zavřený úchop

Jsou dva základní typy horního prstového, tedy nejčastěji užívaného úchopu. Volba mezi nimi je zásadní pro potenciální vznik budoucího poškození tkání na prstech a to především šlachových poutek, úponů šlach flexorů prstů a měkkých tkání IP kloubů. Hlavní rozdíl mezi nimi tkví v odlišné biomechanice zatížení struktur ruky.

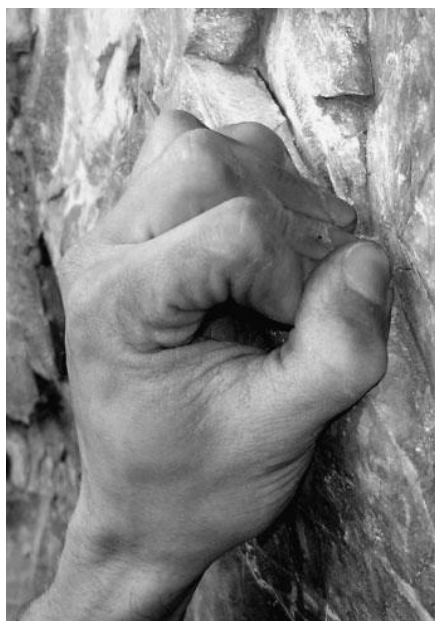
Zavřený úchop (crimp grip, cling grip)

Je to úchop, při kterém jsou PIP klouby ohnuty do 90-110° flexe a DIP klouby jsou v hyperextenzi (viz obr. č. 2 a 3). Je často používán především na úzkých lištách a umožňuje lezcům udržet se i na nejmenších chytech. Pro jeho provedení je totiž zapotřebí

menší svalové síly, jelikož výraznou část hmotnosti nesou struktury ruky pasivně.

Jeho velkou nevýhodou je ale **nadměrná zátěž**, která je vlivem tohoto „pasivního zavěšení“ na tkáň kladena. Trpí jak samotné hyperextendované DIP klouby, tak jejich palmární vazivové destičky, šlachy FDP, šlachová poutka, ale i PIP klouby prstů. Toto přetěžování, obzvláště při častém a výrazně silovém používání, vede ke vzniku mikrotraumat a časem i k vážnějším poraněním tkání. Nejčastěji se jedná o poškození DIP kloubu a palmární vazivové destičky PIP kloubu, poranění šlachových poutek nebo tendosynovitiidě.

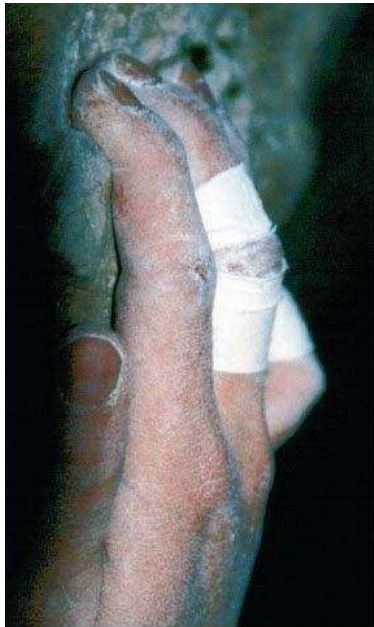
V určitých případech (především ve vrcholovém lezení) je jeho použití nezbytné, ovšem v praxi je jeho užívání mnohem častější, než by bylo nutné, jelikož jeho vlastnosti právě umožňují dostatek jistoty na malých chytech i při menší trénovanosti lezce (především při nedostatečně posíleném FDP) [6, 18, 22, 28, 29, 38, 39, 41, 44, 59, 66, 70, 73, 75, 76, 84].



Obrázek č. 2 a 3 (v pořadí zleva): Ukázky zavřeného úchopu [62, 75]

Otevřený úchop (slope grip, open hand grip)

Tento druh úchopu je pro tkáň ruky ze zdravotního hlediska mnohem příznivější. Ruka se při něm může lépe přizpůsobit tvaru chytu, klouby k němu lépe přilehnou a jsou méně namáhány (viz obr. č. 4 a 5). Sníží se tah za šlachy FDP i tlak na palmární destičku PIP kloubu a DIP kloub, který je především nyní zatěžován více fyziologicky (v semiflexi). Oproti zavřenému úchopu je tento úchop více aktivní – vyžaduje výrazné zapojení FDP, takže naučit se tento úchop efektivně využívat, zvláště na úzkých lištách, je obtížnější. Dle zkušeností ho lze ale využívat častěji, než se obecně předpokládá [18, 29, 28, 38, 39, 41, 44, 66, 70, 75, 76]



Obrázek č. 4 a 5 (v pořadí zleva): Ukázky otevřeného úchopu [72, 86]

Polozavřený úchop

Někdy se uvádí ještě polozavřený úchop, což je jakýsi přechodový článek mezi otevřeným a zavřeným úchopem (viz obr. č. 6 a 7). Od této charakteristiky se odvíjí i jeho (biomechanické) vlastnosti [29].



Obrázek č. 6 a 7 (v pořadí zleva): Ukázky polozavřeného úchopu [62, 86]

2.3 BIOMECHANIKA ZAVŘENÉHO ÚCHOPU A JEHO Vliv NA ŠLACHOVÁ POUTKA

Síla zavřeného úchopu je dána především jeho biomechanickými vlastnostmi. Jak je již psáno výše, při jeho použití je výrazná část hmotnosti nesena tkáněmi pasivně. Vlivem postavení prstů se do sebe jednotlivé struktury prstu do jisté míry „zaklesnou“, čímž je jeho udržení možné i při vynaložení menší svalové síly.

Dalším faktorem, který ovlivňuje „pasivní sílu úchopu“ je míra **tření**, ke kterému fyziologicky dochází mezi šlachou flexoru a šlachovým poutkem. Tyto síly se uplatňují především při statickém či excentrickém zatížení ve flexi PIP kloubu. Udává se, že při maximální zátěži jsou tyto třecí síly odpovědné za více než 18 % síly úchopu.

Velikost třecích sil jednak koreluje se stupněm flexe PIP kloubu, kdy roste s jejím zvyšujícím se stupněm a zároveň je výrazně ovlivněna povrchem stýkajících se struktur. Na vnitřním povrchu šlachových poutek a palmární straně šlachy FDP se totiž nachází malé **transverzální zářezy** či drážky, viditelné při zobrazení elektronovým mikroskopem. Vzájemné prolínání těchto mikrostruktur mnohokrát zvyšuje tření mezi šlachou a poutkem a tím výrazně snižuje množství síly potřebné k udržení úchopu (Odborníky na tuto myšlenku přivedl princip šlachového systému u ptáků a netopýrů, u kterých jsou tyto zářezy a výstupky tak výrazné, že když do sebe při sevření prstů zapadnou, nemusí již k udržení flexe prstů vynakládat žádnou svalovou sílu. Ta je pak naopak nutná k uvolnění úchopu [75].).

Právě tato vlastnost má ale také z velké části na svědomí vznik poranění poutek. Tyto malé zářezy se totiž při působení maximálních sil, zvláště při excentrické zátěži, mohou chovat obdobně jako zuby pily a mechanicky tak poškodit tkáň poutka právě na jeho okraji, kde dochází k největší koncentraci sil. Tím sníží jeho mechanickou odolnost a zvýší riziko jeho ruptury [69, 70, 74, 75, 76].

Na tkáň šlachových poutek **působí při zatížení značné síly**. Soustava tří hlavních poutek A2 - A4 je za fyziologických podmínek schopná na jednom prstu unést až 210 kg [88]. Jak bylo uvedeno, síly přenášené ze šlachy FDP na šlachová poutka dosahují maxima

během zavřeného úchopu. Podle některých studií se během zavřeného úchopu (flexe 90° v PIP kloubu) zvýší síla, kterou šlacha flexoru prstu na tato poutka působí až dvacetinásobně oproti síle, kterou působí během úchopu otevřeného (flexe 5-10° v PIP kloubu) [75]. Specifická měření ukázala, že v místě poutek A2 působí síla přibližně 4 x vyšší, než v ten samý okamžik působí na konec příslušného prstu v místě jeho kontaktu s chytem. K největší koncentraci těchto sil pak dochází především na distálním okraji poutka A2 a proximálním okraji A4. Na počítačovém modelu bylo vypočítáno, že zátěž distálního okraje poutka A2 je při zavřeném úchopu až 36x větší než při otevřeném úchopu. V případě proximálního okraje poutka A4 je to zhruba 4x.

Na základě tohoto faktu je možné vysvětlit, proč je poutko A2 poškozená mnohem častěji a dříve, než poutko A3, které by se na první pohled mohlo ze svého anatomického postavení i díky opticky menší „tloušťce“ zdát pro poranění mnohem náchylnější. Na rozdíl od poutka A2 u něj totiž nedochází ke koncentraci sil do jednoho místa, nýbrž je rovnoměrněji a mechanicky mnohem výhodněji zatěžováno po celé své délce [74, 75].

2.4 ADAPTACE TKÁNÍ NA ZÁTĚŽ

Tkáně jsou samozřejmě schopné se na zátěž, která je na ně kladena, adaptovat. Je to přirozená schopnost tělesných systémů se funkčně i morfologicky přizpůsobovat dlouhodobě působícím vnějším podmínkám. V případě kostí dojde ke změně jejich složení i struktury – remodelaci, tedy přestavbě vnitřních trámečků a mineralizaci. Ligamentózní tkáň zvýší celkovou pevnost vazů a šlach zesílením kolagenních vláken a zmnožením základní hmoty. Ve svaloch dojde k hypertrofii svalových vláken, zlepšení nervosvalových regulačních procesů a zlepšení koordinace synergistů a antagonistů a v neposlední řadě také vaskularizaci, která zajistí dostatečný metabolismus během zátěže [2, 21].

Jestli a v jaké míře k adaptaci dojde, záleží na působících okolnostech. Hraje zde roli samozřejmě přiměřenost zátěže (druh, frekvence, intenzita a doba působení), možnosti kompenzace a dostatek času umožňující odpočinek a regeneraci namáhaných tkání, ale i výživa a celková kondice jedince. Pokud těmto podmínkám není vyhověno, případně je-li vykonávaná činnost pro organismus natolik nepřírozená a nevýhodná, adaptace nemůže proběhnout dostatečně a dojde k funkčním reverzibilním poruchám. Pokud ani v této chvíli nedojde ke zlepšení přístupu, tak později i k nevratným strukturálním změnám nebo poraněním [2].

Ač jsou tkáně v lidském těle vzájemně velmi úzce provázané, díky odlišným možnostem vlastního rozvoje a růstu, které jsou dány především hustotou cévního zásobení a jejich histologickou stavbou, se nastalé **zátěži přizpůsobují různým tempem** (viz tab. č. 1). Zatímco sval, který má bohaté cévní zásobení a tím pádem dostatečný přísun živin a jehož buňky umožňují rychlý objemový nárůst, se na zátěž adaptuje poměrně rychle a příbytek svalové hmoty lze pozorovat už během několika týdnů od počátku tréninku, k adaptaci vazivové tkáně a tedy i šlach ale dochází až po dvou letech. Na kostní tkáni se výraznější změny projeví zhruba po jednom roce a na chrupavčité až po třech i více letech (záleží také na individuálních dispozicích a charakteru tréninku) [50, 85]. Intenzivním tréninkem tak lze získat v poměrně krátkém časovém horizontu výrazný

nárůst svalové hmoty a síly, který ovšem není doprovázen odpovídajícím rozvojem ostatních tělesných struktur, setrvávajícími v téměř nezměněném stavu.

Tabulka č. 1: Minimální čas potřebný k adaptaci jednotlivých tkání [50, 85]

Typ tkáně	Doba potřebná k adaptaci
Kosterní svaly	3 týdny
Srdeční sval	4 týdny
Kosti	1 rok
Šlachy	1-2 roky
Vazy	2 roky
Chrupavka	3-5 let

Tento nepoměr se může vyrovnat až po několika letech pravidelného tréninku s přiměřenou intenzitou zátěže. Do té doby je nutné s touto skutečností počítat a plně ji respektovat, v opačném případě totiž hrozí poměrně vážná poranění pohybového aparátu (ruptury šlach, únavové zlomeniny apod.) Nárůst objemu kostní a vazivové tkáně lze pozorovat například na prstech lezců, které jsou u jedinců, věnujících se lezení pravidelně delší dobu mnohem silnější než u těch, kteří se tomuto sportu věnují teprve krátce [50, 81].

K vysokému stupni adaptace (v závislosti na intenzitě a délce lezení) dochází také v případě šlachových poutek. Několika studiemi byla zkoumána mechanická odolnost poutka A2. Bylo zjištěno, že u běžné populace je schopné odolat silám o velikosti 120 až 400 N. U jedinců, kteří se ale lezení věnují na vysoké úrovni, mohou tyto síly během některých úchopů dosahovat 800 až 1000 N. Aby byla tkáň schopna takovým silám odolat, dochází k její výrazné hypertrofii. Zatímco u běžné populace dosahuje tloušťka poutek průměrně 0,8 mm, u trénovaných lezců je to už průměrně 1,2 mm, což znamená přírůstek tkáně cca o 50 %.

Další výrazné změny se týkají dorzálního kortexu kosti středního článku prstu. Aby

byl schopen odolávat silám, kterými na něj působí šlachy flexoru prstu, dojde k jeho zesílení o cca 100-150 % oproti normální kosti (viz obr. č. 8). K zesílení kortexu dojde i v místě úponů šlach flexorů prstů (viz obr. č. 9) [75, 81].



Obrázek č. 8: Zesílení dorzálního kortexu středního článku prstu (označeno bílou šipkou) [75]



Obrázek č. 9: Zesílení kortexu v oblasti úponů šlach FDS a FDP (označeno černými šipkami) [36]

2.5 NEJČASTĚJŠÍ PORANĚNÍ VZNIKAJÍCÍ V SOUVISLOSTI S LEZENÍM

V průběhu evoluce se lidské tělo adaptovalo k bipedální lokomoci a horní končetiny, které tak byly uvolněny pro práci, se dokonale přizpůsobily provádění koordinovaných, jemných a motoricky přesných pohybů. Na druhé straně tím pádem ale zákonitě přišly o velkou část síly, odolnosti a schopnosti zvládat vysoké mechanické nároky. Při lezení, ať už na umělých stěnách či skalním lezení, jsou tedy horní končetiny lezce vystavovány takové zátěži, které nejsou už po miliony let plně uzpůsobeny. Zvláště na vrcholové úrovni tohoto sportu se musí ruce vyrovnat s extrémními silami. Pokud lezec tento fakt nerespektuje a tělesný systém tímto způsobem bez přiměřené kompenzace v podstatě přetěžuje, dochází snadno k úrazům a poškození tkáňových struktur [12, 29, 59, 65, 66].

Na druhé straně je možné těmto poraněním a jiným obtížím při vhodném přístupu, kterým je poskytnutí dostatečného prostoru pro adaptaci a regeneraci tkání a zařazením vhodné kompenzace do lezecké přípravy, velmi efektivně předcházet. Lezení není pro člověka přirozeným způsobem pohybu, ale přesto se při vhodném přístupu této zátěži může poměrně dobře přizpůsobit [50, 84, 95].

Hlavní rizikové faktory vzniku poranění

- **Nepřiměřenost zátěže** – nepoměr příliš vysoké intenzity zátěže a obtížnosti přelézáných cest vzhledem k úrovni rozvoje tělesných tkání pohybového aparátu
- **Nedoléčené poranění nebo poškození** pohybového aparátu – hrozí recidivy, nebo vznik komplikovanějších stavů
- **Vrozené vývojové vady** a **anatomické abnormality** pohybové soustavy
- **Svalové dysbalance**

- **Celková onemocnění** – oslabení organismu, snížení tolerance k zátěži
- **Věk** – v porovnání s dospělými jedinci je riziko poranění či vzniku zdravotních obtíží vyšší u dětí a mladistvých a u starší populace
- **Nedostatečné protáhnutí, rozcvičení a zahřátí** – studené a nedostatečně prokrvené tělesné tkáně jsou snáze zranitelné
- **Intenzivní trénink a přetrénování** – nevyvážený, příliš náročný nebo velmi jednostranný trénink bez odpovídajícího přiměřeného tréninkového plánu a regenerace
- **Nevhodné tréninkové metody** – campus board, dynamo, obtížné dynamické kroky
- **Lezení se zátěží a extrémní krokové sekvence** (dynamický krok atd.) nadměrně zatěžující pohybový aparát
- **Nevhodný tvar chytů** – některé druhy chytů prsty nadměrně zatěžují, např. vyžadují tzv. zavřený úchop, dále dírkové chyty nebo chyty s ostrou horní hranou
- **Pokles výkonnosti a trénovanosti**
- **Únava** fyzická i psychická - snížená odolnost tělesných tkání, snížení pozornost
- **Nedostatečná koncentrace**
- **Metodické pochybení**
- **Vliv počasí, okolní teploty, nedostatek kyslíku**
- **Užití alkoholu nebo jiných omamných látek** – vliv mimo jiné na práh bolesti
- **Doping** – například vlivem užívání anabolických látek dojde sice k výraznému nárůstu svalové síly, ta je v nepoměru s mnohem pomaleji přibývajícím pevností ostatních tkání (šlach, vazů i kostí) [50]

Z výše uvedených rizikových faktorů poranění vyplývá, že během tréninku je třeba pozvolna, postupně a přiměřeně zvyšovat zátěž a obtížnost lezených cest v souladu s rychlostí a stavem rozvoje a adaptace všech struktur pohybového aparátu. Pokud tkáním není poskytnut dostatečný prostor k adaptaci, dochází pak ke vzniku poranění, nebo syndromů z přetížení. Léčení všech poranění a syndromů z přetížení bývá pomalé

a zdlouhavé a to zvláště u vazivových struktur. Zde se délka léčby pohybuje v řádu měsíců a je zpravidla nutné dodržovat přísný klidový režim a vynechat zátěž na poškozené struktury [18, 29, 28, 50].

Většinu poranění ve sportovním lezení tvoří poranění z přetížení buď jednorázovou nepřiměřenou zátěží, nebo opakovaným zatěžováním obdobnou pohybovou aktivitou, kdy dojde k postupné sumaci drobných mikrotraumat (v angl. také jako repetitive stress/strain injury) [4, 58]. Protože se vazivové struktury pohybového aparátu adaptují na zátěž mnohem pomaleji než ty svalové, tak se poruchy vzniklé přetěžováním projeví nejčastěji právě na šlachách a vazech [58].

Poškození pohybového aparátu lezců je možné rozdělit do tří základních skupin: úrazy, poškození z přetížení a zvláštní skupinou jsou pak chronické degenerativní změny.

2.5.1 Poranění z přetěžování tkání

Jedná se o poškození struktur z nadměrné námahy, kdy je pohybový aparát dlouhodobě mechanicky přetěžován na hranici pevnosti tkání, přičemž zde nejsou poskytnuty podmínky pro jejich dostatečnou regeneraci a adaptaci na požadovanou zátěž. Můžou být způsobeny nadměrnou zátěží, běžnou zátěží prováděnou za nefyziologických podmínek, nefyziologickým provedením pohybu nebo sníženou tolerancí tkání [66]. Syndromy z přetížení tvoří 75-90 % všech poranění při lezení [4].

Poškození pohybového aparátu z přetížení vzniká dvěma základními mechanismy. Tím prvním je jednorázové přetížení příliš náročnou fyzickou aktivitou nebo takovou zátěží, kterou nejsou tkáně adaptovány. Druhým mechanismem je dlouhodobý chronický proces, kdy k poškození dojde pozvolna, působením dlouhodobé nebo opakované zátěže. Uplatňuje se zde vliv kumulativního účinku [3, 5, 23, 43, 66, 78, 84].

V okamžiku kdy dojde k překročení hranice, za kterou již nejsou tkáně schopné

toto přetěžování kompenzovat, přijdou na řadu přirozené obranné reakce těla (bolest, zánět), které mají za účel zamezit dalšímu přetěžování a poskytnout dané části systému dostatečný čas na regeneraci. Pokud i přesto dochází k dalšímu zatěžování poškozených tkání je velmi pravděpodobné, že časem dojde k jejich poranění či trvalému poškození a poruše či ztrátě funkce, na které se podílejí [5, 23, 66].

Poškození se týká všech struktur pohybového aparátu – kostí (únavové zlomeniny), svalů (ruptury, vznik TrP), šlach (záněty, entezopatie, ruptury), vazů (distenze, ruptury) i kloubů (instabilita, záněty, poškození chrupavky a rozvoj artrózy). Tyto obtíže, jak už z podstaty lezení vyplývá, se týkají hlavně horní končetiny. Nejčastější lokací je oblast ruky a prstů, ale také předloktí, zápěstí a ramenní a loketní kloub. Nejvíce náchylnou strukturou poranění jsou vazivové struktury (vazy, šlachy, šlachová poutka a pochvy), dále kloubní chrupavky, svaly a v dětském věku také kosti. Co se týče pohlaví, jsou poranění z přetížení častější u mužů, z nichž nejrizikovější skupinou jsou ti, kteří se lezení věnují dlouhodobě (více než 10 let) na cestách vyšší obtížnosti. Další výraznou rizikovou skupinou jsou naopak začátečníci, absolvující vysoké tréninkové dávky [66].

2.5.1.1 Prevalence a nejčastější lokalizace poranění

K poranění může samozřejmě dojít kdekoli na pohybovém aparátu. Dle výzkumu se s ním (ať už ve formě úrazu nebo syndromu z přetížení) během aktivní činnosti setká 75-90-% lezců [95]. S ohledem na charakter činnosti jsou ale některé oblasti poškozené častěji než jiné a některé jsou pro vznik poranění přímo typická. Poranění se nevyhýbá žádné části těla, nicméně maximum se soustředí do oblasti horní končetiny, jejíž nejčastěji poraněnou částí bývá právě ruka a prsty, kde dochází k cca 60 % poranění [4, 6, 15, 29, 43, 58, 59, 67, 95]. Obvyklými obtížemi, postihujícími horní končetinu jsou chronické epikondylitidy loketního kloubu a bolesti ramenního kloubu, nebo syndrom karpálního tunelu [65]. Tyto diagnózy se však lezců netýkají o nic víc, než jedinců, věnujících se aktivně jinému sportu [95]. Poraněním ruky se bude věnovat následující podkapitola.

V případě dolních končetin bývá nejčastěji poraněnou částí noha (deformity prstů, poranění šlach), kolenní, hlezenní a kyčelní klouby (pád, náraz, natažení vazů) a adduktory dolních končetin (distenze, částečné ruptury). Co se týče páteře, při pomnutí úrazů vzniklých pádem, časté je postižení disků a obratlů bederní a krční páteře vlivem opakovaných dlouhých pádů do lana (spíše u lezců věnujících se volnému lezení na vrcholové úrovni). V případě krční páteře je nutné také přičíst vliv opakované dlouhodobé maximální extenze během jištění [4, 43, 58].

Ze čtyřleté studie V. Schöffla a T. Hochholzera (1998-2001), která sledovala poranění související s lezením u více než 600 lidí, vyplývá, že nejčastější lokalizací jsou prsty, kde došlo ke zranění ve 41 % ze všech případů. Následují je oblasti loktů a předloktí, kde k poškození došlo ve 13,4 % případů, oblasti nohou (9,1 %) a ostatní části rukou (7,8 %). Na zbylých částech těla docházelo k poraněním méně často [72].

Zátěž, ke které při lezení dochází, má potenciálně negativní vliv na všechny struktury ruky – kosti, klouby, svaly, šlachy a jiné vazivové struktury. Většina poranění se zde soustředí do oblasti prstů. Nejčastějším poraněním, ke kterému zde dochází je distenze či ruptura šlachových poutek (49,4 %), zánět šlachových pochev (17,0 %) a poranění pouzdra IP kloubů (15 %) viz tab. č. 2 [6, 15, 29, 43, 67, 58, 72].

Tabulka č. 2: Prevalence poranění v oblasti ruky [72]

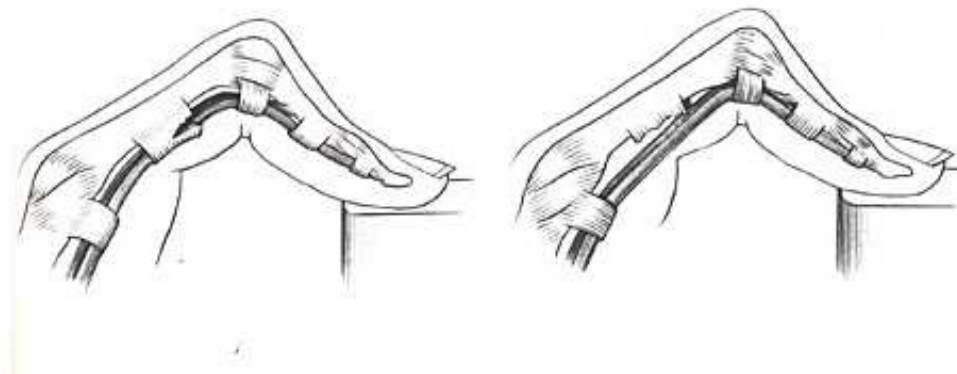
Druh poranění	Prevalence (v %)
Úplná ruptura šlachového poutka	30,0
Částečná ruptura či distenze šlachového poutka	19,4
Tendovaginitis	17,0
Poranění kloubního pouzdra	15,0
Zánět kloubu	5,3
Ganglion	4,5
Distenze šlachy flexoru prstu	2,8
Artróza	2,8
Částečná ruptura šlachy flexoru prstu	1,6
Poranění kolaterálního vazů IP kloubu	1,2
Poranění palmární vazivové destičky	0,8
Lumbrical shift syndrom	0,8

2.5.1.2 Ruptura šlachového poutka flexoru prstu

Zvláštní pozornost je třeba věnovat šlachovým poutkům flexorů prstů. Jak je již popsáno v kapitole o anatomii, jedná se o sérii vazivových prstenčitých struktur rozprostírajících se od distálního konce metakarpu až po distální IP kloub prstu, které poutají šlachy flexorů prstů ke kosti článků prstu a to především během flexe prstů.

Ruptury se zpravidla týkají pouze anulárních, prstencových poutek, která jsou pevnější a tvořena tuhým fibrózním vazivem. Kruciální, zkřížená šlachová poutka, která jsou tvořena membranózním a velmi flexibilním vazivem, téměř nepraskají [24, 28, 65, 68].

Ruptura šlachového poutka flexoru prstu je v horolezectví, či sportovním lezení nejčastějším poraněním. (dostala proto i název „climber´s finger“) [15, 29, 30, 42, 43, 59, 65, 72, 73, 84, 91, 95]. Týká se především pravé ruky a častěji (cca v 60 % případů) dochází k úplné ruptuře poutka. Z cca 95 % se jedná o částečné nebo jednoduché ruptury stupně I - III (viz tab. č. 3). Vícečetných komplikovaných ruptur poutek A2/A3 a A2/A3/A4 je naštěstí jen minimální množství.



Obrázek č. 10: Parciální (vlevo) a úplná (vpravo) ruptura šlachového poutka A2 a vznik tětiny [30]

Nejčastěji dochází k poranění poutka A2 (cca 66 % z celkového počtu poranění), kdy se ve dvou třetinách případů jedná o jeho úplnou rupturu. Druhým nejčastěji poškozeným šlachovým poutkem bývá poutko A3 (23 % z celkového počtu), následováno poutkem A4 [6, 30, 38, 72, 73]. K rupturám poutek A1 a A5 zpravidla nedochází [65]. Na vině poranění bývá často opět silové nebo příliš časté používání zavřeného úchopu, náročný dynamický krok, popřípadě snaha o zachycení pádu či uklouznutí. Síly, které v tuto chvíli v ruce působí, vyvíjí velmi silný tah právě na poutko A2 s největší koncentrací na jeho distálním okraji. Nejčastěji postiženými prsty jsou IV. (59,8%) a III. (38,5%) prst. To je zaviněno pravděpodobně tím, že jsou z důvodu jejich největší svalové síly nejvíce používány pro malé a tzv. dírkové, či kapsové chyty a i při úchopu všemi prsty je na ně soustředěna největší zátěž [28, 58, 72, 73, 91].

Při ruptuře jednoho nebo více poutek dojde ke vzniku tzv. „tětivy“, což je označení pro stav, kdy šlachy při flexi prstu, obzvláště proti odporu, na palmární straně prominují napříč jeho proximálním článkem (viz obr. č. 10 a 11).



Obrázek č. 11: Ukázka tětivy při ruptuře šlachového poutka A2 [24]

Vznik tětivy je z biomechanického hlediska velmi nevýhodný a způsobí snížení síly, kterou je prst při flexi schopný vyvinout, až o polovinu. Navíc se při absenci některého z poutek změní poměry sil (dojde k prodloužení ramena momentu síly, kterou

působí šlacha na sousední poutka), které na ostatní struktury působí a může tak dojít k poškození i okolních poutek. Totéž se týká i parciální ruptury, kdy je ze stejného důvodu (a z důvodu vzniklé horší mechanické odolnosti) poutko mnohem náchylnější k úplné ruptuře (viz obr. č. 10). Tomuto účinku se nedá zabránit ani tapingem prstu [8, 24, 88].

Příznaky poranění poutka

Projeví se slyšitelným prasknutím a prudkou bolestí v místě poutka (A2 - na bazi proximálního článku prstu; A3 – v oblasti PIP kloubu; A4 – v polovině středního článku prstu). Dojde ke krevnímu výronu a nejpozději do 24 - 48 hodin se objeví také otok.



Obrázek č. 12, 13 a 14 (v pořadí zleva) - zobrazení pomocí MRI

Obr. 12 - zdravý prst; šlacha v místě poutka A2 těsně přiléhá ke kosti (označeno černými šipkami) [24]

Obr. 13 - ruptura poutka A2; v oblasti vznikl prostor mezi šlachou a kostí (označeno černou šipkou) [72]

Obr. 14 – ruptura poutka A2 a A3 a vznik tětiny (označeno černou šipkou) [24]

Klinický příznak tělivy nemusí být na první pohled zcela patrný a někdy bývá rozpoznatelný pouze při srovnání s druhou rukou. Nejvýrazněji se projeví při úplné ruptuře poutka A2 a A4. Jelikož tímto dojde ke zhoršení mechaniky pohybu, jsou dalšími příznaky i snížení rozsahu pohybu do flexe a síly, jež je postižený prst schopen při tomto pohybu vyvinout. Během 14 dnů spontánní bolest a otok mizí, bolestivost při zatížení přetrvává zhruba 3 měsíce [6, 24, 27, 42, 58, 65, 66, 68, 73].

Pro odlišení úplné, částečné ruptury, případně jen natažení (distenze) poutka je nutné vyšetření pomocí sonografie (UZ) (je voleno přednostně, jelikož umožňuje vyšetření při pohybu), počítačové tomografie (CT) nebo magnetické rezonance (MRI) [4, 24, 38, 66, 73]. Šlachová poutka nejsou sice zobrazitelná jako samostatné struktury, nicméně jako spolehlivý příznak pro diagnostiku jejich ruptury je považována přítomnost volného prostoru mezi kostí článku prstu a šlachou (viz obr. č. 12, 13 a 14) [58].

Terapie

Terapeutické možnosti sahají od konzervativních metod léčby po chirurgické plastiky, v závislosti na závažnosti poranění. Léčba je většinou konzervativní a v každém případě začíná medikací nesteroidních protizánětlivých léků (NSA) a aplikací prostředků fyzikální terapie pro zamezení vzniku zánětu a redukci vznikajícího otoku [27, 28, 29, 30, 42, 58, 75].

Tabulka č. 3: Klasifikace poškození šlachových poutek dle Schoffla, Hochholzera a Winkelmann
[24, 66, 72]

Stupeň	Charakteristika poranění
Stupeň I	Natažení poutka
Stupeň II	Úplná ruptura A4 a parciální ruptura A2 nebo A3
Stupeň III	Úplná ruptura A2 nebo A3
Stupeň IV	Vícenásobné ruptury (A2/A3, A2/A3/A4) nebo jednoduchá ruptura (A2 nebo A3) s přidruženým traumatem mm. lumbricales či poškozením ligg. collaterales

Teprve při ruptuře více poutek, která omezuje rozsah pohybu prstu, je indikována chirurgická rekonstrukce. Ta je nutná zpravidla při ruptuře poutek A2 a A4, která jsou biomechanicky nejdůležitější pro udržení základního pohybu [8, 24, 38, 91]. Terapií ruptury šlachových poutek se dlouho zabývají V. Schoffl, T. Hochholzer a H.P. Winkelmann. Léčebný postup rozdělují podle stupně poškození na jednoduché a komplikované ruptury (viz tab. č. 4) [24, 66, 72].

Tabulka č. 4: Terapeutický postup u poranění šlachových poutek dle závažnosti stavu [24, 66, 72]

	Stupeň I	Stupeň II	Stupeň III	Stupeň IV
Léčba	konzervativní	konzervativní	konzervativní	chirurgická
Imobilizace	není	10 dní	10-14 dní	pooperačně 14 dní
Funkční terapie	2-4 týdny	2-4 týdny	4 týdny	4 týdny
Ochrana poutka	taping	taping	termoplastová dlaha	termoplastová dlaha
Mírná zátěž	za 4 týdny	za 4 týdny	za 6-8 týdnů	za 4 měsíce
Plná zátěž	po 6 týdnech	po 6-8 týdnech	po 3 měsících	po 6 měsících
Taping	3 měsíce	3 měsíce	6 měsíců	min. 12 měsíců

1) Jednoduché ruptury (I.-III.stupeň poškození)

Léčba je konzervativní, na počátku je desetidenní imobilizace a medikace protizánětlivých léků, později lehké procvičování prstů. Pro podporu poutek se doporučuje používat termoplastovou dlahu, popříp. taping. Při vážnějším poranění se na 2-4 týdny doporučuje fixace MP a PIP kloubů v semiflexi. Samotné lezení lze na nenáročném úrovní (redukce obtížnosti, délky a frekvence tréninků) zahájit zhruba po 6-8 týdnech (při lehkých poraněních jako jsou distenze již zhruba od 2 týdnů), plnou zátěž je možné doporučit až po minimálně 3 měsících. Nejméně po dobu 6 měsíců je dobré podpořit poutka pomocí tapingu [24, 29, 58, 66, 72].

2) Komplikované a vícečetné ruptury (IV. stupeň poškození)

Vážnější poranění jsou řešena chirurgickou cestou. Po operaci následuje dvoutýdenní znehybnění, poté opět lehké procvičování a podpora poutek termoplastovou dlahu po dobu dalších 4 týdnů. Tři měsíce po operaci je doporučena pouze lehká zátěž a lezení je možné zahájit nejdříve po 4 měsících s tím, že po dobu minimálně 12 měsíců je vhodné poutka podpořit tapem [24, 29, 58, 66, 72].

K operaci je třeba přistoupit bez odkladu. Pevné vazivo přetržených poutek se totiž postupem času přestaví na podkožní vazivo, což je méněcenná a nepevná tkáň, kterou není možné pro rekonstrukci použít. Tkáň poutka je pak nutné nahradit jinou šlachou. Nejčastěji se pro tyto účely používá šlacha m. palmaris longus, popříp. palmární fascie [88].

2.5.1.3 Další poškození pohybového aparátu ruky vznikající v souvislosti s přetěžováním tkání při lezení

Ruptura šlachy FDP

Úplná ruptura šlachy není častým zraněním. Dochází k ní hlavně při pokusu zabránit pádu, nebo při zvedání se na nejmenších chytech a nejčastěji jsou postiženy III. nebo IV. prst. Léčba je operativní; šlachu je nutné přišít nejpozději do 24 hodin, zátěž je možná až po 3 měsících [24, 28, 29, 59, 66].

Poškození kloubů

Vysoké riziko poškození se týká jak PIP, tak DIP kloubů s tím, že PIP klouby bývají poškozeny častěji. Nejčastějším bývá nadměrné používání zavřeného úchopu, kdy jsou PIP klouby přetěžovány v hyperflexi a DIP klouby v hyperextenzi. Prvními příznaky přetížení bývají ranní ztuhlost kloubů a snížení rozsahu pohybu. Po delší době se může objevit také otok, bolest při pohybu a palpaci a v některých případech také instabilita postiženého kloubu. Časem může toto poškození dojít až k trvalé deformitě prstu v semiflekčním postavení (tomu se dá částečně předejít důsledným protahováním prstu do extenze), chronickému otoku, zmnožení synoviální tekutiny, hypertrofii kolaterálních ligament, tvorbě osteofytů, celkovému zbytnění kloubu a degeneraci chrupavky – artróze. Nejčastěji takto poškozenými prsty bývají třetí a čtvrtý prst, ale výjimkou nebývají ani druhý a pátý prst [28, 29, 58, 59].

Poranění ligg. collaterales

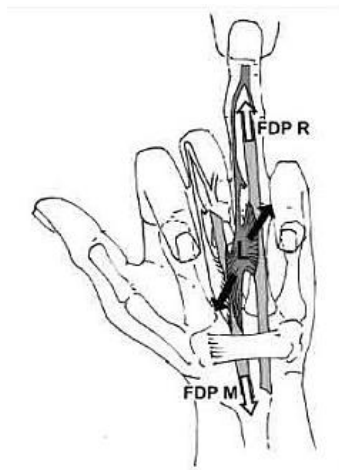
Poranění postranních vazů pouzdra PIP a DIP kloubů je také velmi časté. Vzniká následkem působení sil ve směru rotace nebo laterálním. K tomu dochází hlavně při zachycení prstu při pádu, úchopu jedním prstem případně prstovém spárovém úchopu.

Nejčastěji bývá takto postižen PIP kloub III. a IV. prstu. Podle stupně postižení se rozlišuje distenze a částečná nebo úplná ruptura vazů. Distenze (natažení) vazů se zachováním stabilizační funkce kloubu vyžaduje 2-3 týdenní fixaci bandážováním k sousednímu prstu v 30° flexi, která umožňuje pohyb, ale zároveň chrání vaz a poskytuje mu prostor pro regeneraci. Při částečné ruptuře spojené s natažením vazů a snížením jeho stabilizační funkce je nutná fixace nejméně 6 týdnů. Úplná ruptura je řešena chirurgicky nejpozději do 24 hodin od vzniku poranění [22, 24, 28, 43, 58, 59, 66].

Častá poranění kloubních vazů vedou k jejich prodlužování, vzniku nestability kloubu a tím pádem k jeho nefyziologickému zatěžování a později možnému vzniku chronických zánětů kloubu a degenerativním změnám chrupavky [66].

Lumbrical shift syndrom

Poranění nebo ruptura mm. lumbricales, způsobená zavěšením (příp. opakovaným zavěšováním) jedním prstem do dírkového chytu. Dochází k němu zpravidla u III. a IV. prstu (viz obr. č. 15) [28].



Obrázek č. 15: Mechanismus vzniku lumbrical shift syndromu [24]

Poranění palmární vazivové destičky

U DIP kloubů vzniká při zatížení v hyperextenzi, u PIP kloubů zpravidla odtržením od šlachové pochvy. Částečná ruptura je spojená s bolestí v místě léze při pasivní flexi prstu [28, 29, 66] a může mít vliv i na „klouzání“ šlachy v pouzdru [24]. Úplná ruptura se projevuje výrazně zvýšeným rozsahem pohybu v postiženém kloubu a vyžaduje fixaci dlahou, příp. chirurgické řešení [66].

Tendosynovitis, tendovaginitis

Tendosynovitis (zánět šlachy) a tendovaginitis (zánět šlachové pochvy) mají obdobné příznaky. Oba stavy vznikají následkem přetížení a v první fázi se projevují bolestí v průběhu šlachy, často až do dlaně, citlivostí na tlak a protažení. Pokud není ruce poskytnut klid, dostává se onemocnění do druhé fáze, kdy se bolest zintenzivní a pohyb je doprovázen zvukovými fenomény jako je vrzání, praskání či drásoty, případně pocitem „drhnutí“, které může být i palpovatelné. Může být viditelný i otok a zarudnutí kůže [22, 24, 28, 29, 43, 59, 66, 84]. Při zánětu šlachy FDP se navíc objevuje ještě otok bříšek prstů [24]. Neléčené a přehlížené záněty šlach a jejich pochev mohou vést až k chronickému zánětu nebo vzniku srůstů [24].

Lupavý prst (trigger finger)

Jinak také stenozující tendovaginitida označuje onemocnění, kdy dojde ke ztluštění šlach v predilekčním místě jejich průběhu poutkem, které se tak stává relativně zúžené a nedovoluje volný pohyb šlach. Vzniká následkem přetížení či opakovaného mikrotraumatu [24, 28, 29, 66, 84].

Kontraktury

Kontraktury interfalangeálních kloubů vznikají jako následek úrazu nebo přetížení během těžkého tréninku, kdy dojde k většímu či menšímu zánětu IP kloubů. Brzy po výkonu se objeví bolest, otok, dojde ke zmnožení synoviální tekutiny a při pohybu mohou být slyšitelné měkké drásoty. Prst automaticky setrvává v klidové poloze semiflexe. Trvalé deformace se vyskytují až u 25% lezců, nejčastěji se jedná o PIP klouby III. a IV. prstu, které jsou ve flexi 10-15 stupňů.

Je nutná léčba, protože při zánětu dochází k poškozování chrupavky, což může vyústit až ve vznik degenerativních artrotických změn [22, 24, 28, 29, 59, 66, 84].

Entezopatie (úponové bolesti)

Bolesti úponu svalů, vzniklé následkem jejich přetížení. V případě flexorů prstů se jedná o epicondylus medialis humeri (epikondylitis medialis) [22, 28, 58, 84].

Syndrom karpálního tunelu

Je nejčastějším problémem postihujícím oblast zápěstí. Dle zdrojů se vyskytuje až u 10 % vrcholných lezců. Jeho příznaky jsou různé dysestezie jako mravenčení, brnění, svědění a hypestezie v rámci distribuce n. medianus do radiální části dlaně a palmární strany a distálních článků prvních tří prstů až radiální strany čtvrtého prstu a to především v klidu v noci. Jeho příčinou je útlak nervu v oblasti průchodu retinaculum musculorum flexorum, který je zapříčiněn „zbytněním“ dlouhodobě přetěžovaných šlach a šlachových pochev flexorů prstů. V první řadě je léčba konzervativní, která spočívá ve snížení napětí flexorů prstů, podávání NSA, změně tréninku a pouze ve vážných případech je přistupováno k chirurgickému přetětu vazů retinacula a tím uvolnění prostoru [22, 28, 29, 52, 58, 59, 84, 93].

2.5.2 Úrazy

Úrazy jsou poranění vznikající náhle, účinkem vnější nepřiměřené síly, jejíž energie vede k poškození tělesných tkání v rozsahu odpovídajícím její velikosti. Dochází k nim nejčastěji z důvodu pádu, neudržení chytu, uklouznutí apod. Poraněny jsou nejčastěji měkké tkáně (svaly, šlachy, vazy, kloubní pouzdra, ale dochází i ke zlomeninám, či distorzím nebo luxacím kloubů [50, 59, 66, 71]. K lezení patří zrovna tak, jako se s nimi musí počítat v každém jiném sportu. Nebylo prokázáno, že by k úrazům v souvislosti s touto aktivitou docházelo častěji. Naopak, jejich počet je dokonce mnohem nižší, než u mnohých populárních sportů jako jsou ku příkladu fotbal nebo basketbal s tím, že nejméně úrazů vzniká při indoorovém lezení na umělé stěně. Vysokého počtu naopak dosahují úrazy při boulderingu (lezení bez jištění v malých výškách), kdy se jedná především o poranění dolních končetin a hlezenních kloubů způsobených dopady [71].

2.5.3 Chronické degenerativní změny

Chronické degenerativní změny jako je atróza či vznik nestabilního kloubu jsou následkem neadekvátní léčby, nedostatečného zhojení poškození tkáně, vážnějšího úrazu zasahujícím kloub nebo dlouhodobým opakovaným přetěžováním pohybového aparátu [66].

Artróza

Jde o trvalé degenerativní změny kloubní chrupavky. Dochází k jejímu postupnému úbytku, tvorbě osteofytů a drobným zánětům. Jejimi ranými příznaky jsou

bolest v kloubu a pocit ztuhlosti při pohybu.

Ve vztahu k lezení k ní nejčastěji vedou chronické přetěžování kloubů, neléčené záněty, instabilita kloubů způsobená např. poškozením vazů nebo přímé poranění kloubu s narušením kloubního povrchu [28, 66]. Sylvesterova studie z roku 2006 ale nepotvrdila přímou souvislost vzniku osteoartrózy s aktivně provozovaným lezením [81]. Je tedy pravděpodobné, že na jejím vzniku se podílí více faktorů a není primárně způsobena zátěží, které jsou ruce při lezení vystaveny [66, 81].

2.5.4 Prevence vzniku poranění při lezení

I přes enormní zátěž, která je na struktury horních končetin při lezení kladena je ale možné se mnohým poraněním při dodržování několika zásad vyvarovat. Těmito hlavními zásadami jsou optimální přizpůsobení tréninku stupni trénovanosti, adaptace i aktuálnímu stavu pohybového aparátu, zachování rovnováhy mezi jednotlivými částmi pohybového aparátu ve smyslu svalové síly, flexibility a koordinace a několik dalších zásad, týkajících se prostředí lezení, celkového fyzického i psychického stavu aj.

Přizpůsobení tréninku

Intenzita tréninku by měla být zvyšována postupně a systematicky. Aby mohlo dojít k optimální adaptaci tkání na zátěž při lezení, musí počet tréninků během týdne i jejich délka a náročnost respektovat nejen současnou adaptaci tkání na zatížení, věk a lezecké zkušenosti každého jedince, ale i momentální stav organismu a pohybového

aparátu. Dalším předpokladem je poskytnutí dostatečného množství času a zajištění vhodných podmínek pro regeneraci zatěžovaných tkání (nejen) pohybového aparátu.

Každý trénink by měl začínat zahřátím a protažením šlach a svalů, po kterém následuje lehčí specifické rozcvičení – v tomto případě tzv. „rozlezení“ [4, 18, 28, 29, 50, 84, 88]. Dle Schweizera by se toto rozlezení mělo sestávat minimálně z 50 lezeckých pohybů (úchopů) každou rukou, což odpovídá přezení zhruba tří cest (záleží na jejich délce) nízké obtížnosti [75]. Na závěr tréninku je doporučováno „zklidnění“ organismu lehčí fyzickou aktivitou (tzv. cooling down) a závěrečné protažení svalů.

Optimální tréninkový plán by měl být všestranný a zahrnovat různorodé lezecké cesty - zaměřené jak na sílu, tak na vytrvalost a techniku [4, 50].

Zachování rovnováhy

Znamená v podstatě optimální poměr svalové síly, flexibility a koordinace. Každý úchop je jedinečný a je zprostředkován nejen kontrakcí flexorů prstů, nýbrž souhrou všech svalů ruky, horní končetiny, pletence ramenního a i svalů trupu (v podstatě celého těla). Pro zachování nejlepší funkce je potřeba udržovat všechny tyto svaly v rovnováze. Pokud je tedy trénink zaměřen pouze na posilování flexorových skupin svalů, je velmi pravděpodobné, že se dříve či později objeví nějaké obtíže. Je tedy vhodné zařadit také specifické posilování antagonistických svalových skupin a pohybových vzorců těm, kterých se při lezení běžně (nejvíce) užívá. Někteří autoři také doporučují doplnit lezení ještě jinými sportovními aktivitami, které by měly zabránit příliš jednostrannému zatěžování pohybového aparátu [66].

Další faktory

Vliv na rychlost adaptace nebo vznik poranění může mít mnoho více, či méně ovlivnitelných faktorů. Něktými z nich jsou ku příkladu aktuální stav organismu, únava, technika lezení, okolní teplota, tvar chytů, spolehlivost jištění a povaha dopadové plochy, ale i kvalita stravy a doplňování tekutin nebo přizpůsobení oblečení aktuálnímu

klimatu [50, 88]. Tréninky by měly probíhat za dobrého zdravotního stavu, všechna poranění by měla být dostatečně doléčena. Rozpoznané počínající problémy by neměly být ignorovány s obvyklým přístupem „to rozlezu“, ale je naopak třeba co nejdříve zahájit léčbu, příp. v počátečních fázích mnohdy stačí poskytnout tkáním potřebný odpočinek [4]. Při prevenci poranění z přetížení tkání je dobré naučit se „slyšet“ co nám tělo říká. Každý zná své tělo nejlépe a měl by být schopen naučit se rozpoznat první známky únavy a přetížení a tato varování respektovat.

Poranění nebo jiné zdravotní obtíže se týkají především vyšší úrovně tohoto sportu, kde dochází k tak obrovské zátěži těla (a především horních končetin), že mnohonásobně překračuje možnosti adaptace pohybového aparátu. U těchto lezců je riziko poranění nesrovnatelně vyšší, než u běžné lezecké populace [4].

Pro úspěšnost léčby poranění pohybového aparátu je třeba intenzitu tréninku snížit na úroveň, kterou dovoluje aktuální poranění, nebo lezení dočasně zcela vynechat. Délka této pauzy se liší od vážnosti a druhu poranění. Během rehabilitace je pak zátěž opět postupně a systematicky navyšována tak, aby korespondovala se stupněm hojení tkání. Znovuzahájení plného aktivního tréninku může nastat pouze po úplném doléčení poranění. I tak je ale třeba ještě než zhojená tkáň dostatečně zesílí dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k recidivě poranění. V každém případě je ale nezbytná změna tréninkových metod, které ke zranění vedly (v případě, že se nejednalo o náhodný úraz) [58].

Terapie většinou obnáší ordinaci farmak, v případě vážnějších poranění chirurgickou léčbu a fyzioterapii. Ta nalézají uplatnění jak v oblasti prevence, tak v oblasti léčby poranění.

2.6 ALGOMETRIE

2.6.1 Bolest

Bolest je definována jako nepříjemný sensorický a emocionální prožitek spojený se skutečným nebo potenciálním poškozením tkání. Toto poškození může být způsobeno mechanickými, tepelnými, chemickými nebo elektrickými příčinami [7, 31, 47].

Její biologickým významem (akutní bolest) je upozornění na hrozící nebo stávající poranění tkáně a zamezení jejímu dalšímu poškození. Má několik komponent: sensorickou (lokalizace, trvání, intenzita), motorickou (únikové reflexy), vegetativní (tachykardie) a afektivní (nelibost) [77].

2.6.1.1 Fyziologická podstata bolesti.

Termín nocicepce popisuje proces počínající zaznamenáním určitého podnětu (tj. takového, který může potenciálně způsobit poškození tkání) volnými nervovými zakončeními (nociceptory), převod tohoto stimulu na elektrický impuls, jeho vedení nervovými drahami a následné zpracování CNS (centrální nervovou soustavou) [7, 31, 77]. Výsledný pocit bolesti je subjektivní záležitostí.

Tento proces je někdy dělen do čtyř fází označených termíny **transdukce** (převod podnětu na elektrický impuls), **transmise** (přenos impulsu nervovými vlákny), **percepce** („zaznamenání“ podnětu CNS) a **modulace** (zpracování pocitu CNS) [7].

Podněty jsou přijímány nociceptory, které se nachází ve všech tělesných tkáních kromě CNS a jater. Signály jsou dále přenášeny dvěma typy nervových drah – pomalu vedoucími nemyelinizovanými C - vlákny a rychlými myelinizovanými A δ - vlákny.

Tyto dráhy vstupují zadními míšními rohy do CNS, zde se kříží a dráhami v přední části postranních provazců jsou především prostřednictvím spinotalamického traktu vedeny do korových oblastí S I a S II a limbického systému.

Nociceptory nemají oproti jiným receptorům schopnost adaptace, což znamená, že tentýž podnět je i po dlouhé době vnímán stále stejně intenzivně. Na druhé straně ale může dojít k tzv. senzibilizaci, která způsobí, že bolest náhle vyvolávají mnohem slabší podněty než je obvyklé (dotek, voda o teplotě 37°C apod.). **Periferní senzibilizace** vzniká na úrovni nociceptorů. Je způsobena především některými látkami uvolňovanými při zánětu – bradykininem, prostaglandiny, histaminem nebo serotoninem, které se váží na receptory na nociceptorech [7, 31, 55, 77, 87]. **K centrální senzibilizaci** dochází na úrovni míchy (I., II. a V. Rexedova zóna) v případě, že jsou zde neurony dlouhodobě drážděny prostřednictvím vzruchové aktivity aferentních nervových vláken [37, 40, 87].

Vnímání bolesti naopak snižuje tzv. **endogenní systém analgezie**. Ten je součástí centrálních eferentních zpětnovazebných systémů, pomocí kterých jsou řízeny a laděny percepční mechanismy v nižších etážích somatosenzorických drah (například somatosenzorická nebo prefrontální kůra, hypotalamus, některé oblasti pontu a prodloužené míchy, talamus aj.). Uplatňují se zde především endogenní opioidní peptidy (enkefaliny, dynorfin, β -endorfin), serotonin, noradrenalin nebo somatostatin aj. [7, 47, 87].

2.6.1.2 Vnímání bolesti

Vnímání bolesti je individuální záležitostí a je ovlivněno mnoha mechanismy biologické a psychosociální povahy, které mohou tento pocit zesílit nebo zeslabit. Tým podnět tedy může u každého člověka vyvolat různý vjem o velmi odlišné intenzitě [7, 31, 82]. Stejný stimul, který u jednoho jedince nevyvolá příliš silnou odezvu může u jiného vést až ke ztrátě vědomí. U některých jedinců může dokonce vyvolat požitky až vzrušení. Příčinou je samotná fyziologická podstata bolesti. V lidském těle nejsou receptory pro bolest. Signály jsou zprostředkovány skrze ascendentní nociceptivní dráhy

a teprve až v oblasti mozkové kůry (tato funkce se přičítá části obklopující aqueductus cerebri Sylvi) a limbického systému je tento signál zpracován a individuálně vyhodnocen jako výsledný pocit. Vnímání bolesti má biopsychosociální základ.

Biologické faktory vnímání bolesti jsou dány především geneticky. Tyto faktory například ovlivňují funkci proteinů podílejících se na přenosu signálu, modulaci bolesti nebo vývoji CNS [82]. Intenzita vnímání bolesti se odvíjí také od produkce tzv. endogenních opioidů, jejichž produkce je u každého jedince jiná [7, 47, 87]. Dále jsou závislé na i na pohlaví jedince. Je známo, že pohlaví významně ovlivňuje vztah k bolesti. Ženy jsou vůči bolesti vnímavější, prožívají ji intenzivněji a déle. Jsou co se týče bolesti i úzkostnější než muži.

Psychosociální faktory závisí především na životní zkušenosti jedince. Hlavními činiteli, které se zde uplatňují jsou emocionální, kognitivní, sociální a kulturní rozdíly. Lze sem zařadit i osobnostní strukturu jedince, předchozí zkušenosti s bolestí (porodem, polytrauma), vliv výchovy, momentální psychické rozpoložení (únava, stres), ale třeba i průběh prenatálního či postnatálního vývoje. Psychické faktory jsou také ovlivněny faktory genetickými [82].

2.6.1.3 Práh bolesti a práh tolerance bolesti

V souvislosti s odlišným vnímáním bolesti se popisuje práh bolesti a práh tolerance bolesti.

Práh bolesti je definován jako minimální míra určitého podnětu, kterou již jedinec vnímá jako bolestivou. Naproti tomu **práh tolerance** bolesti je maximální míra bolesti, která je pro jedince ještě únosná [77].

2.6.2 Tlaková algometrie

Tlaková algometrie je oblast algometrie, která se věnuje měření citlivosti vůči tlakovému podnětu [17, 49]. (bolest může být způsobena i chemickými, tepelnými, elektrickými nebo nejrůznějšími mechanickými podněty) [17, 19]. Protože se nejedná o čistě přístrojovou metodu, dá se považovat pouze za semiobjektivní [17, 49]. Její reliabilitě se budu věnovat ještě dále, nicméně studie, které se touto problematikou zabývaly, prokázaly spolehlivost této metody jako prostředku zhodnocení citlivosti měkkých tkání [9, 64].

Hlavním údajem, který je pomocí tlakového algometru (dále jen TA) obvykle získáván, je **práh tlakové bolesti** ("pressure pain thresehold" – PPT) [17, 19, 20, 49], což je minimální množství tlaku, která již testovanému působí bolest [17, 19, 32, 49]. Druhým údajem, který lze měřením získat je **práh tolerance bolesti vyvolané tlakem** ("pressure pain tolerance" - PPTL), tedy okamžik, kdy vyšetřovaný již začne vnímat bolest jako nesnesitelnou [17, 49]. Tyto údaje jsou přístrojem získány pomocí záznamu tlaku, který vyšetřující přenáší na tkáň testované osoby skrze měřicí sondu, jejíž konec je opatřen malým plochým gumovým kotoučkem. Nejčastěji se používají kotoučky o průměru 0,5 cm ($S = 0,2 \text{ cm}^2$) a 1 cm ($S = 1 \text{ cm}^2$). Bylo zjištěno, že pro měření tlakové citlivosti v hlouběji uložených tkáních (svaly, fascie) je vhodný nástavec o průměru 1 cm [17, 49]. Při použití kotoučku o menším průměru může být v tomto případě dosahováno výsledků ukazujících nižší práh bolesti [17]. Nástavec o průměru 0,5 cm se naopak používá pro měření citlivosti povrchověji uložených tkání nebo v případě, že testovaná oblast je velmi malá a je potřeba dosažení přesnějších výsledků [64]. Naměřené hodnoty jsou udávány v kg/cm^2 , newtonech nebo pascálech.

Práh bolesti se liší jak interindividuálně, tak intraindividuálně - to znamená, že se citlivost na tlakové podněty liší jednak mezi jednotlivými osobami, je ale také různá pro jednotlivé svaly v rámci tělesného systému. Obecně je například nižší pro horní polovinu těla a oblast zad [17, 49, 61]. Práh bolesti je také nižší u žen než u mužů [17, 32]. Srovnávání s "tabulkovými" hodnotami je díky individuálním rozdílům mezi jednotlivci velmi nespolehlivé, a proto se lze při určování patologie řídit výhradně srovnáváním s odpovídající lokací na kontralaterální straně těla. Na základě klinické

zkušenosti je za patologický považován stranový rozdíl prahu bolesti o 2 kg/cm² [17].

2.6.2.1 Reliabilita tlakové algometrie

Jak je uvedeno v předchozí kapitole, tlaková algometrie je semiobjektivní metoda. Není považována za zcela objektivní, protože i přes využití přístrojového měření zde může mít vliv mnoho faktorů, které mohou získané výsledky více, či méně ovlivnit. Jedná se hlavně o chyby, kterých se při měření může dopustit experimentátor. Těmi hlavními jsou zejména nepřesná palpace a lokalizace místa měření, nesprávné použití přístroje, pozdní reakce na upozornění vyslovené testovanou osobou a jiné. Dalším faktorem, významně ovlivňující spolehlivost měření, je spolupráce pacienta - například přesnost označení okamžiku dosažení prahu bolesti. Reliabilita tohoto přístroje byla zkoumána několika studiemi. Jejich závěrem byly tyto následující poznatky:

Měření prahu citlivosti tkání bylo vysoce spolehlivé, pokud jej prováděli lidé, kteří měli dostatek zkušeností s myofasciální terapií. V takovém případě byla prokázána vysoká míra shody mezi naměřenými výsledky i v případě, že místa měření nebyla předem označena. U experimentátorů, kteří měli v tomto ohledu zkušeností méně, docházelo při měření k rozchodu získaných hodnot. Pokud ale měřili hodnoty citlivosti na označených místech, dosahovaly i méně zkušené testující osoby nezávisle na sobě poměrně spolehlivých výsledků [64].

V podstatě by se tedy dalo říci, že stupeň reliability při měření tlakovým algometrem z velké části závisí právě na schopnosti testující osoby přesně a správně lokalizovat měřenou oblast. Z důvodu rozdílů v hodnocení myofasciálních změn by pro dosažení co největší objektivity měla související měření provádět vždy tatáž osoba [49, 60].

Dalším faktorem, který může ovlivnit reliabilitu výsledků může být i samotný typ algometru. Jsou k dispozici jednak starší, analogové typy algometru, a pak novější elektronické. Analogové přístroje mají oproti elektronickým jednu velkou nevýhodu a tou je jisté zkreslení výsledku způsobené reakční dobou vyšetřujícího. Zatímco při

použití elektronického algometru sám testovaný stiskne tlačítko a tím ihned zaznamená hodnotu tlaku v okamžiku, kdy je u něj dosaženo prahu bolesti, u analogového se tato doba prodlouží o čas mezi jeho označením vyšetřovanou osobou a reakcí examinatora a záznamem údaje. Změřená hodnota tlaku je tím pádem o něco vyšší.

Další výhodou elektronického algometru je, že umožňují snadné udržení rovnoměrnosti při zvyšování tlaku tím, že neustále poskytují zpětnou vazbu o jeho přírůstku v čase. Ten by měl být optimálně roven $1 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$. Při používání analogového přístroje je tento přírůstek nucen vyšetřující korigovat sám [49, 89].

Problémem při používání algometru také může být jeho tendence "sklouznout" z testovaného místa během měření, čemuž je rovněž nutné se vyvarovat.

Algometr není příliš vhodný pro měření prahu bolesti ve svalech, které překrývají vnitřní orgány, ale ani takových, jejichž palpační vyšetření vyžaduje užití klešťového hmatu (m. sternocleidomastoideus) [64].

Výsledky měření TA byly potvrzeny i jinými, zcela objektivními metodami, např. pomocí termografie. Během experimentu byla touto metodou lokalizována místa o vyšší teplotě, než okolní tkáň, ve kterých byly posléze naměřeny prokazatelně nižší hodnoty pro práh bolesti než v odpovídající oblasti na kontralaterální straně těla [17].

Pro dosažení, co nejpřesnějších výsledků je tedy třeba:

- přesně lokalizovat místo, které bude předmětem měření a během opakovaných měření tuto lokaci přesně dodržet
- měření provádí vždy tatáž osoba
- dodržovat rovnoměrný přírůstek tlaku během měření ($1 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$)
- udržet algometr ve správné pozici v průběhu celého měření
- zaznamenat hodnoty, co nejpřesněji (přesné a rychlé reakce)
- bezpodmínečná spolupráce vyšetřované osoby

Při dodržení výše uvedených zásad, lze tedy tuto metodu považovat za **dostatečně spolehlivou** pro klinické i experimentální využití [19, 32, 33, 61, 89, 92, 97].

Změnu ve výši prahu citlivosti přibližně o 3 kg/cm² lze s jistotou považovat za výsledek terapie a nelze jí přičítat náhodě, či chybě v měření [61].

2.6.2.2 Klinické využití tlakového algometru

Možnost spolehlivě změřit citlivost tkání, má pro klinickou praxi i experimentální oblasti veliký význam [16]. Tato metoda může sloužit nejen k diagnostice a ohodnocení relativní citlivosti tkání, ale jelikož je palpační citlivost měkkých tkání klinickým symptomem, který se mění v průběhu léčby, může být algometr užitečnou pomůckou pro sledování efektu terapie [17, 32, 60, 61, 64]. TA může podávat informaci o průběhu i jiných onemocnění, např. fibrositidy, zánětlivé aktivity u revmatoidní artritidy, hodnocení bolesti u viscerálních onemocnění (pankreatitis, cholecystopatie, duodenální vřed atd.) nebo jako kontrola účinnosti paraspinální anestezie, či analgetik / antiflogistik [17]. V oblasti výzkumu se používá také při srovnávání efektu různých terapeutických postupů [64].

3 CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je porovnat a vyhodnotit změny prahu dráždivosti nociceptorů na vybraných bodech v oblasti horních končetin před a po definované zátěži pomocí tlakového algometru.

Neustálá aktivita nociceptorů napomáhá ochránit organismus mimo jiné také před mikrotraumatizací tkání nepřiměřenou zátěží [35, 37]. Jejich dráždivost je nastavena tak, aby bylo skrze bolestivou reakci zabráněno dalšímu působení podnětů, které by vedly k poškození tkání a souvislosti s tím (a v kombinaci s dalšími faktory) může dojít i k jejím změnám [37, 40]. Měření je zacíleno na oblasti, kde k poraněním z přetížení dochází nejčastěji (popřípadě na struktury, které s uvedenými oblastmi úzce souvisí), neboť právě na těchto místech předpokládám nejvýraznější změny nocicepce.

K většině poranění z přetěžování tkání při lezení dochází v oblasti ruky a především prstů [4, 29, 43, 58, 59, 95], kde nejčastěji dochází k distenzím či rupturám šlachových poutek flexorů prstů, tendovaginitidám a poranění kloubního pouzdra IP kloubů [29, 43, 68, 72].

Ruptura šlachového poutka flexoru prstu je v horolezectví, či sportovním lezení nejčastějším poraněním [29, 43, 59, 65, 72, 73, 84, 91, 95]. Týká se především pravé ruky a III. a IV. prstu. Nejčastěji dochází k poranění poutka A2. Druhým nejčastěji poškozeným šlachovým poutkem bývá poutko A3, následováno poutkem A4 [72, 73]. Dalšími často zasaženými oblastmi jsou předloktí, zápěstí a ramenní a loketní kloub, kde dochází k tendovaginitidě, epikondylitidě nebo syndromu karpálního tunelu [65]. Co se týče pohlaví, jsou poranění z přetížení častější u mužů [66].

Tato poranění jsou nejčastěji následkem nepřiměřenosti zátěže a z důvodu používání špatné techniky úchopu. Velmi časté je totiž používání tzv. zavřeného úchopu, který lezci poskytuje mnohem větší jistotu a sílu především pro udržení se na velmi malých chytech. Tento typ úchopu je však pro struktury ruky biomechanicky velmi nevýhodný a při jeho častém nebo silovém používání dochází velmi rychle k přetěžování některých tkání (především šlachových poutek flexorů prstů) a časem ke vzniku jejich poranění [12, 24, 59, 65, 72, 73, 75, 84].

4 HYPOTÉZY

Hypotéza č. 1

Předpokládám, že při zatížení ruky zavřeným úchopem dochází ke statisticky významným změnám nocicepce v oblasti palmární strany ruky a ventrální strany předloktí korelujících s prevalencí poranění z přetížení.

Příčinou zvýšené dráždivosti nociceptorů může být jejich reakce na činnost, která je pro tkáň ruky potenciálně nebezpečná tím, že by nefyziologickým zatížením mohla způsobit mikrotraumatizaci tkání. Neustálá stimulace nociceptivními podněty totiž vede ke snížení prahu dráždivosti aferentních nociceptivních drah (centrální senzibilizace) [37, 40]. Dalším faktorem, který by mohl přispět ke zvýšení bolestivosti především svalové tkáni, je vliv izometrické kontrakce, ke které během zatížení tohoto charakteru dochází. Protrahovaná izometrická kontrakce může být také příčinou zvýšené dráždivosti nociceptorů [90].

Na druhou stranu může být nociceptivní dráždění sníženo na podkladě vrátkové teorie bolesti [46], neboť při zatížení rukou tímto způsobem dochází také k výraznému propioceptivnímu dráždění, které může utlumit přicházející nociceptivní podněty [46, 90]. V neposlední řadě je důležitým faktorem také otázka psychiky. Jak je popsáno výše, výsledný pocit bolesti je až záležitostí vyhodnocení nociceptivních podnětů mozkovou kůrou [37, 82]. Je tedy možné, že práh bolesti v oblasti prstů bude u lezců do jisté míry zvýšen z důvodu adaptace na silné nociceptivní podněty, které již nejsou vnímány jako bolestivé [57, 82].

Hypotéza č. 2

Předpokládám, že existuje korelace prahu dráždivostí nociceptorů v oblasti šlachových poutek a prevalencí poranění z přetížení.

Dlouhodobé přetěžování, nebo nefyziologické zatěžování určité struktury bývá příčinou vzniku mikrotraumat její tkáni [3, 5, 23, 78]. Na jejich podkladě může dojít na

úrovni nociceptorů ke snížení prahu dráždivosti (periferní senzibilizace) z důvodu zánětlivých reakcí v místech poranění [7, 31, 55, 77, 87]. Druhým mechanismem, který může být příčinou změněné nocicepce je snížení prahu dráždivosti aferentních nociceptivních drah (centrální senzibilizace) z důvodu neustálé stimulace nociceptorů podněty, které pro tkáň představují potenciální nebezpečí poranění [37, 40]. Předpokládám tedy, že v chronicky přetěžovaných oblastech bude naměřen průměrně nižší práh bolesti než v okolních tkáních.

Hypotéza č. 3

Předpokládám, že se práh bolesti u mužů a u žen liší.

V odborné literatuře se uvádí, že ženy mají průměrně nižší jak práh bolesti [11, 17, 32, 63, 94], tak i práh tolerance bolesti [1, 11] než muži.

Hypotéza č. 4

Předpokládám, že existuje statisticky významný stranový rozdíl nocicepce v oblasti horních končetin.

Z výsledků některých studií vyplývá, že především pravostranně dominantní jedinci mají na pravé horní končetině vyšší práh bolesti než na levé (u levostranně dominantních jedinců se žádný rozdíl nepodařilo statisticky prokázat) [56, 63]. Z toho důvodu předpokládám, že u praváků bude naměřen průměrně vyšší práh bolesti na pravé horní končetině než na levé a zároveň i odlišnou reakci pravé a levé horní končetiny na zátěž.

5 METODIKA PRÁCE

Data pro výzkum byla získávána ve dvou fázích. V první fázi byl proveden sběr dat pomocí informačního dotazníku, jehož součástí bylo i podepsání informovaného souhlasu, v druhé fázi bylo provedeno samotné měření pomocí tlakového algometru. Projekt byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

5.1 Popis výzkumného souboru

Měření se zúčastnilo celkem 28 probandů, z toho 23 mužů (82,1 %) a 5 žen (17,9 %). Průměrný věk zúčastněných byl $26,3 \pm 5,1$ let. Průměrná hmotnost lezců byla $74,1 \pm 4,9$ kg.

Jako nejčastější obtížnost zdolávaných cest byla uvedena 5-6 (dle UIAA); cesty do obtížnosti 5+ leze nejčastěji 46,4 % lezců a cesty o obtížnosti 6- a vyšší 53,6 % lezců ze souboru. Průměrná doba po kterou se věnují lezení je $4,5 \pm 3,5$ let a průměrná intenzita je $4,2 \pm 2,4$ hodin týdně.

Všichni zúčastnění byli praváci. Pouze ve čtyřech případech došlo v minulosti ke zranění v oblasti horních končetin. Tato zranění byla vždy plně doléčena a v současné době jsou bez klinických příznaků. Jejich stáří bylo minimálně 2 roky.

5.2 Postup měření a analýza dat

Účastníkům byla nejprve vysvětlena podstata experimentu a byli požádáni o podepsání informovaného souhlasu s účastí na projektu. Následně byl proveden sběr

dat pomocí informačního dotazníku (viz příloha č. 4). Dotazník obsahoval celkem 15 otázek, z nichž některé se týkaly informací umožňujících charakteristiku probanda (otázky ohledně pohlaví, věku, hmotnosti, dominance končetiny, intenzity lezení, počtu let, po které se lezení věnuje a úroveň obtížnosti cest, které obvykle zdolává). Dále jsem se dotazovala na některé skutečnosti, které by mohly ovlivnit výsledky měření (předchozí zranění horní končetiny a jejich současný stav, provozování jiných sportů, požití alkoholu, drog, či léků tlumících bolesti) a na skutečnosti, které charakterizují jejich přístup k tréninku (průběh tréninku, zařazení kompenzačních cvičení).

Po vyplnění dotazníku bylo přistoupeno k samotnému měření. Měření bylo provedeno pomocí tlakového algometru „Algometer Typ II“, rev. 2008.09.15, firmy Somedic Sales AB (viz obr. č. 16). Byla použita sonda s koncovým nástavcem o velikosti $0,5 \text{ cm}^2$ a rychlost přírůstku tlaku byla nastavena na 20 kPa/s . K přístroji nebyl k dispozici spínač ovládaný pacientem.



Obrázek č. 16: Elektronický tlakový algometr [80]

Nejprve byla provedena instruktáž probanda a to následujícím způsobem: „Pomocí tohoto přístroje - tlakového algometru - budu měřit práh bolesti na předem definovaných

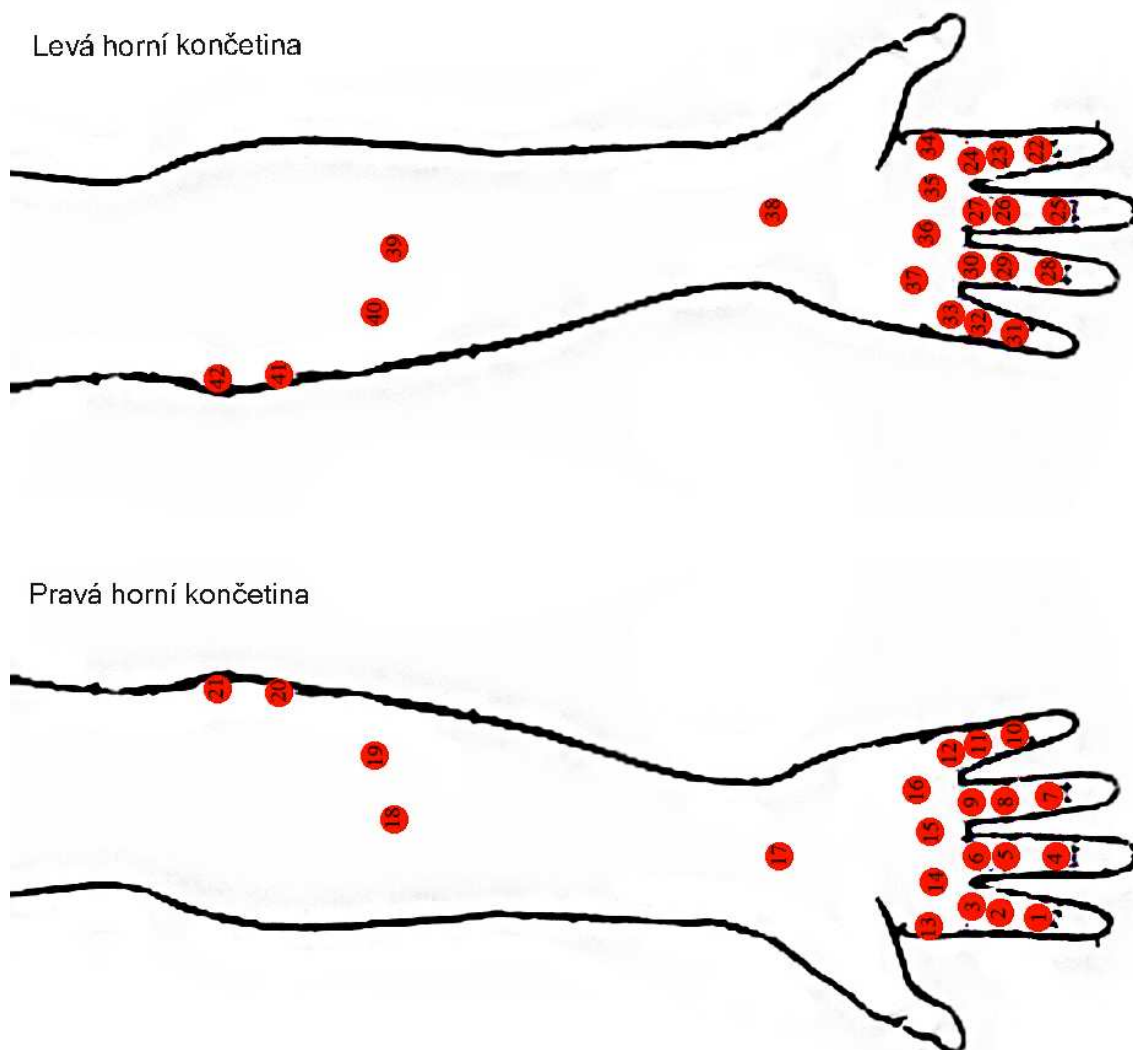
42 místech na vašich rukách a předloktích (viz obr. č. 17). Během měření budu postupně tlačít do každého z těchto míst. Tlak bude postupně pomalu zvyšován. V okamžiku, kdy ucítíte, že se pocit tlaku změnil v pocit bolesti, řeknete „stop“. V ten moment bude další zvyšování tlaku zastaveno a naměřená hodnota zaznamenána.“

Probandům nebyly předem sděleny předpokládané výsledky výzkumu ani neměli možnost průběžně sledovat naměřené hodnoty na displeji přístroje, aby nemohli výsledky měření vědomě ovlivnit.

Při samotném měření jsem pak postupovala tak, že jsem přístrojem tlačila do každého z 42 definovaných bodů v pořadí odpovídajícím číslování ve schématu. Tlak byl stejnoměrně zvyšován a veden v kolmém směru na daný bod. Body, které by mohly být při druhém měření chybně lokalizovány, byly předem viditelně označeny (body 18-21 a 39-42). V okamžiku, který proband označil za práh bolesti, bylo další zvyšování tlaku zastaveno a naměřená hodnota zaznamenána do tabulky. Měření prahu bolesti na daných bodech bylo u všech probandů provedeno bezprostředně před a bezprostředně po zátěži, body byly měřeny vždy ve stejném pořadí.

Po provedení prvního měření byl proband zainstruován k provedení definované zátěže, tj. minutového zavěšení oběma rukama v uzavřeném úchopu za tréninkovou lištu formou 10 s zátěž, 10 s pauza, to celé 6x (velikost a charakter užití zátěže byly stanoveny na základě provedeního experimentu tak, aby během ní došlo k subjektivně dostatečnému zatížení tkání a zároveň byla fyzicky zvládnutelná pro všechny probandy bez ohledu na stupni trénovanosti a adaptace na zátěž). Bezprostředně po zátěži bylo přesně zopakováno předchozí měření a výsledky opět zaznamenány.

Získané hodnoty byly graficky a statisticky zpracovány za použití programů Microsoft Excel, OpenOffice.org Calc a R (softwaru pro statistické výpočty). Samotné výpočty byly provedeny pomocí Studentova t-testu a testu významnosti lineární regrese.



Obrázek č. 17: Schéma měřených bodů

Legenda k obrázku: bod č. 1 a 22 = A4 šlachové poutko flexorů II. prstu, bod č. 2 a 23 = A3 šlachové poutko flexorů II. prstu, bod č. 3 a 24 = A2 šlachové poutko flexorů II. prstu, bod č. 4 a 25 = A4 šlachové poutko flexorů III. prstu, bod č. 5 a 26 = A3 šlachové poutko flexorů III. prstu, bod č. 6 a 27 = A2 šlachové poutko flexorů III. prstu, bod č. 7 a 28 = A4 šlachové poutko flexorů IV. prstu, bod č. 8 a 29 = A3 šlachové poutko flexorů IV. prstu, bod č. 9 a 30 = A2 šlachové poutko flexorů IV. prstu, bod č. 10 a 31 = A4 šlachové poutko flexorů V. prstu, bod č. 11 a 32 = A3 šlachové poutko flexorů V. prstu, bod č. 12 a 33 = A2 šlachové poutko flexorů V. prstu, bod č. 13 a 34 = m. lumbricalis I, bod č. 14 a 35 = m. lumbricalis II, bod č. 15 a 36 = m. lumbricalis III, bod č. 16 a 37 = m. lumbricalis IV, bod č. 17 a 38 = retinaculum musculorum flexorum, bod č. 18 a 39 = m. flexor digitorum superficialis (typická lokace vzniku myofasciálních trigger pointů [78, 83]), bod č. 19 a 40 = m. flexor digitorum superficialis (typická lokace vzniku myofasciálních trigger pointů [78, 83]), bod č. 20 a 41 = úpon m. flexor digitorum profundus (v místě distálně od epicondylus medialis humeri), bod č. 21 a 42 = úpon m. flexor digitorum superficialis (v místě epicondylus medialis humeri)

6 VÝSLEDKY

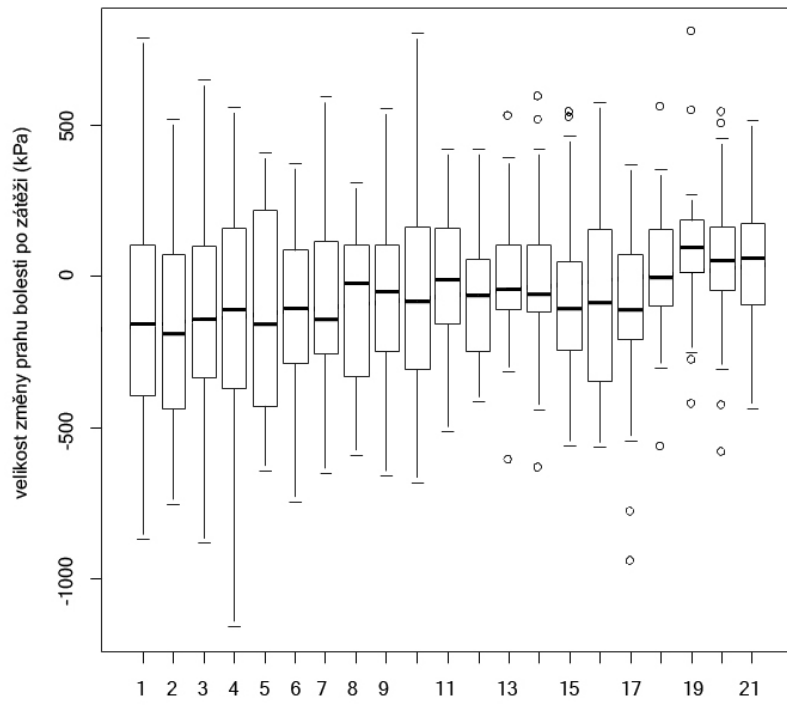
6.1 Změny nocicepce v důsledku zátěže

Následující graf (graf č. 1) znázorňuje velikost a charakter změn nocicepce, které byly naměřeny na daných bodech po definované zátěži. Hodnoty, ze kterých se v grafu vychází jsou velikostí rozdílu prahu bolesti naměřeného na daných bodech před zátěží a po zátěži u všech probandů. Kladné hodnoty znázorňují zvýšení prahu bolesti následkem zátěže a záporné hodnoty jeho snížení.

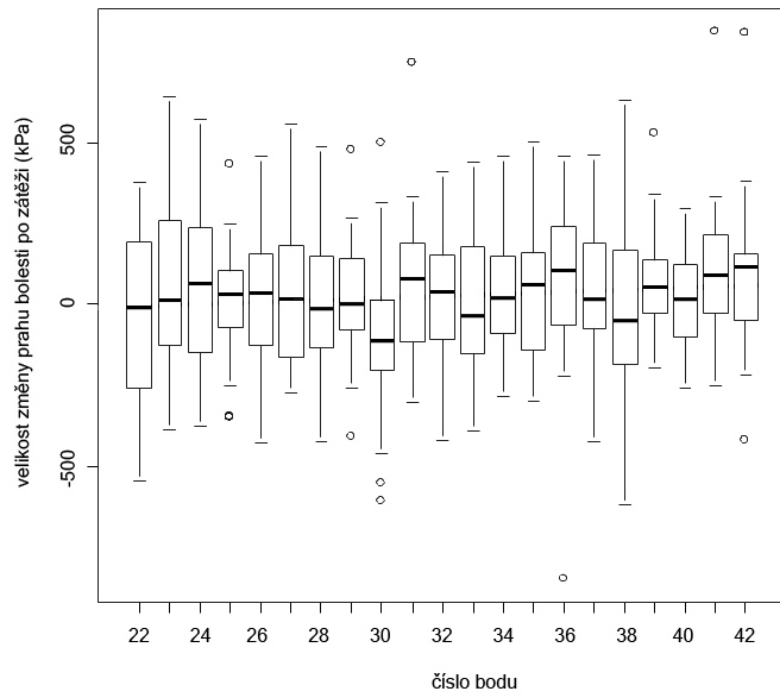
Již z pohledu na graf je zřejmé, že změny nocicepce v daném bodě podléhají velmi vysoké variabilitě. Naměřené hodnoty jsou rozloženy v široké škále hodnot a to jak ve smyslu snížení, tak i ve smyslu zvýšení prahu bolesti (např. v bodě č. 1 pravé horní končetiny se rozdíly pohybují v rozmezí od -870 kPa do +796 kPa). Medián je u většiny bodů situován v polovině mezikvartilového rozpětí, což znamená poměrně symetrické rozložení naměřených hodnot.

Z grafu tedy vyplývá, že během provedené zátěže došlo ve všech bodech k výrazným změnám dráždivosti nociceptorů. Jejich statistická významnost je ale z důvodu vysoké variability poměrně nízká. Statistickou významností výsledků se zabývá tabulka č. 5.

Pravá horní končetina



Levá horní končetina



Graf č. 1: Velikost změn prahu bolesti po zátěži u všech probandů

V tabulce č. 6 jsou uvedeny hodnoty odpovídající průměru naměřených hodnot pro změnu prahu bolesti na daných bodech u všech probandů a vyhodnocení statistické významnosti těchto výsledků. Statisticky významné hodnoty měření ($p < 0,05$) jsou v tabulce vyznačeny červeně. Pro body č. 1 - 6, 8 a 17 na pravé horní končetině a bod č. 30 na levé horní končetině platí, že práh bolesti se zde po zátěži statisticky významně snížil. Průměr změny prahu bolesti u všech probandů: na pravé horní končetině bod č. 1 (-157,96 kPa), bod č. 2 (-157,00 kPa), bod č. 3 (-146,75 kPa), bod č. 4 (-137,57 kPa), bod č. 5 (-139,00 kPa), bod č. 6 (-106,18 kPa), bod č. 8 (-97,89 kPa), a bod č. 17 (-117,25 kPa). Na levé horní končetině bod č. 30 (-104,54 kPa).

Tabulka č. 5: Průměrná hodnota změny prahu bolesti (v kPa) před zátěží a po zátěži u všech probandů na daných bodech

Pravá horní končetina				Levá horní končetina			
Číslo bodu	Změna (kPa)	P-value	Významnost	Číslo bodu	Změna (kPa)	P-value	Významnost
1	-157,96	0,026	*	22	-27,50	0,287	
2	-157,00	0,018	*	23	42,46	0,800	
3	-146,75	0,024	*	24	45,43	0,833	
4	-137,57	0,042	*	25	8,96	0,608	
5	-139,00	0,020	*	26	7,32	0,572	
6	-106,18	0,027	*	27	35,43	0,790	
7	-85,71	0,079		28	4,93	0,550	
8	-97,89	0,035	*	29	13,39	0,646	
9	-55,32	0,143		30	-104,54	0,013	*
10	-70,32	0,126		31	63,32	0,935	
11	-14,89	0,376		32	15,64	0,657	
12	-59,25	0,103		33	-6,07	0,446	
13	-12,18	0,384		34	34,54	0,827	
14	-17,39	0,364		35	50,79	0,890	
15	-59,96	0,126		36	83,32	0,943	
16	-72,14	0,127		37	50,43	0,894	
17	-117,25	0,031	*	38	5,79	0,537	
18	9,75	0,589		39	64,21	0,977	
19	95,14	0,979		40	12,75	0,676	
20	48,14	0,845		41	102,18	0,990	
21	48,29	0,875		42	84,86	0,970	

Legenda k tabulce: červeně zvýrazněné hodnoty = statisticky významné hodnoty ($p < 0,05$), * = výsledek je statisticky významný

Z hlediska charakteru změn nocicepce, které po zátěži nastaly je s ohledem na tabulku možné říci, že se práh bolesti po zátěži především v bodech 1 - 8, 17 a 30

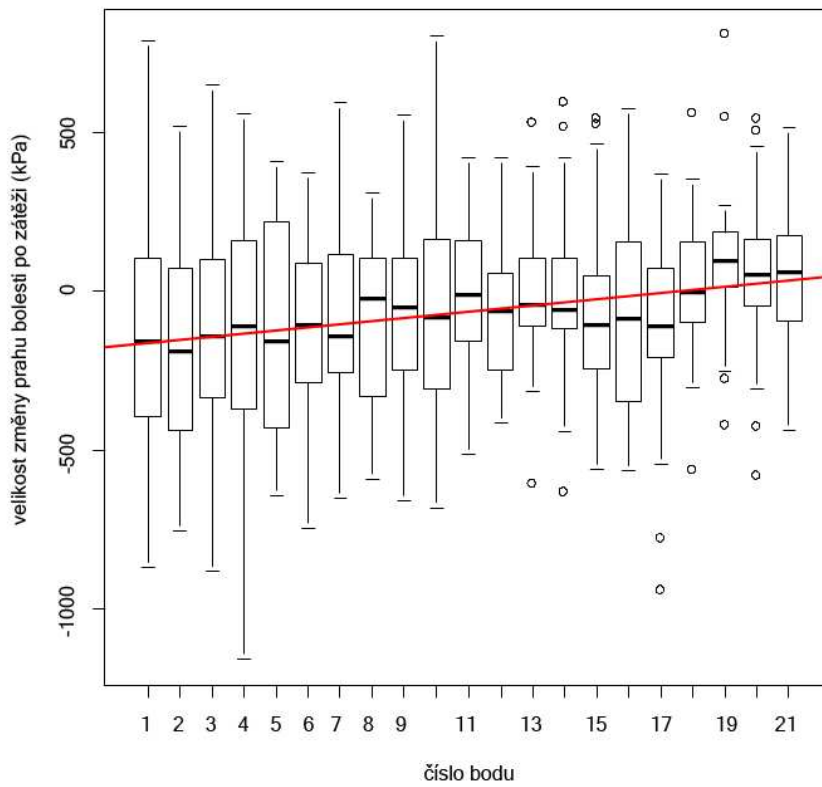
v průměru snížil. U ostatních bodů je snížení prahu bolesti již méně výrazné, nebo dokonce došlo k jeho průměrnému zvýšení.

Statistická významnost výsledků se mezi jednotlivými body také výrazně liší. Naměřené hodnoty jsou statisticky významné v bodech 1 - 6 a 8. V ostatních bodech, s výjimkou bodů 17 a 30 je hladina významnosti již velmi nízká (např. v bodech 35 - 42 dosahuje p - value 0,8 - 0,9), což souvisí s vysokou variabilitou naměřených hodnot.

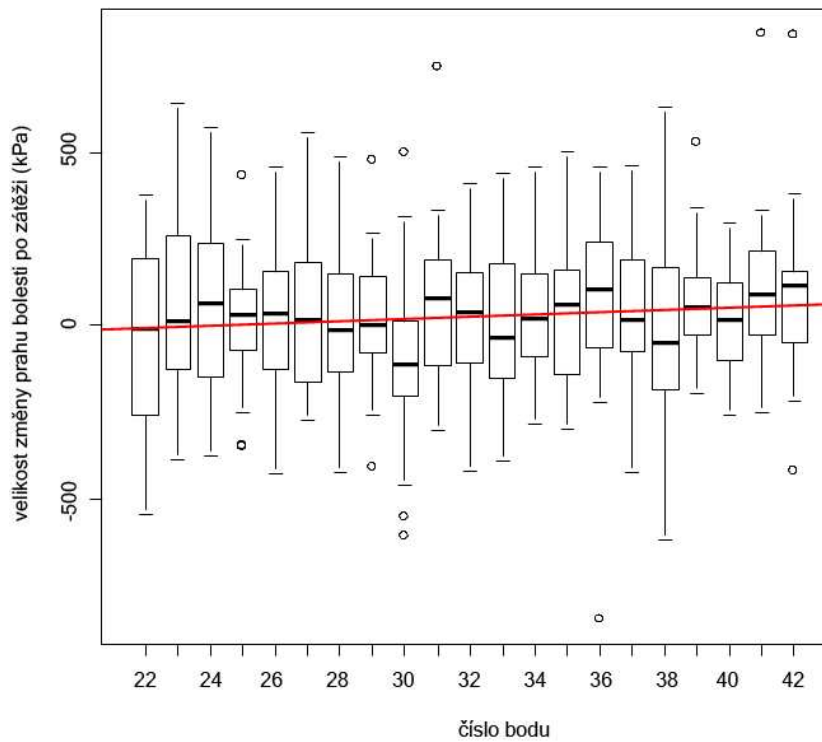
Jelikož pořadí bodů odpovídá sledu měření a tedy i časovému zpoždění měření bodu od zátěže, je možné, že jak charakter změn, tak hladina statistické významnosti souvisí právě na časovém odstupu měření od zátěže. V návaznosti na tyto výsledky byla také řešena také otázka, **zda-li existuje závislost změn nocicepce v důsledku zátěže v daném bodě na pořadí měření (časové prodlevě od zátěže)**. Tento vztah byl ověřován pomocí lineární regrese. V následujícím grafu (graf č. 2) je tato funkce znázorněna červenou přímkou.

Tato přímka ukazuje vývoj velikosti střední hodnoty změny prahu bolesti naměřeného na daných bodech. Z grafu je tedy patrné, že tato střední hodnota roste lineárně s číslem bodu, tedy je pravděpodobné, že naměřené hodnoty prahu bolesti jsou závislé na čase, který od zátěže uplynul. Naznačuje, že se práh bolesti bezprostředně po zátěži průměrně snížil, avšak tyto změny s časem uplynulým od zátěže postupně ustupují a práh bolesti se navrácí k hodnotám, kterých dosahoval před zátěží. V některých případech dochází dokonce i k jeho zvýšení nad původní hodnoty. Sklon přímky lineární regrese se na pravé a levé horní končetině liší, což znamená, že v kratším čase po zátěži tento proces probíhá rychleji a postupem času se zpomaluje.

Pravá horní končetina



Levá horní končetina



Graf č. 2: Velikost změn prahu bolesti po zátěži u všech probandů; přímka lineární regrese
Legenda ke grafu: červená přímka = grafické znázornění lineární regrese

Tato hypotéza byla ověřena pomocí testu lineární regrese (tab. č. 6), který potvrdil, že střední hodnota prahu bolesti naměřeného po zátěži se skutečně mění lineárně s číslem bodu, tedy s časovou prodlevou od zátěže. Tento lineární trend byl u pravé ruky hodnocen jako statisticky velmi významný ($P < 0,001$) a u levé ruky jako statisticky významný ($P < 0,05$).

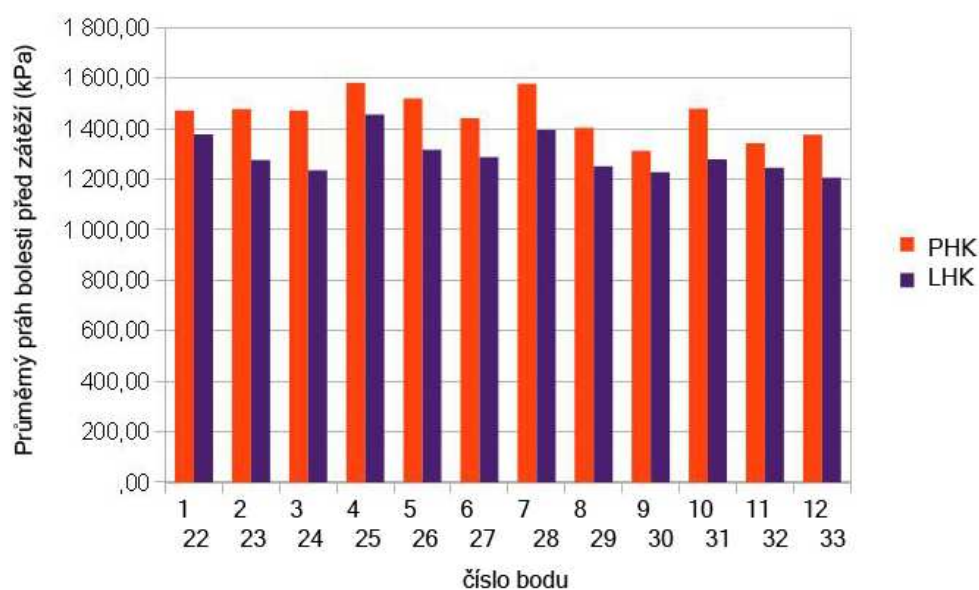
Tabulka č. 6: Test lineární regrese

	Směrnice přímky	p-value	významnost
PHK	9,893	0,000	***
LHK	3,229	0,034	*

Legenda k tabulce: PHK = pravá horní končetina, LHK = levá horní končetina, *** = výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$), * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$)

6.2 Korelace prahu bolesti a prevalence poranění

V grafu č. 3 je znázorněn průměrný práh bolesti v oblasti poutek naměřený před zátěží. Dle grafu lze soudit, že průměrný práh bolesti je nejnižší na bodech odpovídajících šlachovým poutkům A2 (body č. 6 a 9 na PHK a body č. 24, 27, 30 a 33 na LHK), vyšší v bodech odpovídajících poutkům A3 (body č. 5 a 8 na PHK a body č. 23, 26, 29 a 32 na LHK) a nejvyšší v bodech odpovídajících poutkům A4 (body č. 4, 7 a 10 na PHK a body č. 22, 25, 28 a 31 na LHK). Jedinou výjimku tvoří pouze II. a V. prst pravé ruky, kde jsou průměrné hodnoty naměřené u II. prstu na všech třech bodech téměř totožné a u V. prstu vyšší v místě poutka A2 než v místě poutka A3.



Graf č. 3: Průměrný práh bolesti měřený před zátěží u všech probandů v oblasti šlachových poutek

Legenda ke grafu: PHK = pravá horní končetina, LHK = levá horní končetina

Tento vztah byl ověřen výpočtem, který měl za účel ověřit statistickou významnost rozdílů hodnot, naměřených na bodech odpovídajících sousedním poutkům. Výsledky jsou uvedeny v tabulce níže (tab. č. 7):

Tabulka č. 7: Průměrný rozdíl naměřených hodnot prahu bolesti mezi jednotlivými šlachovými poutky u všech probandů

PHK				LHK			
Č. bodů	Prům. rozdíl	P-value	Významnost	Č. bodů	Prům. rozdíl	P-value	Významnost
1-2	-6,00	0,460		22-23	101,00	0,018	*
2-3	5,50	0,439		23-24	41,46	0,110	
4-5	60,75	0,016	*	25-26	138,46	0,002	***
5-6	78,96	0,005	**	26-27	28,71	0,223	
7-8	174,18	0,000	***	28-29	144,18	0,000	***
8-9	91,25	0,014	*	29-30	23,54	0,232	
10-11	137,25	0,002	**	31-32	33,96	0,091	
11-12	-33,64	0,170		31-33	39,25	0,117	

Legenda k tabulce: PHK = pravá horní končetina, LHK = levá horní končetina, * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$), výsledek je statisticky středně významný ($p < 0,01$), výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$)

Ověření bylo provedeno pomocí párového t-testu. Bylo prokázáno, že tyto rozdíly jsou statisticky významné mezi body č. 4 - 5, 5 - 6, 7 - 8, 8 - 9, 10 - 11, 22 - 23, 25 - 26 a 28 - 29. Z toho tedy vyplývá, že na III. a IV. prstu PHK je práh bolesti v místě poutek A2 obecně nižší, než v místě poutek A3, stejně tak je nižší v místě poutek A3, než v místě poutek A4. Dále byl prokázán průměrně nižší práh bolesti v oblasti poutek A3 oproti poutkům A4 na V. prstu PHK a II., III. a IV. prstu LHK. Tyto výsledky tedy korelují s prevalencí poranění na jednotlivých šlachových poutkách udávanou v literatuře.

6.3 Rozdíly prahu bolesti mezi muži a ženami

Pro srovnání prahu bolesti mužů a žen byly použity hodnoty, naměřené na všech bodech před zátěží.

Tabulka č. 8 ukazuje, že u žen byly na každém ze 42 daných bodů naměřeny průměrně nižší hodnoty prahu bolesti než u mužů (viz také příloha č. 5).

Tabulka č. 8: Srovnání prahu bolesti mužů a žen (měřeno před zátěží u všech probandů)

Číslo bodu	PB M-Ž	P-value	Významnost	Číslo bodu	PB M-Ž	P-value	Významnost
1	302,69	0,066		22	209,28	0,107	
2	106,41	0,291		23	71,96	0,343	
3	245,35	0,128		24	147,84	0,221	
4	246,77	0,164		25	211,78	0,158	
5	161,61	0,239		26	280,12	0,059	
6	223,74	0,109		27	308,47	0,041	*
7	221,93	0,118		28	215,81	0,154	
8	210,51	0,114		29	207,56	0,126	
9	235,53	0,043	*	30	281,41	0,052	
10	345,43	0,038	*	31	247,93	0,083	
11	205,62	0,127		32	223,14	0,128	
12	244,87	0,066		33	295,39	0,036	**
13	283,17	0,032	*	34	241,27	0,009	**
14	350,43	0,014	*	35	181,81	0,070	
15	248,60	0,031	*	36	207,77	0,054	
16	226,83	0,137		37	279,83	0,034	*
17	478,53	0,001	**	38	357,72	0,017	*
18	287,66	0,038	*	39	329,83	0,003	**
19	333,46	0,009	**	40	378,33	0,003	**
20	188,52	0,021	*	41	204,37	0,072	
21	213,90	0,020	*	42	315,39	0,000	***

Legenda k tabulce: PB M-Ž = rozdíl průměrného prahu bolesti na daném bodě (muži - ženy), * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$), výsledek je statisticky středně významný ($p < 0,01$), výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$)

Statisticky byly tyto výsledky ověřovány pomocí dvouvýběrového t-testu. V testu byly srovnány hodnoty naměřené na daném bodě u skupiny mužů a u skupiny žen, postupně na všech 42 bodech. Test prokázal statistickou významnost výsledků a tedy

nižší práh bolesti u žen na celkem 18 bodech. Většina statisticky významných výsledků se nalézají v bodech, odpovídajících svalové tkáni (oblast lumbrikálních svalů a flexorů prstů).

Druhý výpočet, který měl porovnat práh bolesti u mužů a u žen byl proveden tak, že byl vzájemně porovnán průměrný práh bolesti všech probandů ve skupině mužů a všech probandů ve skupině žen. Výsledek potvrdil celkově nižší práh bolesti naměřený u žen s hodnotou $p = 0,04$, tedy statisticky významný rozdíl.

6.4 Rozdíl prahu bolesti na pravé a levé horní končetině

Pro ověření statisticky významného rozdílu prahu bolesti na pravé a levé horní končetině byly srovnávány hodnoty naměřené na daném bodě u všech probandů s hodnotami naměřenými na odpovídajícím bodě na kontralaterální straně, postupně u všech bodů. Jelikož byl prokázán rozdíl nocicepce mezi muži a ženami, byly výpočty prováděny zvlášť u skupiny mužů a zvlášť u skupiny žen (viz tab. č. 9).

Výpočty byly provedeny pomocí dvouvýběrového t-testu. Z jeho výsledků vyplývá, že na pravé horní končetině je práh bolesti průměrně vyšší, než na levé horní končetině. Tento výsledek je patrný především u mužů, kde je u naprosté většiny bodů hodnota p (p -value) $< 0,05$. U skupiny žen je průměrný práh bolesti vyšší rovněž na pravé horní končetině, ovšem výsledky jsou mnohem méně průkazné.

V případě bodů č. 9 a 40 a č.21 a 42 u mužů a bodů č. 14 a 35 a č. 19 a 40 u žen, kde byl naměřen průměrně vyšší práh bolesti na LHK nejsou výsledky hodnoceny jako statisticky významné (p -value $> 0,05$) (viz také příloha č. 6).

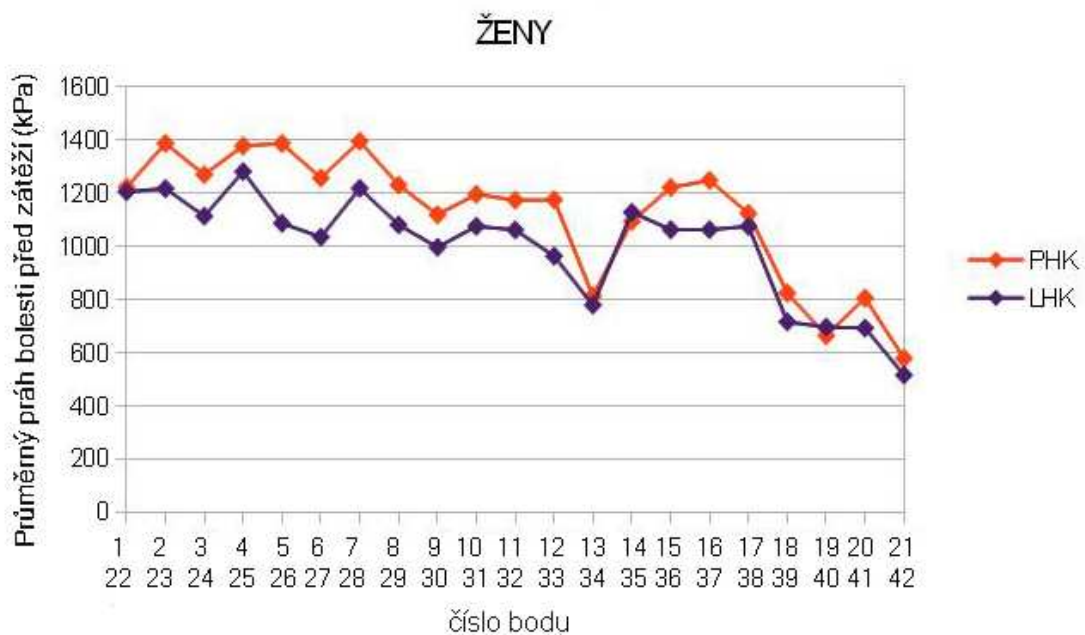
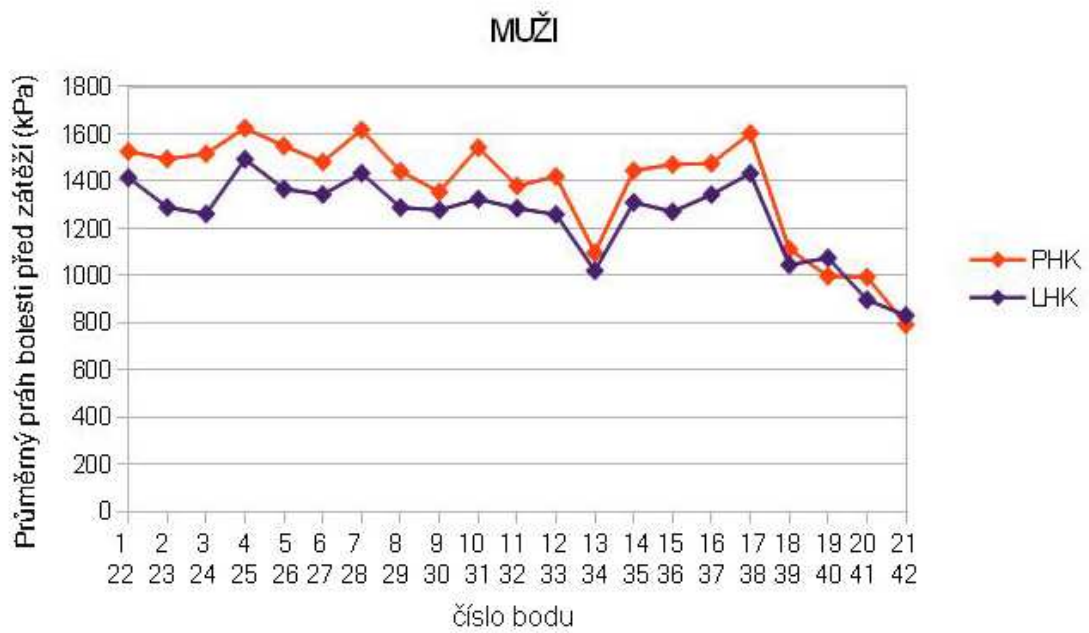
Tabulka č. 9: Srovnání prahu bolesti na pravé a na levé horní končetině (měřeno před zátěží u všech probandů)

MUŽI				ŽENY			
Číslo bodu	PB PHK-LHK	P-value	Významnost	Číslo bodu	PB PHK-LHK	P-value	Významnost
1-22	110,61	0,153		1-22	17,20	0,420	
2-23	204,65	0,007	**	2-23	183,80	0,125	
3-24	254,30	0,001	***	3-24	156,80	0,273	
4-25	131,78	0,024	*	4-25	96,80	0,324	
5-26	182,09	0,003	**	5-26	300,60	0,050	*
6-27	137,87	0,013	*	6-27	222,60	0,079	
7-28	183,52	0,003	**	7-28	177,40	0,174	
8-29	152,96	0,011	*	8-29	150,00	0,047	*
9-30	76,52	0,075		9-30	122,40	0,202	
10-31	218,30	0,002	**	10-31	120,80	0,094	
11-32	94,48	0,039	*	11-32	112,00	0,208	
12-33	161,48	0,006	**	12-33	212,00	0,011	*
13-34	75,70	0,062		13-34	33,80	0,315	
14-35	134,83	0,015	*	14-35	-33,80	0,310	
15-36	199,83	0,002	**	15-36	159,00	0,000	***
16-37	132,39	0,051		16-37	185,40	0,100	
17-38	169,61	0,005	**	17-38	48,80	0,302	
18-39	66,43	0,116		18-39	108,60	0,044	*
19-40	-76,87	0,061		19-40	-32,00	0,258	
20-41	96,96	0,049	*	20-41	112,80	0,100	
21-42	-38,70	0,197		21-42	62,80	0,154	

Legenda k tabulce: PB PHK-LHK = rozdíl průměrného prahu bolesti na daném bodě (pravá horní končetina - levá horní končetina), * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$), výsledek je statisticky středně významný ($p < 0,01$), výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$)

Na grafu č. 4 je znázorněn stranový rozdíl průměrného prahu bolesti na daném bodě. Pro sestavení tohoto grafu byl použit průměr hodnot naměřených na daných bodech před zátěží u všech probandů. Z pohledu na graf je patrné, že práh bolesti na pravé horní končetině je na daných bodech průměrně vyšší, než na levé horní končetině.

Nakonec byl porovnán ještě průměrný práh bolesti na všech bodech pravé a levé horní končetiny u jednotlivých probandů. Výsledek opět potvrdil u všech probandů celkově vyšší průměrný práh bolesti na pravé horní končetině s hodnotou $p = 0,029$, tedy statisticky významný rozdíl.



Graf č. 4: Průměrný práh bolesti naměřený na daných bodech u mužů a u žen: rozdíl mezi pravou a levou horní končetinou u všech probandů

Legenda ke grafu: PHK = pravá horní končetina, LHK = levá horní končetina

7 DISKUZE

Hypotéza č. 1

Předpokládám, že při zatížení ruky zavřeným úchopem dochází ke statisticky významným změnám nocicepce v oblasti palmární strany ruky a ventrální strany předloktí korelujících s prevalencí poranění z přetížení.

Po zátěži horních končetin zavřeným úchopem došlo na všech definovaných bodech ke změně prahu dráždivosti nociceptorů. Tato změna byla objektivně odečítána pomocí tlakového algometru, který zaznamenával množství tlaku potřebné k vyvolání pocitu bolesti na daném bodě.

Výsledky měření nebyly jednoznačné. Na všech bodech sice došlo k výrazným a klinicky významným změnám, nicméně tyto změny měly na jednotlivých bodech různý trend tj. práh bolesti se na některých bodech snížil, zatímco na jiných došlo k jeho zvýšení. Místa, kde došlo ke zvýšení nebo snížení prahu dráždivosti nociceptorů byla naprosto individuální a lišila se i velikost změny, ke které zde došlo (jak v rámci jedince, tak mezi jednotlivými probandy). Charakter změny nocicepce (zvýšení nebo snížení prahu dráždivosti nociceptorů) nebyl závislý na lokaci daného bodu.

Přes tyto poměrně výrazné individuální rozdíly bylo dosaženo několika statisticky významných výsledků a to především u těch bodů, které byly během experimentu měřeny jako první v pořadí, tedy s nejmenší časovou prodlevou od zátěže.

Na těchto bodech (body č. 1 - 6 a bod č. 8), došlo průměrně ke snížení prahu bolesti o cca 100-160 kPa ($p = 0,018 - 0,042$). Jedná se o body, které odpovídají šlachovým poutkům A2 - A4 na II. a III. prstu PHK a poutku A3 na IV. prstu PHK. Jelikož se jedná o statisticky významné výsledky, můžeme prohlásit, že na zmíněných místech dochází bezprostředně po zatížení ke snížení prahu bolesti, tedy ke zvýšení dráždivosti nociceptorů.

Na dalších bodech dochází náhle k prudkému poklesu hladiny významnosti, což vypovídá o s časem se výrazně zvyšující variabilitě naměřených hodnot. Při pohledu na jejich průměr by bylo možné spekulovat o tom, že dráždivost nociceptorů, která

bezprostředně po zátěži vzrostla má tendence se postupem času vracet zpět na původní hodnoty před zátěží (práh bolesti se opět postupně zvyšuje) a následně ještě poklesnout pod tuto hranici. Tento průběh byl také do jisté míry podpořen pomocí výpočtů lineární regrese, která tento trend potvrdila s hodnotou $p = 0,000$ u PHK a $0,034$ u LHK. Znamenalo by to tedy, že práh bolesti se v určité fázi zvýší nad původní (předzátěžové) hodnoty a struktury se stanou méně vnímavé k bolesti a mechanickým podnětům. To by ovšem mohlo být velice zavádějící. Při pohledu na výsledky výpočtů statistické významnosti uvedených hodnot je totiž více než jasné, že se s postupem času výrazně zvyšuje variabilita naměřených hodnot a že přítomnost podobného trendu je tedy velmi nepravděpodobná. K ověření této teorie by bylo zapotřebí zcela odlišného metodického postupu, než jaký byl použit v případě této práce.

Nabízí se druhá varianta, která říká, že následkem zátěže dochází na daných bodech prokazatelně k výrazným změnám nocicepce. Tyto změny mají bezprostředně po zátěži společný trend ve smyslu zvýšení dráždivosti nociceptorů, tento trend ale v průběhu několika desítek vteřin zmizí a práh dráždivosti nociceptorů se dále (od této chvíle) na jednotlivých bodech vyvíjí individuálně, bez výrazné společné závislosti. Otázkou zůstává, proč u bodů č. 17 a č. 30 přetrvává statisticky významné snížení prahu bolesti i přes to, že byly naměřeny s již výrazným časovým odstupem od zátěže? Jedná se o tyto struktury – bod č. 17 *canalis carpi radialis* PHK a bod č. 30 a šlachové poutko A2 IV. prstu LHK.

Popis vývoje změn nocicepce na daných bodech v závislosti na čase (časovém odstupu od zátěže) by tedy mohl být předmětem dalšího výzkumu, ale jak jsem již psala výše, pro tyto účely by bylo zapotřebí zcela odlišného metodického postupu, než jaký byl použit v případě této práce (např. opakované měření 1 až 3 nebo 4 bodů v určitých časových intervalech po zátěži apod.).

Během měření se ukázalo, že se práh bolesti v některých bodech po zátěži snižoval a v jiných naopak zvyšoval. Tento jev bylo možné pozorovat u všech lezců v různých spolu vzájemně nesouvisejících bodech. Jak je již řečeno výše, většinou ke zvyšování prahu bolesti docházelo s větším odstupem času od zátěže. Ale ani v bodech, měřených těsně po absolvování zátěže nebylo zvýšení této hodnoty naprostou výjimkou. Protože během měření byly dodrženy všechny zásady, které uvádí Reeves (1986), je zde jen malá pravděpodobnost toho, že tyto odchylky byly způsobeny chybou v získávání dat

[64]. Dle Pottera et al. (2006) nelze rozdíl naměřených hodnot větší než 3kg/cm^2 (tj. 300kPa) přičítat chybě v měření [61]. V případě tohoto experimentu rozdíly v měření tuto hranici místy i výrazně přesahovaly.

Na tomto místě bych tedy ještě zmínila několik faktorů, které mohly hodnoty prahu bolesti ovlivnit. Nejprve se budu věnovat faktorům, které mohly práh bolesti na daných bodech významněji snížit. Prvním by mohla být zvýšená dráždivost nociceptorů jako reakce na činnost, která je pro tkáň ruky potenciálně nebezpečná tím, že by dalším působením mohla způsobit jejich mikrotraumatizaci. Neustálá stimulace nociceptivními podněty, která takto vzniká pak vede ke snížení prahu dráždivosti aferentních nociceptivních drah (centrální senzibilizace) a tím pádem ke snížení prahu bolesti v příslušných místech. V tomto případě je to nefyziologické zatížení ruky, které by mohlo být příčinou vzniku mikrotraumat zatěžovaných tkání [37, 40, 87]. Další příčinou, která by mohla způsobit snížení prahu bolesti, ale která se týká pouze svalové tkáň, je působení protrahované izometrické kontrakce [90], kterou byl typ zátěže použitý při experimentu charakteristický. Naopak snížení nociceptivního dráždění by mohlo být způsobeno například na podkladě vrátkové teorie bolesti [31, 46, 47]. Při zatížení rukou tímto způsobem totiž nepochybně dochází také k výraznému propioceptivnímu dráždění, které může utlumit přicházející nociceptivní podněty [46, 90]. Druhým faktorem, který by mohl mít vliv na snížení prahu bolesti je otázka psychická. Nociceptory totiž nepřenáší pocit bolesti, ale pouze nociceptivní signály. Ty jsou případně jako bolestivé vyhodnoceny až v mozku [7, 37, 82]. V podstatě je tedy možné, že práh bolesti v oblasti prstů je u lezců do jisté míry zvýšen a to z toho důvodu, že jsou jednoduše zvyklí v oblasti prstů vnímat silné nociceptivní podněty a tyto podněty již nevnímají jako bolestivé [57, 82].

Snížení vnímání bolesti může být způsobeno také vylučováním některých látek (endogenní opioidní peptidy, serotonin atd.), jejichž produkce je u každého jedince odlišná a závisí také na faktorech jako jsou fyzická aktivita, psychické rozpoložení aj. [7, 47, 87].

Vnímání bolesti naopak snižuje tzv. endogenní systém analgezie. Ten je součástí centrálních eferentních zpětnovazebných systémů, pomocí kterých jsou řízeny a laděny percepční mechanismy v nižších etážích somatosenzorických drah (například

somatosenzorická nebo prefrontální kůra, hypotalamus, některé oblasti pontu a prodloužené míchy, talamus aj.). Uplatňují se zde především endogenní opioidní peptidy (enkefaliny, dynorfin, beta endorfin), serotonin, noradrenalin nebo somatostatin aj. [7, 47, 87].

Hypotéza č. 3

Předpokládám, že se práh bolesti u mužů a u žen liší.

Odborné studie, zabývající se interindividuálními rozdíly prahu bolesti se shodují, že ženy mají průměrně nižší práh bolesti [11, 17, 32, 63, 94] i práh tolerance [1, 11] než muži. Ženy jsou tedy k bolesti vnímavější a častěji si ji uvědomují [11]. To může být na druhou stranu jedním z důvodů, proč ženy utrpí následkem lezení mnohem méně vážných poranění, než muži (jak jsem se zmiňovala v teoretickém úvodu). Je možné, že právě větší vnímavost ke změnám nocicepce umožní včasnější identifikaci hrozícího poranění a jeho dřívější a důkladnější terapii.

I v rámci mého experimentu byl také porovnáván i práh bolesti mužů a žen. Průměrné naměřené hodnoty jsou u žen na každém ze 42 daných bodů nezanedbatelně nižší než u mužů. Statisticky byly tyto výsledky potvrzeny u 18 bodů. Většina z těchto 18 bodů se nalézala v místech, která odpovídají svalové tkáni (body v oblasti lumbrikálních svalů a flexorů prstů). V oblasti prstů je hladina významnosti nízká, přestože průměrný rozdíl zde není nižší. Jedním z možných vysvětlení by mohla být různá míra adaptace tkání prstů na mechanické nároky působící při lezení (tloušťka kůže, drobná poranění apod.), což by mělo za následek zvýšenou variabilitu získaných dat uvnitř skupiny oproti bodům na předloktích a dlaních. Druhým důvodem může být již zmíněná adaptace na silné nociceptivní podněty během lezení, která v oblasti prstů způsobila změny nociceptivního vnímání [57, 82].

Při porovnání prahu bolesti mužů a žen tím způsobem, že byl vzájemně porovnán průměrný práh bolesti všech probandů ve skupině mužů a všech probandů ve skupině žen, výsledek rovněž potvrdil celkově nižší práh bolesti naměřený u žen s hodnotou $p = 0,04$, tedy statisticky významný rozdíl.

Samostatnou kapitolou by mohla být problematika prahu bolesti u žen. Ve všech případech, kdy byl v této práci porovnáván práh bolesti samostatně pouze ve skupině žen, byla shledána mnohem nižší statistická významnost, než ve skupině mužů. Tento fakt je sice s největší pravděpodobností zaviněn tím, že v dané skupině byl velmi nízký počet žen, ovšem různé studie uvedené v odborných časopisech nabízejí ještě jedno zajímavé odůvodnění. Částečným vysvětlením totiž mohou být i změny vnímavosti k bolesti v souvislosti s hormonálními změnami v průběhu menstruačního cyklu. Práh bolesti se tedy u žen může v různých fázích menstruačního cyklu do jisté míry lišit [1, 34, 94]. Nejvíce vnímavé k bolesti jsou ženy v době menstruace a těsně před ní [1, 79] a u žen, které neužívají hormonální antikoncepci i v období ovulace [1]. Prokazatelně nejvyšší je práh bolesti u žen během druhé fáze menstruačního cyklu [1, 79]. Další studie uvádí, že vnímavost k bolesti se u žen liší i podle toho, zda mají zkušenost s porodem či nikoliv. Ženy, které tuto zkušenost mají, mají vyšší práh bolesti než ženy, které ještě nerodily [79]. Tyto faktory by tedy také mohly přispívat ke zvýšení variability naměřených hodnot ve skupině žen.

Hypotéza č. 4

Předpokládám, že existuje statisticky významný stranový rozdíl nocicepce v oblasti horních končetin.

Pro srovnání nocicepce na pravé a levé horní končetině byly porovnávány odpovídající body na kontralaterální straně. Byly použity hodnoty naměřené na daných bodech před zátěží. Výsledky ukazují, že na pravé horní končetině je průměrně vyšší práh bolesti než na levé a to jak u mužů, tak u žen. Výsledek je průkazný především u mužů, kde je v naprosté většině případů $p < 0,05$ (u žen jsou výsledky méně signifikantní). Při výpočtu, kdy byl porovnán průměrný práh bolesti u jednotlivých probandů na všech bodech pravé a levé horní končetiny (tedy nebyly porovnávány pouze kontralaterální body) výsledek opět potvrdil celkově vyšší průměrný práh bolesti na pravé horní končetině s hodnotou $p = 0,029$.

Pauliho studie porovnávající práh bolesti na levé a pravé horní končetině pomocí tlakového algometru ukazuje, že jedinci s dominantní pravou horní končetinou mají na této končetině vyšší práh bolesti, zatímco u levostranně dominantních jedinců tato asymetrie není prokazatelná.⁵⁶ Jiná studie, která ukazuje podobné výsledky (s tím rozdílem, že neměřila práh tlakové, nýbrž chladové bolesti) prokázala u pravostranně dominantních mužů vyšší práh bolesti na pravé horní končetině, zatímco u levostranně dominantních mužů a u žen nebyly shledány žádné statisticky významné rozdíly [63].

Možným vysvětlením této skutečnosti by mohlo být, že dominantní horní končetina je během dne více a častěji používána, je tedy mnohem více adaptovaná na nejrůznější mechanické i tepelné (chladové) podněty, než nedominantní. Levostranně dominantní lidé jsou ale často v nejrůznějších situacích v běžném životě nuceni používat svoji nedominantní, tedy pravou horní končetinu jednoduše z toho důvodu, že většina zařízení, přístrojů apod. je navržena a zařízena právě pro praváky. Používají tedy svoji nedominantní horní končetinu mnohem častěji než praváci, takže je možné, že u nich nedochází ke vzniku tak výrazné stranové asymetrie adaptace na vnější mechanické podněty.

Srovnání stranového rozdílu změn nocicepce po zátěži nemohlo být z důvodů nedostatku příslušných dat provedeno. Jak je již popsáno v první části této kapitoly, statisticky významné hodnoty změny prahu bolesti po zátěži byly získány pouze u prvních několika bodů měřených v nejkratším časovém odstupu od zátěže (body č. 1 - 6 a bod č. 8). U ostatních bodů, až na dvě výjimky (bod č. 17 a č. 30), byla statistická významnost dat velmi nízká z důvodu příliš vysoké variability naměřených hodnot a proto nebylo možné tato data pro porovnání použít. Řešením pro tuto otázku by mohlo být srovnání pouze několika bodů (maximálně 5), popřípadě opakovaná měření. V tomto případě by ale musel být mezi jednotlivými měřeními zachován určitý časový odstup dostatečně dlouhý na to, aby mohlo dojít k úplné regeneraci tkání po provedené zátěži a nedocházelo tak k sumaci jejích účinků na tkáň.

Hypotéza č. 2

Předpokládám, že existuje korelace prahu dráždivosti nociceptorů v oblasti šlachových poutek a prevalencí poranění z přetížení.

Průměrné naměřené hodnoty ukazují, že jako nejvíce citlivé na tlak se jeví šlachová poutka A2 (body č. 6 a 9 na PHK a body č. 24, 27, 30 a 33 na LHK), následována poutky A3 (body č. 5 a 8 na PHK a body č. 23, 26, 29 a 32 na LHK) a poutka A4 (body č. 4, 7 a 10 na PHK a body č. 22, 25, 28 a 31 na LHK) jsou v průměru nejméně citlivá vůči tlaku. Statisticky prokázané rozdíly byly takové, že na III. a IV. prstu PHK je práh bolesti v místě poutek A2 nižší, než v místě poutek A3, stejně tak je nižší v místě poutek A3, než v místě poutek A4. Dále byl prokázán průměrně nižší práh bolesti v oblasti poutek A3 oproti poutkům A4 na V. prstu PHK a II., III. a IV. prstu LHK. Pokud tedy budeme uvažovat, že vyšší dráždivost nociceptorů vypovídá o jistém stupni poškození tkáně způsobené jejím chronickým přetěžováním, můžeme prohlásit, že tyto výsledky skutečně korelují s prevalencí poranění na jednotlivých šlachových poutkách udávanou v literatuře. V té se uvádí, že nejčastěji poraněným poutkem je poutko A2 (cca 66 %), po něm následuje poutko A3 (23 %) a třetím nejčastěji poškozeným je A4 [6, 30, 72, 73]. Jedinou výjimku tvoří pouze II. a V. prst pravé ruky, kde jsou průměrné hodnoty naměřené u II. prstu na všech třech bodech téměř totožné a u V. prstu vyšší v místě poutka A2 než v místě poutka A3, avšak rozdíl poutek A2 a A3 oproti poutku A4 je výrazný.

Dle studií bývají nejčastěji postiženými IV. (59,8%) a III. (38,5%) prst [28, 58, 72, 73, 91], na kterých byly i v rámci tohoto experimentu naměřeny nejprůkaznější výsledky – vysoká statistická významnost průměrných hodnot vypovídá o nízké variabilitě hodnot naměřených i jednotlivých probandů. To by znamenalo, že práh bolesti je na těchto prstech skutečně nastaven tak, jak je popsáno výše a bylo by zde možné hledat souvislost se stavem tkání.

Senzibilizace v oblasti šlachových poutek může mít dvě příčiny. Jednak je to již zmíněná senzibilizace centrální, tedy snížení prahu dráždivosti aferentních nociceptivních drah z důvodu neustálé stimulace nociceptorů takovými podněty, které pro tkáň představují potenciální nebezpečí poranění. Jejich dráždivost tedy byla nastavena tak, aby bylo pomocí dřívější nebo intenzivnější bolestivé reakce zabráněno

dalšímu působení těchto podnětů [37, 40]. Druhým mechanismem může být senzibilizace periferní. Dlouhodobé nefyziologické zatěžování poutek velmi pravděpodobně způsobí jejich mikrotraumatizaci [3, 5, 23, 78]. V místě těchto drobných poranění dojde v souvislosti se zánětlivou reakcí k vyplavení určitých látek (např. prostaglandin), které se naváží na receptory na nociceptorech a způsobí tak jejich přímou senzibilizaci, tedy snížení prahu dráždivosti [7, 31, 55, 77, 87].

Nabízí se zde však ještě jedno vysvětlení pro zjištěný „poměr“ citlivosti sousedních poutek. Pokud bychom nepřijali teorii, že se v oblasti šlachových poutek zvyšuje dráždivost nociceptorů úměrně míře jejich přetěžování, nabízí se vysvětlení o mnoho jednodušší. Tím je adaptace tkání, v tomto případě konkrétně kůže na mechanické nároky při lezení [2]. Kůže na distálním konci prstů přichází do kontaktu s chyty nejvíce, je nejvíce mechanicky namáhána a tudíž dochází postupem času k jejímu ochrannému zesílení. Kůže u baze proximálního falangu přichází do kontaktu s chyty zřídka, tudíž zde takové zesílení kůže není potřeba.

V případě výpočtů rozdílů mezi jednotlivými poutky nebyli probandi rozděleni do dvou skupin podle pohlaví. Je to z toho důvodu, že v tomto případě nabyla zkoumána prahu bolesti jako taková, ale rozdílů mezi body. V tomto případě tedy nezáleží na tom, jak vysoké obě hodnoty jsou, ale na tom, jak se od sebe liší.

V rámci několika studií byl tlakový algometr vyhodnocen jako dostatečně spolehlivý pro objektivizaci a změny nocicepce ve tkáních [19, 32, 33, 61, 89, 92, 97]. Je však třeba dodat, že změny, které byly ve zmíněných studiích zkoumány, byly v podstatě trvalého charakteru. Jednalo se především o reflexní změny typu trigger point (spoušťové body), tedy změny, které jsou minimálně z hlediska času, který je k jejich změření potřebný, neměnné. To je hlavní rozdíl, oproti té části mého experimentu, kdy jsem se snažila objektivizovat změny nocicepce, ke kterým došlo ve tkáních v důsledku zátěže. V té chvíli se projevil komplikace, že čas, který byl potřebný pro změření prahu bolesti na všech 42 bodech byl mnohem delší než čas, po který na daných bodech přetrvávaly bezprostřední změny, ke kterým zde po zátěži došlo.

Jelikož jsem v žádné odborné literatuře neobjevila informace o experimentu podobného typu, nepředpokládala jsem, že změny, které po zátěži nastanou, nebudou

dostatečně trvalého charakteru, aby mohly být touto metodou spolehlivě vyhodnoceny.

Pro získávání dat tohoto typu by bylo třeba zvolit odlišnou metodiku vedení experimentu. Výsledky měření prokázaly, že reliabilita je ještě dostatečně vysoká při měření prahu bolesti na cca 5 bodech ihned po zatížení. Ideálně by tedy data měla být získávána nejlépe z jednoho, maximálně pěti bodů ve velmi krátkém časovém odstupu od zátěže, který by nezpůsobil zkreslení výsledků díky časové prodlevě. Pokud bychom tedy chtěli získat data z většího množství bodů, bylo by nutné přistoupit například ke zopakování stanovené zátěže vždy před měřením každého bodu (či určité malé skupiny bodů). Zde by však hrozilo riziko ovlivnění výsledků opakovaným zatěžováním tkání odpovídajících bodům s vyšším pořadovým číslem a bylo by tedy nutné mezi jednotlivými měřeními zachovat dostatečný časový odstup pro regeneraci těchto tkání. Tento způsob získávání dat by ale byl značně časově náročný.

8 ZÁVĚR

Výsledky prokázaly, že na bodech měřených bezprostředně po zátěži (body č. 1 - 6 a bod č. 8) došlo ke snížení prahu bolesti, tedy ke zvýšení dráždivosti nociceptorů. V případě tohoto experimentu se konkrétně jednalo o změnu tlaku o přibližně 100 - 160 kPa.

Dále bylo statisticky prokázáno, že dráždivost nociceptorů na jednotlivých šlachových poutkách skutečně koreluje s prevalencí poranění, ke kterým u těchto tkáňových struktur dochází. Průměrné hodnoty naměřené před zátěží v oblasti šlachových poutek ukazují na pravé i na levé ruce nejnižší práh bolesti v oblasti šlachových poutek A2, vyšší v oblasti poutek A3 a nejvyšší v oblasti poutek A4. V místech šlachových poutek, která mají nejvyšší prevalenci poranění byl práh dráždivosti nociceptorů nejnižší, zatímco v oblasti šlachových poutek, která bývají poraněna nejméně často, byl práh dráždivosti nociceptorů nejvyšší. Nejvíce signifikantní byly tyto výsledky na pravé ruce a to především na III. a IV. prstu.

V rámci experimentu byl také statisticky prokázán průměrně nižší práh bolesti u žen než u mužů a v rámci celé skupiny probandů byl prokázán vyšší práh bolesti na pravé horní končetině.

Na základě mnohých rozhovorů jsem dospěla k závěru, že především mezi mladými začínajícími lezci není příliš rozšířené povědomí o problematice přetěžování tkání rukou (popříp. horních končetin) při lezení a možných poraněních, ke kterým může touto cestou dojít. Ve snaze překonat co nejdříve lezecké cesty o stále vyšší obtížnosti tak často volí vysokou intenzitu tréninku, která ale neposkytuje dostatečný čas potřebný k adaptaci všech tkání. Dochází tak k chronickému přetěžování pomaleji se adaptujících struktur (především šlach a vazů), které většinou bývá ještě podpořeno účinky nezřídka přednostně používaného zavřeného úchopu.

Výsledky měření ukázaly, že i u jedinců, kteří zatím subjektivně nepocítují žádné obtíže, již dochází k reakci na tuto zátěž, projevující se především v oblasti prstů (resp. v místě šlachových poutek) změnou prahu bolesti. Důvodem této změny může být

jak snížení prahu dráždivosti nervových drah jako reakce na dlouhodobou stimulaci nociceptivními podněty, které při lezení na dané struktury působí, tak senzibilizace samotných nociceptorů z důvodu již vzniklých mikrotraumat tkáně. Vzhledem k tomu, že míra snížení prahu dráždivosti nociceptorů v oblasti šlachových poutek koreluje s prevalencí jejich poranění, můžeme uvažovat o tom, že tyto změny poukazují na dlouhodobý, objektivně prokazatelný vývoj, který těmto poraněním předchází a přitom po určitou dobu není provázen žádnými subjektivními příznaky (žádná z testovaných osob neuváděla v současné době žádné obtíže). Jakým směrem se bude tento proces dále vyvíjet, pak už závisí jen na tom, zda intenzita tréninku umožní tkáním potřebnou regeneraci a tedy možnost se zátěži přizpůsobit, nebo dojde k jejich poškození silami, kterým už nejsou schopny více odolávat.

Velký význam tak vidím především ve větší informovanosti lidí, kteří se lezení intenzivně věnují, o omezených možnostech a rozdílném tempu adaptace jednotlivých tkáňových struktur na tuto do jisté míry nepřirozenou zátěž a o možných následcích nerespektování této skutečnosti. Zásadním bodem je pak aktivní přístup v oblasti preventivních opatření, především dodržování optimální skladby a intenzity tréninku či aplikace konkrétních přístupů, které pomáhají negativní účinky této zátěže kompenzovat či vyrovnat.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ABDUL AZIZ, C. B., NIK ABDULLAH, N. M. Sex differences in pain. *The international medical journal*. 2005, roč. 4, č. 2, s. 87-93. ISSN 1341-2051
2. *Adaptace biologických systémů* [online]. poslední revize 10.1.2012 [cit. 2012-02-14] Dostupné z: <<http://www.fsps.muni.cz/czv/dokumenty/treneri/TST%201blok2.pdf>>.
3. ALVAREZ, D. J., ROCKWELL, P. G. Trigger Points: Diagnosis and management. *American family physician*. 2002, roč. 65, č. 4, s. 653-660. ISSN 0002-838X.
4. BACKE, S. et al. Rock climbing injury rates and associated risk factors in a general climbing population. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 2009, roč. 19, č. 6, s. 850-856. ISSN 1600-0838.
5. BENNETT, R. Myofascial pain syndromes and their evaluation. *Best practice & research clinical rheumatology*. 2007, roč. 21, č. 3, s. 427-445. ISSN 1521-6942.
6. BOLLEN, S. R. Injury to the A2 Pulley in Rock Climbers. *Journal of hand surgery (European volume)*. 1990, roč. 15, č. 2, s. 268-270. ISSN 0266-7681.
7. BRIGGS, E. Understanding the experience and physiology of pain. *Nursing standard*, 2010, roč. 25, č. 3, s. 35-39. ISSN 0029-6570.
8. CONNOR, J., AMIROUCHE, F., GONZALEZ, M. Understanding the kinematics and dynamics of the digit. *The journal of bone and hand surgery*. 2009, roč. 91, č. 6, s. 74-78. ISSN 1535-1386.
9. CUMMINGS, M., BALDRY, P. Regional myofascial pain : diagnosis and management. *Best practice & research clinical rheumatology*. 2007, roč. 21, č. 2, s. 367-387. ISSN 1521-6942.
10. ČIHÁK, R. *Anatomie I*. 2. vydání. Praha : Grada, 2001. 516 s. ISBN 80-7169-970-5.
11. DAO, T. T., et al. Gender differences in pain. *Journal of orofacial pain*, 2000, roč. 14, č. 3, s. 169-184. ISSN 1064-6655.
12. DONATH, L. Work-relief ratios and imbalances of load application in sport climbing : Another link to overuse-induced injuries?. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*. 2011, s.1-9. ISSN 1600-0838 [online]. c2011 [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://www.researchgate.net/publication/51806368_Work-relief_ratios_and_imbalances_of_load_application_in_sport_climbing_Another_link_to_overuse-induced_injuries>.

13. DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2009. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
14. DYLEVSKÝ, I., DRUGA, R., MRÁZKOVÁ, O. *Funkční anatomie člověka*. 1. vydání. Praha : Grada, 2000. 664 s. ISBN 80-716-9681-1.
15. EDELL, David. *Finger Injuries* [online]. c2000, poslední revize 24.10.2009 [cit.2012-10-15]. Dostupné z: <http://www.athleticadvisor.com/Injuries/UE/Finger/finger_injuries.htm>.
16. FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, C. et al. Manual therapies in myofascial trigger point treatment : a systematic review. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2005, roč. 9, č. 1, s. 27-34. ISSN 1360-8592.
17. FISCHER, A. Pressure algometry over normal muscles : Standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain*. 1987, roč. 30, č. 1, s. 115-126. ISSN 0304-3959.
18. FRANK, T., KUBLÁK, T. a kol. *Horolezecká abeceda*. 1. vydání. Praha : Epoque, 2007. 663 s. ISBN 978-80-87027-35-6.
19. FRYER, G., CARUB, J. - McIVER, S. The effect of manipulation and mobilisation on pressure pain thresholds in the thoracic spine. *Journal of osteopathic medicine*. 2004, roč. 7, č. 1, s. 8-14. ISSN 1443-8461.
20. FRYER, G., HODGSON, L. The effect of manual pressure release on myofascial trigger points in the upper trapezius muscle. *Bodywork and journal of movement therapies*. 2005, roč. 9, č. 4, s. 248-255. ISSN 1360-8592.
21. GAMBRELL, C. Overuse syndrome and the unilateral upper limb amputee : consequences and prevention. *Journal of prosthetics & orthotics*. 2008, roč. 20, č. 3, s. 126-132. ISSN 1040-8800.
22. GANNAWAY, J. *Treatment and prevention of overuse hand injuries to rock climbing in Chattanooga and its surrounding area* [online]. c2003 [cit. 2012-10-15]. Dostupné z: <<http://www.utc.edu/Administration/DepartmentalHonors/GannawayJ.pdf>>.
23. GEMMEL, H., HILLAND, A. Immediate effect of electric point stimulation (TENS) in treating latent upper trapezius trigger points : A double blind randomised placebo-controlled trial. *Journal of bodywork & movement therapies*. 2011, 15, č. 3, s. 348-354. ISSN 1360-8592.
24. HEBELKOVÁ, M. *Léčba a rehabilitace po úrazech prstů ruky při sportovním lezení* [online]. c2006 [cit. 2012-09-23]. Dostupné z: <<http://www.lezec.cz/clanky.php?key=5341>>.
25. HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. 1. vydání. Praha : Portál, 2004. 583 s. ISBN 80-717-8820-1.

26. HENDL, J., BLAHUŠ, P. *Metodologie výzkumné práce* [online]. c2010 [cit.2012-10-11]. Dostupné z: <<http://www.ftvs.cuni.cz/hendl/metodologie/index1.htm>>.
27. HODGSON, J. *Common Climbing Finger Injuries : The A2 Pulley* [online]. c2011, poslední revize 6.5.2011 [cit.2012-10-12]. Dostupné z: <<http://physiobench.com/articles/66/Common-Climbing-Finger-Injuries-the-A2-Pulley>>.
28. HOCHHOLZER, T., SCHÖFFL V. et al. *One Move Too Many : How to Understand the Injuries and Overuse Syndroms of Rock Climbing*. 1. vydání. Lochner-Verlag, 2003. 230 s. ISBN 978-3928026208.
29. HOLTZHAUSEN, L. M., NOAKES, T. Elbow, Forearm, Wrist, and Hand Injuries Among Sport Rock Climbers. *Clinical journal of sport medicine*. 1996, roč. 6, č. 3, s. 196-203. ISSN 1536-3724.
30. HÖRST, E. J. *Finger Tendon Pulley Injury* [online]. c2008 [cit.2012-10-14]. Dostupné z: <<http://www.nicros.com/training/articles/finger-tendon-pulley-injury/>>.
31. HUDSPITH, M. J., SIDDALL, P. J., MUNGLANI, R. Physiology of pain. *Foundations of Anesthesia*. [online]. c2006 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.philippefevre.com/downloads/basic_sciences_articles/pain-and-analgesia/nociception.pdf>.
32. CHESTERTON, L. S. et al. Gender differences in pressure pain threshold in healthy humans. *Pain*. 2003, roč. 101, č. 3, s. 259–266. ISSN 0304-3959.
33. CHESTERTON, L. S. et al. Interrater reliability of algometry in measuring pressure pain thresholds in healthy humans, using multiple raters. *The clinical journal of pain*. 2007, Roč. 23, č. 9, s. 760 -766. ISSN 0749-8047.
34. ISSELÉE H. et al. Pressure-pain threshold variation in temporomandibular disorder myalgia over the course of the menstrual cycle. *Journal of orofacial pain*. 2002, roč. 16, č. 2, s. 105-117. ISSN 1064-6655.
35. JANDOVÁ, D. a kol. Bolest. *Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů : Portál 3. lékařské fakulty UK* [online]. c2011, poslední revize 3.3.2011 [cit. 2013-04-06] Dostupné z: <<http://portal.lf3.cuni.cz/clanky.php?aid=77>>.
36. KLAUSER, A. et al. Diagnostik von Überlastungsschäden bei Sportkletterern. *Der Radiologe*. 2002, roč. 42, č. 10, s. 788-798. ISSN 0033-832X.
37. KOZÁK, J., ČERNÝ, R., BOJAR, M. Neuropatická bolest – přehled současných diagnostických možností a farmakoterapie. *Remedia*. [online]. c2002 [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <<http://www.remédia.cz/Clanky/Farmakoterapie/Neuropaticka-bolest-prehled-soucasnych-diagnosticky-ch-moznosti-a-farmakoterapie/6-L-g9.magarticle.aspx>>.

38. KUBIAK, E N., KLUGMAN, J. A., BOSCO, J. A. Hand injuries in rock climbers. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*. 2006, roč. 64, č. 3, s. 172-177. ISSN 1936-9719.
39. KUBLÁK, T. *Horolezecká metodika* [online]. [cit. 2012-09-16]. Dostupné z: <<http://www.horolezeckametodika.cz/horolezectvi/horolezectvi-a-sport/volne-lezeni>>.
40. LITTLEJOHN, G. *Musculoskeletal pain* [online]. c2005 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.rcep.ac.uk/journal/issue/journal_35_4/Littlejohn.pdf>.
41. LOGAN, G. *Closed grips vs. open grips in rock climbing* [online]. c2011, poslední revize 14.6.2011 [cit.2012-09-15]. Dostupné z: <<http://logang.hubpages.com/hub/Closed-Grips-and-Open-Grips-in-Rock-Climbing>>.
42. MACLEOD, D. *Pulley injuries* [online]. c2010, poslední revize 4.5.2010 [cit.2012-10-12]. Dostupné z: <<http://onlineclimbingcoach.blogspot.cz/2010/05/pulley-injuries-article.html>>.
43. MAITLAND, M. Injuries associated with rock climbing. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 1992, roč. 16, č. 2, s.68-73. ISSN 0190-6011.
44. *Manuál sportovního lezení* [online]. c2004 [cit.2012-10-15]. Dostupné z: <<http://old.livepla.net/verticalmagnet/praxe/manualsportlezeni/>>.
45. MASS, D. P. *Early Repairs of Flexor Tendon Injuries* [online]. c2004, [cit.2012-09-15]. Dostupné z: <<http://www.msdlatinamerica.com/ebooks/HandSurgery/sid530149.html>>.
46. MELZACK, R. *Záhada bolesti* . Praha : Avicenum , 1978. 188 s. ISBN 08-041-78.
47. MOTOČ, D. et al. Physiology of pain—general mechanisms and individual differences. *Jurnal Medical Aradean (Arad Medical Journal)*. 2010, roč. 13, č. 4, s. 19-23. ISSN 2067-7790.
48. NETTER, F. H. *Anatomický atlas člověka*. Praha : Grada, 2003. 525 s. ISBN 80-247-0517-6.
49. NUSSBAUM, E. L., DOWNES, L. Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements Obtained on consecutive days. *Physical therapy*. 1998, roč. 78, č. 2, s. 160-169. ISSN 0031-9023.
50. OBTULOVIČ, T. *Zdravotní aspekty sportovního lezení II* [online]. c2007 [cit. 2012-10-02]. Dostupné z: <<http://cs.euroclimbing.com/?p=102>>.
51. PALASTANGA, N., SOAMES, R. W. *Anatomy and Human Movement*. 4. vydání. Elsevier Science, 2002. 677 s. ISBN 0-7506-5241-1.
52. *Patobiomechanika a patokinesiologie - kompendium* [online]. [cit. 2012-09-12]. Dostupné z: <<http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpbk/kompendium/anatomie/index.php>>.

53. PAVLÍK, J.: *Aplikovaná statistika*. 1. vyd. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005. 173 s. ISBN 80-7080-569-2.
54. PAVLÍK, T. *Přednáška VII : Úvod do testování hypotéz* [online]. [cit.2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.iba.muni.cz/esf/res/file/bimat-prednasky/biostatistika-pro-matematickou-biologii/BpMB-07.pdf>>.
55. PATEL, N. B. Physiology of pain. *Guide to Pain Management in Low-Resource Settings*. [online]. c2010 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.uitbs.org.rs/materijal/2010_1115/Kopf_A.pdf#page=25>.
56. PAULI, P., WIEDEMANN, G., NICKOLA M. Pressure pain thresholds asymmetry in left- and right-handers: Associations with behavioural measures of cerebral laterality. *European journal of pain*. 1999, roč. 3, č. 2, s. 151-156. ISSN 1532-2149.
57. PAULÍK K. *Psychologie lidské odolnosti*. 1. vydání. Praha : Grada, 2010, 240 s. ISBN 978-80-247-2959-6.
58. PETERS, P. Orthopedic problems in sport climbing. *Wilderness and environmental medicine*. 2001, roč. 12, č. 2, s. 100-110. ISSN 1080-6032.
59. PIEBER, K. et al. Acute injuries and overuse syndromes in sport climbing and bouldering in Austria : a descriptive epidemiological study. *Wiener klinische Wochenschrift*. 2012, roč. 124, č. 11, s. 357-362. ISSN 1613-7671.
60. POLIANSKIS, R., GRAVEN-NIELSEN, T., ARENDT-NIELSEN, L. Computer-controlled pneumatic pressure algometry : a new technique for quantitative sensory testing. *European journal of pain*. 2001, roč. 5, č. 3, s. 267-277. ISSN 1754-3207.
61. POTTER, L., McCARTHY, C., OLDHAM, J. Algometer reliability in measuring pain pressure threshold over normal spinal muscles to allow quantification of anti-nociceptive treatment effects. *International journal of osteopathic medicine*. 2006, roč. 9, č. 4, s. 113-119. ISSN 1746-0689.
62. *První pohyby po stěně* [online]. [cit.2012-09-30]. Dostupné z: <<http://www.boulder.cz/bb/struktura.php?s=prvni-pohyby-po-stene&stid=72>>.
63. PUD, D., GOLAN, Y., PESTA, R. Hand dominance - a feature affecting sensitivity to pain. *Neuroscience Letters*. 2009, roč. 467, č. 3, s. 237-240. ISSN 0304-3940.
64. REEVES, J. L., JAEGER, B., GRAFF-RADFORDA, S. B. Reliability of the pressure algometer as a measure of myofascial trigger point sensitivity. *Pain*. 1986, roč. 24, č. 3, s. 313-321. ISSN 0304-3959.
65. ROHRBOUGH, J. T., MUDGE, M. K., SCHILLING, R. C. Overuse injuries in the elite rock climber. *Medicine & science in sports & exercise*. 2000, roč. 32, č. 8, s. 1369-1372. ISSN 0195-9131.
66. ROTMAN, I. *Poškození prstů rukou v horolezectví* [online]. c2004 [cit. 2012-10-04]. Dostupné z: <<http://www.horosvaz.cz/res/data/004/003939.pdf>>.

67. SHAHRAM, A., FARZAD, A., REZA, R. A study on the prevalence of muscular-skeleton injuries of rock climbers. *Physical education and sport*. 2007, roč. 5, č. 1, s. 1-7. ISSN 2247 – 806X.
68. SCHÖFFL, I. A new measuring technique for determining the forces acting on the pulley system of the finger. *Sports technology*. 2009, roč. 2, č. 1-2, s. 32-38. ISSN 1934-6190.
69. SCHÖFFL, I. et al. The influence of concentric and eccentric loading on the finger pulley system. *Journal of biomechanics*. 2009, roč. 42, č. 13, s. 2124-2128. ISSN 0148-0731.
70. SCHÖFFL, I. The influence of the crimp and slope grip position on the finger pulley system. *Journal of biomechanics*. 2001, roč. 42, č. 13, s. 2183-2187. ISSN 0021-9290.
71. SCHÖFFL, V. et al. Evaluation of injury and fatality risk in rock and ice climbing. *Sports medicine*. 2010, roč. 40, č. 8, s. 657-679. ISSN 0112-1642.
72. SCHÖFFL, V. et al. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness and environmental medicine*. 2003, roč. 14, č. 2, s. 94-100. ISSN 1080-6032.
73. SCHÖFFL, V., SCHÖFFL, I. Injuries to the finger flexor pulley system in rock climbers : current concepts. *Journal of hand surgery*. 2006, roč. 31, č. 4, s. 647-654. ISSN 0363-5023.
74. SCHWEIZER, A. Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of biomechanics*. 2001, roč. 34, č. 2, s. 217-223. ISSN 0021-9290.
75. SCHWEIZER, A. Biomechanics of the interaction of finger flexor tendons and pulleys in rock climbing. *Sports technology*. 2008, roč. 1, č. 6, s. 249-256. ISSN 1934-6190.
76. SCHWEIZER, A., HUDEK, R. Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *Journal of applied biomechanics*. 2011, roč. 27, č. 2, s. 116-121. ISSN 1543-2688.
77. SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS, A. *Atlas fyziologie člověka*. 3. vydání. Praha : Grada, 2004. 448 s. ISBN 80-247-0630-X.
78. SIMONS, D. G., SIMONS, L. S., TRAVELL, J. G. *Myofascial pain and dysfunction : the trigger point manual vol. 1 : The upper extremities*. 2. vydání. United States : Lippincott, Williams & Wilkins, 1998. 1056 s. ISBN 0683083635.
79. SJÖLUND, B. H., PERSSON, A. L. Pressure pain threshold changes after repeated mechano-nociceptive stimulation of the trapezius muscle: possible influence of previous pain experience. *The journal of pain*. 2007, roč. 8, č. 4, s. 355-362. ISSN 1526-5900
80. *Somedic Sales : Algometer* [online]. c2002, poslední revize 18.10.2004 [cit.2012-09-12]. Dostupné z: <<http://www.somedic.se/article.php?13>>.

81. SYLVESTER, A. D. Factors influencing osteological changes in the hands and fingers of rock climbers. *Journal of anatomy*. 2006, roč. 209, č. 5, s. 597-609. ISSN 1469-7580.
82. ŠTAIF, R. *Molekulárně-genetická podstata odlišného vnímání akutní bolesti : rigrózní práce*. Brno : Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení srovnávací fyziologie živočichů a obecné zoologie, 2006. 75 l. [online]. c2006 [cit. 2013-03-07]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/12484/prif_r/Rigorozni_prace.txt>.
83. *The trigger point & referred pain guide* [online]. c2012 [cit.2012-09-13]. Dostupné z: <<http://www.triggerpoints.net/triggerpoints/flexor-digitorum-superficialis-and-protundus.htm>>.
84. TIMM, C. A. *The effect of training pattern on overuse injuries among rock climbers* [online]. c2000 [cit. 2012-10-24]. Dostupné z: <http://scholarworks.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3068&context=etd_theses>
85. TRAN, V. *What to know about rock climbing injuries and how to prevent them* [online]. [cit. 2012-10-24]. Dostupné z: <http://spineandbodyny.com/article/what_to_know_about_rock_climbing_injuries_and_how_to_prevent_them>
86. *Trénink sportovního lezce II : trénink maximální síly* [online]. c2006, poslední revize 28.8.2006 [cit.2012-09-14]. Dostupné z: <<http://www.sportovniweb.com/view.php?cisloclanku=2006082801>>.
87. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. 4. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. 771 s. ISBN 80-2470-512-5
88. ULMONOVÁ, S. Rekonstrukce šlachových poutek A2 a A4 [online]. c2009 [cit. 2013-02-21]. Dostupné z: <<http://www.lezec.cz/clanky.php?key=8091>>.
89. VAUGHAN, B., MCLAUGHLIN P., GOSLING C. Validity of an electronic pressure algometer. *International journal of osteopathic medicine*. 2007, roč. 10, č. 1, s. 24-28. ISSN 1746-0689.
90. VÉLE, F. *Kineziologie*. 2. vydání. Praha : Triton, 2007. 376 s. ISBN 80-7254-837-9.
91. VIGOUROUX, L. et al. Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing : a biomechanical explanation. *Clinical biomechanics*. 2008, roč. 23, č. 5, s. 562-570. ISSN 0268-0033.
92. VISSCHER, C. M., LOBBEZOO, F., NAEIJE, M. Comparison of algometry and palpation of temporomandibular disorder pain complaints. *Journal of orofacial pain*. 2004, roč. 18, č. 3, s. 214-219. ISSN 1064-6655.
93. VODVÁŘKA, T. Úžinové syndromy. *Interní medicína pro praxi*. 2005, roč. 2, č. 4, s. 74-80. ISSN 1212-7299.

94. WIESENFELD-HALLIN, Z. Sex differences in pain perception. *Gender medicine*. 2005, roč. 2, č. 3, s.137-145. ISSN 1550-8579.
95. WRIGHT, D., ROYLE, T., MARSHALL, T. Indoor rock climbing : who gets injured?. *British journal of sports medicine*. 2001, roč. 35, č. 3, s. 181-185. ISSN 1473-0480.
96. YLINEN, J. et al. Evaluation of repeatability of pressure algometry on the neck muscles for clinical use. *Manual Therapy*. 2007, roč. 12, č. 2, s. 192-197. ISSN 1356-689X.
97. ZVÁRA, K. *Biostatistika*. Praha : Karolinum, 2008. 213 s. ISBN 978-80-246-0739-9
98. ZVÁROVÁ, J. *Základy statistiky pro biomedicínské obory*. Praha : Karolinum, 2011. 219 s. ISBN 978-80-246-1931-6.

10 PŘÍLOHY

Seznam příloh

- Příloha č. 1** Vyjádření etické komise UK FTVS
- Příloha č. 2** Informovaný souhlas (vzor)
- Příloha č. 3** Přehled základních typů úchopu v lezení
- Příloha č. 4** Dotazník pro účastníky projektu
- Příloha č. 5** Rozdíl prahu bolesti mužů a žen (tabulka)
- Příloha č. 6** Rozdíl prahu bolesti na pravé a na levé horní končetině (tabulka)
- Příloha č. 7** Použité statistické metody
- Příloha č. 8** Seznam obrázků
- Příloha č. 9** Seznam tabulek
- Příloha č. 10** Seznam grafů

Příloha č. 1: Vyjádření etické komise UK FTVS



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín
tel.: 220 171 111
http://www.ftvs.cuni.cz/

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Algometrická analýza vlivu zavřeného úchopu na měkké tkáně v oblasti ruky a předloktí

Forma projektu: diplomová

Autor: Bc. Hana Vávrová

Školitel: MUDr. David Pánek

Popis projektu

Projekt diplomové práce se zabývá výzkumem vlivu zatížení ruky zavřeným úchopem na měkké tkáně v oblasti ruky při sportovním lezení. Jako objektivizační metoda je použit tlakový algometr, pomocí něhož je hodnocen práh bolesti a jeho změny před a po předem definované zátěži. Součástí projektu je také vyplnění dotazníku, jehož cílem je zhodnotit vliv některých faktorů na vnímání bolesti a změny citlivosti tkání ruky.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

Riziko poškození šlachových poutek a jiných tkání během experimentu bylo minimalizováno aplikací přiměřené zátěže (tzn. rozehřátí před zátěží, vynechání dynamických kroků, časové omezení zátěže).

Etické aspekty výzkumu

Výsledky ani osobní data nebudou zneužity.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 15. 11. 2012

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartáňková, CSc.

Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.

Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 0186/2012

dne: 23. 11. 2012

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

razítka školy
UNIVERZITA KARLOVA V Praze
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

1

podpis předsedy EK

Příloha č. 2: Informovaný souhlas (vzor)

Informovaný souhlas

Výzkumný projekt: Algometrická analýza vlivu zavřeného úchopu na měkké tkáně v oblasti ruky a předloktí (diplomová práce)

Období realizace: 2012

Řešitel projektu: Bc. Hana Vávrová

Cílem projektu je zhodnocení vlivu jednorázového zatížení ruky zavřeným úchopem na měkké tkáně v oblasti ruky a předloktí. Experiment bude probíhat ve třech fázích. V první fázi bude provedeno měření prahu bolesti na předem definovaných 21 (resp. 42) bodech v oblasti pravé i levé ruky a předloktí. V druhé fázi budete požádán/a o provedení zatížení obou rukou zavřeným úchopem po stanovenou dobu a ve třetí fázi bude zopakováno měření odpovídající první fázi. Součástí výzkumu je i vyplnění dotazníku, jehož účelem je zkoumání možného vlivu některých faktorů na vnímání bolesti v měřené oblasti.

Jedná se o neinvazivní metodu měření. Měření bude realizováno pomocí tlakového algometru - přístroje, jež měří citlivost tkání na tlak. Tlak, který budu skrze měřící tyčinku na Vaše ruce aplikovat bude od minimálního tlaku postupně zvyšován až do chvíle, kdy se změní v pocit bolesti. V tomto okamžiku bude na Váš pokyn další zvyšování tlaku zastaveno a naměřená hodnota zaznamenána.

Celé měření včetně vyplnění dotazníku bude trvat přibližně 30 - 40 minut. Jedná se o jednorázovou spolupráci.

Prohlášení

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitelka projektu mne informovala o podstatě výzkumu a seznámila mne s cíli a metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami a riziky, které pro mne z účasti na projektu vyplývají. Souhlasím s tím, že všechny získané údaje budou použity jen pro účely výzkumu a že výsledky výzkumu mohou být anonymně publikovány.

Měl/a jsem možnost vše si řádně, v klidu a v dostatečně poskytnutém čase zvážit, měl/a jsem možnost se řešitele/ky zeptat na vše, co jsem považoval/a za pro mne podstatné a potřebné vědět. Na tyto mé dotazy jsem dostal/a jasnou a srozumitelnou odpověď. Jsem informován/a, že mám možnost kdykoliv od spolupráce na projektu odstoupit, a to i bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba (nebo zákonný zástupce) a druhý řešitel projektu.

Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte prosím podpis, kterým vyslovujete souhlas s výše uvedeným prohlášením.

V _____, dne _____

Jméno a příjmení řešitele projektu: _____ podpis: _____

Jméno a příjmení účastníka projektu: _____ podpis: _____

Příloha č. 3: Přehled základních typů úchopu v lezení

Základní typy chytů (úchopu)



1



2



3



4



5a



5b



6



7



8

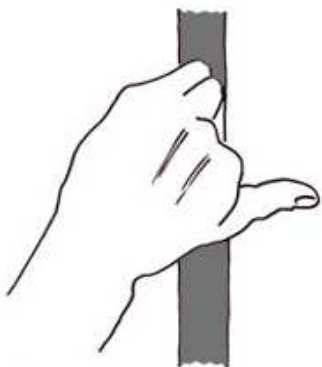
Legenda k obrázkům: 1 = horní chyt, 2 = boční chyt, 3 = dolní chyt, 4 = madlo, 5a = prstový chyt otevřený, 5b = prstový chyt zavřený, 6 = kapsový úchop (pocket grip), 7 = úchop na stisk (pinch grip), 8 = svislý úchop (en pointe) [24]



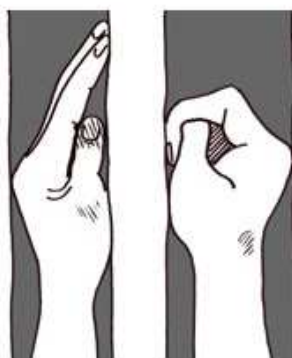
9



10



11a



11b



11c



11d

Legenda k obrázkům: 9 = úchop na tření (rajbasy, smearing), 10 = chyt na tlak, 11a-d = spárový úchop; 11a = prstová spára, 11b = spára na žábu a na pěst, 11c = spára na paži, 11d = spára na loket [24]

Příloha č. 4: Informační dotazník pro účastníky projektu

Dotazník pro účastníky projektu

1. Pohlaví: M / Ž
2. Věk:
3. Hmotnost:
4. Dominantní končetina: P / L
5. Jak dlouho se věnujete lezení?
6. Obvyklá obtížnost zdolávaných cest (dle klasifikační stupnice UIAA):
7. Frekvence lezení (týdně):
8. Průměrná délka jednoho tréninku:
9. Popište, prosím, obvyklý průběh vašeho tréninku (rozehřátí, protažení apod.).
10. Utrpěl/a jste někdy nějaké poranění (úraz nebo z přetížení) v souvislosti s lezením? Pokud ano, uveďte prosím, kde a o jaké poranění šlo.
11. Kdy ke zranění došlo? Pokud ke zranění došlo opakovaně, uveďte prosím všechna data.
12. Zanechalo uvedené poranění nějaké (trvalé) následky? Pokud ano, uveďte prosím jaké.
13. Prodělal/a jste během života jiné úrazy či operace na horní končetině? Pokud ano, uveďte prosím, které a kdy.
14. Věnujete se intenzivně ještě nějakému jinému sportu? Pokud ano, uveďte prosím, kterému a jak dlouho.
15. Provádíte nějaké cílené kompenzační cvičení (např. posilování extenzorových svalových skupin apod.)? Pokud ano, popište je, prosím.

Příloha č. 5: Rozdíl prahu bolesti mužů a žen (tabulka)

Rozdíl prahu bolesti mužů a žen (měřeno před zátěží u všech probandů)

Číslo bodu	Průměr muži	Průměr ženy	Rozdíl	P-value	Významnost
1	1526,09	1223,40	302,69	0,066	
2	1494,61	1388,20	106,41	0,291	
3	1516,35	1271,00	245,35	0,128	
4	1625,57	1378,80	246,77	0,164	
5	1549,61	1388,00	161,61	0,239	
6	1481,74	1258,00	223,74	0,109	
7	1618,13	1396,20	221,93	0,118	
8	1441,91	1231,40	210,51	0,114	
9	1355,13	1119,60	235,53	0,043	*
10	1542,43	1197,00	345,43	0,038	*
11	1380,22	1174,60	205,62	0,127	
12	1420,87	1176,00	244,87	0,066	
13	1096,57	813,40	283,17	0,032	*
14	1445,43	1095,00	350,43	0,014	*
15	1471,00	1222,40	248,60	0,031	*
16	1475,83	1249,00	226,83	0,137	
17	1603,13	1124,60	478,53	0,001	**
18	1112,26	824,60	287,66	0,038	*
19	998,26	664,80	333,46	0,009	**
20	994,52	806,00	188,52	0,021	*
21	792,70	578,80	213,90	0,020	*
22	1415,48	1206,20	209,28	0,107	
23	1289,96	1218,00	71,96	0,343	
24	1262,04	1114,20	147,84	0,221	
25	1493,78	1282,00	211,78	0,158	
26	1367,52	1087,40	280,12	0,059	
27	1343,87	1035,40	308,47	0,041	*
28	1434,61	1218,80	215,81	0,154	
29	1288,96	1081,40	207,56	0,126	
30	1278,61	997,20	281,41	0,052	
31	1324,13	1076,20	247,93	0,083	
32	1285,74	1062,60	223,14	0,128	
33	1259,39	964,00	295,39	0,036	*
34	1020,87	779,60	241,27	0,009	**
35	1310,61	1128,80	181,81	0,070	
36	1271,17	1063,40	207,77	0,054	
37	1343,43	1063,60	279,83	0,034	*
38	1433,52	1075,80	357,72	0,017	*
39	1045,83	716,00	329,83	0,003	**
40	1075,13	696,80	378,33	0,003	**
41	897,57	693,20	204,37	0,072	
42	831,39	516,00	315,39	0,000	***

Legenda k tabulce: * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$), výsledek je statisticky středně významný ($p < 0,01$), výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$)

Pozn.: jedná se o průměr hodnot naměřených na daných bodech u všech probandů před zátěží.

Příloha č. 6: Rozdíl prahu bolesti na pravé a na levé horní končetině (tabulka)

Rozdíl prahu bolesti na pravé a na levé horní končetině (měřeno před zátěží u všech probandů)

MUŽI						
Číslo bodu	Průměr-PHK	Číslo bodu	Průměr-LHK	Rozdíl	P-value	Významnost
1	1526,09	22	1415,48	110,61	0,153	
2	1494,61	23	1289,96	204,65	0,007	**
3	1516,35	24	1262,04	254,30	0,001	***
4	1625,57	25	1493,78	131,78	0,024	*
5	1549,61	26	1367,52	182,09	0,003	**
6	1481,74	27	1343,87	137,87	0,013	*
7	1618,13	28	1434,61	183,52	0,003	**
8	1441,91	29	1288,96	152,96	0,011	*
9	1355,13	30	1278,61	76,52	0,075	
10	1542,43	31	1324,13	218,30	0,002	**
11	1380,22	32	1285,74	94,48	0,039	*
12	1420,87	33	1259,39	161,48	0,006	**
13	1096,57	34	1020,87	75,70	0,062	
14	1445,43	35	1310,61	134,83	0,015	*
15	1471,00	36	1271,17	199,83	0,002	**
16	1475,83	37	1343,43	132,39	0,051	
17	1603,13	38	1433,52	169,61	0,005	**
18	1112,26	39	1045,83	66,43	0,116	
19	998,26	40	1075,13	-76,87	0,061	
20	994,52	41	897,57	96,96	0,049	*
21	792,70	42	831,39	-38,70	0,197	

ŽENY						
Číslo bodu	Průměr-PHK	Číslo bodu	Průměr-LHK	Rozdíl	P-value	Významnost
1	1223,40	22	1206,20	17,20	0,420	
2	1401,80	23	1218,00	183,80	0,125	
3	1271,00	24	1114,20	156,80	0,273	
4	1378,80	25	1282,00	96,80	0,324	
5	1388,00	26	1087,40	300,60	0,050	*
6	1258,00	27	1035,40	222,60	0,079	
7	1396,20	28	1218,80	177,40	0,174	
8	1231,40	29	1081,40	150,00	0,047	*
9	1119,60	30	997,20	122,40	0,202	
10	1197,00	31	1076,20	120,80	0,094	
11	1174,60	32	1062,60	112,00	0,208	
12	1176,00	33	964,00	212,00	0,011	*
13	813,40	34	779,60	33,80	0,315	
14	1095,00	35	1128,80	-33,80	0,310	
15	1222,40	36	1063,40	159,00	0,000	***
16	1249,00	37	1063,60	185,40	0,100	
17	1124,60	38	1075,80	48,80	0,302	
18	824,60	39	716,00	108,60	0,044	*
19	664,80	40	696,80	-32,00	0,258	
20	806,00	41	693,20	112,80	0,100	
21	578,80	42	516,00	62,80	0,154	

Legenda k tabulce: PHK = pravá horní končetina, LHK = levá horní končetina, * = výsledek je statisticky významný ($p < 0,05$), výsledek je statisticky středně významný ($p < 0,01$), výsledek je statisticky velmi významný ($p < 0,001$)

Pozn.: jedná se o průměr hodnot naměřených na daných bodech u všech probandů před zátěží.

Příloha č. 7: Použité statistické metody

Studentův t-test

Studentův t-test (jinak též studentovo t rozdělení, test významnosti nebo test signifikance) je jednou z nejčastěji používaných metod pro ověřování statistických hypotéz. Slouží k testování statistické významnosti rozdílu středních hodnot dvou souborů dat, která byla získána měřením u dvou různých skupin objektů. V závislosti na datech, která jsou k dispozici a na účelu výpočtu se pak používá buď jednovýběrového nebo dvouvýběrového (nepárového) či párového t-testu.

Jednovýběrový t-test se používá v případech, kdy je v dané skupině objektů měřena určitá spojitá veličina (např. hmotnost, výška, věk atd.) a účelem výpočtu je zjistit, zda se střední hodnota naměřených dat shoduje s danou hodnotou. Porovnává tedy střední hodnotu tohoto souboru se známou konstantou (očekávanou hodnotou).

Dvouvýběrový (nepárový) t-test se používá se pro porovnání rozdílu dvou výběrů v určité vlastnosti (průměrná hmotnost, průměrná výška prahu bolesti atd.). Tento test pak porovnává střední hodnoty těchto dvou (náhodných, nezávislých) výběrů.

Párový t-test je používán pro výpočty signifikance rozdílu párových hodnot – zjišťuje, zda je tento rozdíl roven dané hodnotě (většinou nule) tím, že porovnává střední hodnoty mezi prvními a druhými prvky uspořádaných dvojic. Jedná se o náhodný výběr dvojic veličin, mezi kterými není navzájem žádná závislost. Předpokladem je ale naopak závislost mezi veličinami uvnitř dvojice.

Zda je daný rozdíl signifikantní nebo ne, určuje **hladina významnosti statistického testu**. Ta je dána hodnotou p (p-value):

$p < 0,05$ = statisticky významný; značeno *

$p < 0,01$ = statisticky středně významný; značeno **

$p < 0,001$ = statisticky vysoce významný; značeno ***

Lineární regrese

Lineární regrese je jednou z nejčastěji používaných funkcí umožňujících popis a hodnocení korelačních vztahů mezi dvěma veličinami (nezávisle proměnnou X a závisle proměnnou Y). Je možné skrze ní určit míru závislosti těchto veličin, zdali rostou nebo klesají obě ve stejném směru, popříp. jedna roste a druhá klesá a případně vyjádřit tento vztah přímkou. V podstatě odpovídá výpočtu korelačního koeficientu ovšem s tím rozdílem, že v případě výpočtu korelačního koeficientu jsou obě veličiny náhodné, zatímco předpokladem pro výpočet lineární regrese je, že obě veličiny jsou spojité [25, 53, 54, 97, 98].

Příloha č. 8: Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Šlachová poutka flexorů prstů.....	16
Obrázek č. 2: Ukázky zavřeného úchopu.....	22
Obrázek č. 3: Ukázky zavřeného úchopu.....	22
Obrázek č. 4: Ukázky otevřeného úchopu.....	23
Obrázek č. 5: Ukázky otevřeného úchopu.....	23
Obrázek č. 6: Ukázky polozavřeného úchopu.....	24
Obrázek č. 7: Ukázky polozavřeného úchopu.....	24
Obrázek č. 8: Zesílení dorzálního kortexu středního článku prstu.....	29
Obrázek č. 9: Zesílení kortexu v oblasti úponů šlach FDS a FDP.....	29
Obrázek č. 10: Parciální a úplná ruptura šlachového poutka A2 a vznik tětiny.....	35
Obrázek č. 11: Ukázka tětiny při ruptuře šlachového poutka A2.....	36
Obrázek č. 12: Zobrazení pomocí MRI - zdravý prst.....	37
Obrázek č. 13: Zobrazení pomocí MRI - ruptura poutka A2.....	37
Obrázek č. 14: Zobrazení pomocí MRI - ruptura poutka A2 a A3 a vznik tětiny....	37
Obrázek č. 15: Mechanismus vzniku lumbrical shift syndromu.....	42
Obrázek č. 16: Elektronický tlakový algometr.....	60
Obrázek č. 17: Schéma měřených bodů.....	62

Příloha č. 9: Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Minimální čas potřebný k adaptaci jednotlivých tkání.....	28
Tabulka č. 2: Prevalence poranění v oblasti ruky.....	34
Tabulka č. 3: Klasifikace poranění šlachových poutek dle Schoffla, Hochholzera a Winkelmana.....	38
Tabulka č. 4: Terapeutický postup u poškození šlachových poutek dle závažnosti stavu.....	39
Tabulka č. 5: Průměrná hodnota změny prahu bolesti (v kPa) před zátěží a po zátěži u všech probandů na daných bodech.....	65
Tabulka č. 6: Test lineární regrese.....	68
Tabulka č. 7: Průměrný rozdíl naměřených hodnot prahu bolesti mezi jednotlivými šlachovými poutky u všech probandů.....	70
Tabulka č. 8: Srovnání prahu bolesti mužů a žen (měřeno před zátěží u všech probandů).....	71
Tabulka č. 9: Srovnání prahu bolesti na pravé a na levé horní končetině (měřeno před zátěží u všech probandů).....	73

Příloha č. 10: Seznam grafů

Graf č. 1: Velikost změn prahu bolesti po zátěži u všech probandů.....	64
Graf č. 2: Velikost změn prahu bolesti po zátěži u všech probandů; přímka lineární regrese.....	69
Graf č. 3: Průměrný práh bolesti měřený před zátěží u všech probandů v oblasti šlachových poutek.....	77
Graf č. 4: Průměrný práh bolesti naměřený na daných bodech u mužů a u žen: rozdíl mezi pravou a levou horní končetinou u všech probandů.....	74