



Středoškolská technika 2025

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Svalová činnost při sportovním lezení

Malvína Bruothová, Pavlína Dvořáková, Anežka Nosková

Gymnázium, Praha 9, Chodovická 2250
Chodovická 2250/36, 193 00, Praha 9 - Horní Počernice

Poděkování

Chtěly bychom poděkovat Mgr. Petru Poledníkovi za odborný dohled nad naší prací. Poskytl nám kontakt na doc. Jiřího Baláše a umožnil nám tak naši práci spojit s výzkumem na FTVS. Díky tomu jsme mohly pro naši práci využít i metody, ke kterým bychom se ve školním prostředí nedostaly, a získat cenné zkušenosti co se spolupráce s externími odborníky týče. Byl nám rovněž velkou oporou, když naše spolupráce s FTVS neprobíhala tak docela podle našich představ. Rovněž bychom zde chtěly vyzdvihnout jeho pomoc se závěrečnými korekturami práce.

Dále bychom na tomto místě rády podělovaly za spolupráci doc. Jiřímu Balášovi, Bc. Michalu Běhounkovi a Bc. Albertu Musilovi z Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

Anotace

Tato práce je zaměřena na svalovou soustavu a lezení. Dívá se na lezení jako sport, na jeho historii a disciplíny. V první části je popsána stavba a funkce svalů jako takových a vybrané svaly jsou detailněji rozebrány. Zaměřena je rovněž na ovládání motorického systému v CNS. Věnuje se také kritické síle a metodám, kterými ji zkoumáme. Praktická část vznikla ve spolupráci se studenty na FTVS UK. Jedná se o dvouměsíční tréninkový program, zaměřený na zvýšení naší kritické síly při lezení.

Klíčová slova

svalová soustava, kritická síla, lezení, tréninkový program

Annotation

This work focuses on the muscular system and climbing. It looks at climbing as a sport, at its history and various disciplines. In the first part, the basic structure and function of muscles is outlined and specific muscles are described in more detail. It is also focused on control of the motor system in the central nervous system. It explores critical power and methods of its research. The practical part was created in collaboration with students at the Faculty of Physical Education and Sport at Charles University. We undertook a two-month long training program, focused on increasing our critical power while climbing.

Keywords

muscular system, critical power, climbing, training program

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Historie výzkumu svalů.....	10
2.1	Starověk.....	10
2.2	Renesance.....	10
2.3	Elektrina a svaly.....	10
2.4	Současnost.....	11
2.5	Výzkum kritické síly (CF).....	11
3	Horolezectví.....	11
3.1	Historie.....	11
3.1.1	Lezení na umělých stěnách.....	12
3.2	Organizace.....	12
3.3	Dělení horolezectví.....	12
3.3.1	Bouldering.....	13
3.3.2	Lezení na obtížnost (Lead).....	13
3.3.3	Lezení na rychlost.....	13
3.3.4	Závodní lezení.....	14
3.4	Lezecké styly.....	14
3.4.1	Red point (RP).....	14
3.4.2	Pink point (PP).....	14
3.4.3	On sight (OS).....	14
3.4.4	Flash.....	14
3.4.5	Top rope (TR).....	15
3.4.6	All free (AF).....	15
3.4.7	Free solo (FS).....	15
	ANATOMICKÁ ČÁST.....	15
4	Svalová soustava.....	15
4.1	Stavba svalového vlákna.....	15
4.2	Základní stavba svalu.....	16
4.2.1	Vazivo.....	17
4.2.2	Úseky svalu.....	17
4.2.3	Vnější tvary svalů.....	18
4.3	Funkční rozdělení svalů.....	19
4.3.1	Synergisté a antagonisté.....	19

4.3.2	Podle vztahu ke kloubu	19
4.3.3	Tonus a antigravitační svaly.....	20
4.3.4	Flexory a extenzory	20
4.3.5	Abduktory a adduktory.....	20
4.3.6	Významnost zapojení do pohybů	21
4.4	Růst a regenerace svalů	21
4.5	Zkrácené svaly.....	21
5	Rozdělení svalů podle využití v lezení.....	22
5.1	Primární svaly	22
5.2	Sekundární svaly	23
5.3	Zřídka užívané svaly	23
6	Anatomie konkrétních svalových skupin	23
6.1	Úchop – Vernier	23
6.1.1	Musculus biceps brachii	24
6.1.2	Musculus flexor carpi radialis	25
6.1.3	Musculus palmaris longus	26
6.1.4	Musculus flexor carpi ulnaris	26
6.1.5	Musculus flexor digitorum superficialis	27
6.1.6	Musculus flexor digitorum profundus.....	28
6.1.7	Musculus flexor pollicis longus	29
6.1.8	Musculus abduktor pollicis longus.....	30
6.1.9	Musculi lumbricales	31
6.1.10	Musculi interossei	32
6.1.11	Musculus abductor pollicis brevis.....	34
6.1.12	Musculus opponens pollicis	35
6.1.13	Musculus flexor pollicis brevis	36
6.2	Úchop – „zelená“	37
6.2.1	Musculus extensor carpi radialis longus	38
6.2.2	Musculus extensor carpi radialis brevis	39
6.3	Úchop – lišta.....	40
6.3.1	Musculus trapezius	40
6.3.2	Musculi rhombodei (m. rhomboideus minor et major)	42
6.3.3	Musculus serratus anterior	43

6.3.4	Musculus deltoideus	44
6.3.5	Musculus supraspinatus.....	45
6.3.6	Musculus pectoralis major	45
6.3.7	Musculus pectoralis minor	46
FYZIOLOGICKÁ ČÁST		47
7	Svalová kontrakce	47
7.1	Sarkomera.....	47
7.2	Typy filament v sarkomeře	48
7.2.1	Aktinové filamentum.....	48
7.2.2	Myozinové filamentum	49
7.2.3	Titin	49
7.3	Kontrakce	49
8	Svalový metabolismus.....	50
8.1	Typy svalových vláken.....	51
8.1.1	Červená vlákna	51
8.1.2	Bílá vlákna.....	52
8.2	Energetický metabolismus bílých a červených svalových vláken	52
8.2.1	Energetický metabolismus červených svalových vláken	52
8.2.2	Energetický metabolismus bílých svalových vláken	52
9	Řízení svalů nervovou soustavou	53
9.1	Mícha.....	53
9.2	Mozkový kmen.....	53
9.3	Mozeček	53
9.4	Mozková kůra.....	54
9.5	Bazální ganglia	54
9.6	Přenos signálů z CNS k motoneuronům	54
9.7	Přenos vzruchu na nervosvalové ploténce.....	55
9.7.1	Nervosvalová ploténka	55
9.7.2	Relaxace svalu.....	56
10	Kritická síla	56
10.1	Kritická síla a metabolismus	57
10.2	Práce vykonatelná nad CF	57
10.3	Metody zjištění kritické síly lezců	57

10.3.1	3 – parametrový vícenávštěvový protokol CF	58
10.3.2	All-out test.....	58
10.3.3	Stupňovaný test	58
10.4	Význam kritické síly	59
PRAKTICKÁ ČÁST		60
11	Spolupráce s Fakultou tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy	60
11.1	Hypotézy	60
11.2	Metodologie	60
11.3	První vstupní měření na FTVS.....	60
11.4	Druhé vstupní měření na FTVS	61
11.5	Tréninkový plán (viz příloha 15.1)	61
11.6	Výstupní měření na FTVS.....	62
11.7	Vyhodnocení měření	62
11.8	Závěr.....	65
12	Naše vlastní měření	65
12.1	Cíl práce	65
12.2	Hypotézy	66
12.3	Metodologie	66
12.4	Vstupní měření	67
12.5	Výstupní měření	69
12.6	Vyhodnocení měření	70
12.6.1	Anežka – pravá ruka.....	71
12.6.2	Anežka – levá ruka	72
12.6.3	Malvína – pravá ruka.....	73
12.6.4	Malvína – levá ruka.....	74
12.6.5	Pavlína – pravá ruka	75
12.6.6	Pavlína – levá ruka	76
12.6.7	Kritická síla	77
12.7	Diskuse	78
12.8	Závěr.....	79
13	Závěr.....	80
14	Použitá literatura	82
15	Seznam obrázků a tabulek.....	86

15.1	Seznam obrázků	86
15.2	Seznam grafů.....	88
15.3	Seznam tabulek	89
16	Přílohy	90
16.1	Příloha 1 – tréninkový plán	90
16.2	Příloha 2 – tabulka námi naměřených vstupních hodnot maximální síly v jednotlivých úchopech.....	91
16.3	Příloha 3 – tabulka námi naměřených výstupních hodnot maximální síly v jednotlivých úchopech.....	91
16.4	Příloha 4 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Anežka	91
16.5	Příloha 5 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Anežka	92
16.6	Příloha 6 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Malvína	92
16.7	Příloha 7 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Malvína	93
16.8	Příloha 8 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Pavlína	93
16.9	Příloha 9 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Pavlína	94
16.10	Příloha 10 – tabulky vyhodnocující námi naměřené all-out testy	94
16.11	Příloha 11 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Anežka	95
16.12	Příloha 12 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Malvína	95
16.13	Příloha 13 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Pavlína	96
16.14	Příloha 14 – vyhodnocení all-out testu z FTVS – Anežka.....	97
16.15	Příloha 15 – vyhodnocení all-out testu z FTVS – Malvína.....	98
16.16	Příloha 16 – vyhodnocení all-out testu z FTVS - Pavlína.....	99
16.17	Příloha 17 – tabulka základních hodnot naměřených ve vstupním měření na FTVS – maximální síla, kritická síla podle all-out testu a kritická síla podle stupňovaného testu	100
16.18	Příloha 18 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Anežka	100
16.19	Příloha 19 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Malvína	101
16.20	Příloha 20 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Pavlína.....	102

1 ÚVOD

Teoretickou část rozdělíme na dvě hlavní podkapitoly – nejprve se na téma podíváme z anatomického, poté z fyziologického hlediska.

V úvodu stručně shrneme výzkum svalů v průběhu historie.

Kapitola o horolezectví definuje lezení jako pojem. Stručně se podíváme na jeho bohatou historii a vymezíme organizace, které ho zastřešují. Také ho rozdělíme a popíšeme konkrétní lezecké styly.

Anatomická část se bude věnovat svalové soustavě, rozebereme složení svalů a jejich funkční rozdělení. Pozornost budeme věnovat i růstu svalů a jejich zkrácení. Taktéž je rozdělíme do skupin podle využití v lezení. Detailněji se podíváme na konkrétní svaly důležité pro naše měření v praktické části, tak že objasníme jejich umístění, pohyby, které vykonávají, inervaci a funkci v daném úchopu.

Ve fyziologické části naší práce se následně zaměříme na nejmenší jednotku svalu – sarkomeru. Popíšeme si její stavbu a funkci jednotlivých částí v průběhu svalové kontrakce. Následně se zaměříme na energetické hrazení svalové kontrakce a blíže se podíváme na energetický metabolismus jednotlivých typů svalových vláken.

Rovněž si dovolíme malý exkurz do problematiky nervové soustavy a popíšeme si řízení svalové soustavy v rámci CNS a následný přenos signálů z CNS přes motorické neurony až na nervosvalovou ploténku.

Dále nás bude zajímat kritická síla – a to především v lezení. Vysvětlíme, proč je důležitá, a popíšeme, jak se dá změřit.

Naše praktická část se bude věnovat výzkumu kritické síly. Nejprve se v ní budeme zabývat porovnáváním výsledků dvou nejběžnějších typů testů měřících kritickou sílu – all-out a stupňovaného testu. Následně se pokusíme se zjistit, zda je možné kritickou sílu pomocí speciálního tréninku cíleně zvýšit. Podstoupíme tedy vstupní a výstupní sadu měření a v období mezi nimi absolvujeme tréninkový plán. Podle vzoru přístrojů specializovaných na měření kritické síly navrhne vlastní měřicí aparát, pomocí něž bude možné měřit kritickou sílu v domácích podmínkách. Výsledky z našich měření ověříme porovnáním s výsledky ze specializované laboratoře na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

Pokud zjistíme, že navýšit kritickou sílu možné je, pokusíme se zjistit, jak se její hodnota mění v čase po ukončení tréninku – zda začne klesat, nebo se bude držet na stejné úrovni.

2 HISTORIE VÝZKUMU SVALŮ

Lidé se studiu svalů začali věnovat pravděpodobně proto, že se snažili pochopit, jak je možné, že se dokážeme pohybovat z místa na místo a že tyto pohyby dokážeme vlastní vůlí kontrolovat. Výzkum byl závislý nejen na dostupných technologiích, ale také na vlivu církve, filozofie a přístupu k vědě jako takové.⁵³

2.1 Starověk

Ve starověkém Řecku se lidé poprvé začali věnovat výzkumu lidského těla. Aristoteles, na základě dříve provedených pitev, popsal pohyby určitých svalů pomocí geometrických analýz.⁵³

Ve starověkém Římě byly pitvy lidských těl zakázány, proto Claudius Galenus (Galén) prováděl pitvy na primátech a následně využil získané poznatky v lidské anatomii. Byl nejvýznamnějším lékařem v antickém Římě. Výsledky jeho práce byly jedním ze základních pramenů anatomie až do období renesance.^{48, 53}

2.2 Renaissance

V renesanci se lidé opět začali více věnovat vědě. Anatomie a pohyb se dostaly do umění – příkladem je slavný italský malíř Leonardo da Vinci. Také se opět začaly provádět pitvy.⁴⁹

Jedním z nejvýznamnějších lékařů tohoto období byl Andries van Wessel (Vesalius). Ve své práci navázal na Galena. Díky pitvám dokázal dobře pochopit funkce orgánů v těle. Jeho dílo bylo pro lékařství dané doby naprosto zásadní, převzal tak Galenovo místo nejvlivnějšího lékaře.⁴⁹

Giovanni Alfonso Borelli využil poznatky Galilea Galilei v medicíně. Popsal pohyby svalů podle pohybových zákonů.⁵⁰

2.3 Elektřina a svaly

Velká změna ve výzkumu svalů nastala, když se v roce 1786 jeden z asistentů Luigiho Galvani dotkl nervu žáby elektricky nabitým drátem a došlo ke kontrakci svalu. Galvani následně svůj výzkum zaměřil tímto směrem a provedl mnoho dalších pokusů. Jeho práce inspirovala i řadu dalších vědců, kteří se poté také věnovali vlivu elektřiny na činnost svalů.⁵³

Výzkum svalů se po zjištění vlivu elektřiny zásadně posunul. Byly povoleny (bezpečné) pokusy na lidech. Došlo k velkému rozvoji kineziologie, v němž sehráli klíčovou roli například Jules Etienne Marey a Gaston Carlet, Isaac Newton, Adolf Eugene Fick a Jules Amar.⁵³

V polovině 19. století vznikla EMG (elektromyografie) sloužící k zjištění funkčního stavu nervosvalového přenosu a EKG (elektrografie).⁵¹

2.4 Současnost

Moderní éra začala v roce 1922, kdy Joseph Erlander a Herbert Gasser upravili CRO (katodový osciloskop) a zkoumali vlastnosti a distribuci nervových vláken. V roce 1944 získali Nobelovu cenu.⁵²

Také došlo k obrovskému rozvoji technologie, například počítače, které umožnily obrovský rozvoj medicíny. Vznikla řada nových přístrojů, postupů a způsobů, jak analyzovat výsledky.⁵³

2.5 Výzkum kritické síly (CF)

První se ve své práci kritické síle věnovali H. Monod a J. Scherrer. Definovali, co to je kritická síla, a přišli se způsoby, jak CF zjistit. Na ně poté navázala řada dalších vědců, kteří téma dále rozvíjí.^{54, 55, 56}

Kritická síla je důležitá pro řadu sportů, proto pokračuje nejen její výzkum, nýbrž také praktické využití získaných informací v praxi. Odborníci se snaží najít co nejpřesnější způsob, jak CF změřit a následně posunout její hranice pro zvýšení výkonnosti sportovce.^{54, 55, 56}

3 HOROLEZECTVÍ

Pro naši práci je zásadní se seznámit s horolezectvím jako takovým. Bohužel je však téměř nemožné pojem „horolezectví“ zcela přesně definovat, jelikož dnes do něj zahrnujeme velmi širokou škálu aktivit.¹ Úplně nejdříve šlo zkrátka o činnost vedoucí k výstupu na vrchol hory. V dnešní době se však význam značně rozšířil a disciplíny, které bychom pod něj řadily, jsou velmi rozmanité a spojené především svým původem.³ Pro zjednodušení si tedy horolezectví definujeme takto: „sportovní aktivita spočívající v překonávání vysokých strmých skalních, ledovcových ap. terénů, zprav. pomocí speciálního vybavení“ (Akademický slovník současné češtiny).²

3.1 Historie

Horolezectví nezačalo jako sport, který známe dnes. Důkazy o osidlování hor byly nalezeny už v pravěku.⁴ Pro lidi žijící v horských oblastech se jednalo o životně důležitou dovednost.³ Pro jiné se však hory a velehory jevíly jako něco nedostupného – ať už z důvodu, že na nich podle pověstí sídlili bozi či na jejich úpatí měly doupata draci nebo jiné nestvůry.⁴

Přestože první cesty do hor nebyly podnikány kvůli sportu, techniky postupu se vyvíjely už tehdy.³ Není jednoduché určit nějaký jasný začátek či zlom v horolezectví. Můžeme zmínit období renezanace a humanismu a výstupy na Mont Ventoux (Francesco Petrarca, 1336) či Mont Aiguille (Antoine de Ville, 1492).⁴

Dalším mezníkem by v Evropě mohlo být 16. století a s tím spojená doba osvícenství, kdy vidíme jistou specializaci horolezení.^{4, 5} V Alpách se začínalo s lovem kamzíků a těžbou

minerálů pro šperky.⁶ V té době byla od autora J. Simlera z Curychu publikována metodická příručka pro horolezce „O těžkostech cestování v Alpách“, která kromě metodologie obsahovala také řadu praktických rad.^{3, 6}

Ryze sportovní důvody pro horolezectví vidíme až v 19. století.^{3, 6} Alpy, jejichž většina vrcholů byla do 60. let 19. století vylezena, byly hlavním centrem sportovní horolezecké aktivity (tam se také vytvořil pojem „alpinismus“)^{3, 5, 6} Léta 1854-1865 jsou často označována jako „zlatý věk horolezectví (alpinismu).“⁵ Právě v této době sledujeme vznik prvních profesních sdružení horských vůdců a horolezeckých spolků.³

3.1.1 Lezení na umělých stěnách

Umělé stěny jsou úzce spjaté se závodním lezením. Přestože první závody se konaly v přírodě ve skalách, vyskytovala se zde spousta komplikací – zmínit můžeme počasí, špatné podmínky pro závodníky či málo diváků. Hledání nových cest pro závodění také představovalo jistou překážku, takže se do skal začaly navrtávat barevně označené umělé chyty. Mimo to se vytvářel větší prostor pro diváky. To všechno vedlo k nežádaným zásahům do životního prostředí.⁷

Objevily se zde tedy nápady pořádat závody na umělých stěnách. Na rozdíl od „klasického“ horolezectví, můžeme u umělých stěn mluvit o nějakém jasném počátku. Jedna z prvních umělých lezeckých stěn byla postavena učiteli a jejich studenty v Londýně v roce 1957. První světové závody v hale se konaly v roce 1987 v Grenoblu.⁷

3.2 Organizace

Mezinárodní horolezecká federace (UIAA, z francouzského Union Internationale des Associations d'Alpinisme, anglicky International Climbing and Mountaineering Federation) vznikla v roce 1932 a sdružuje jednotlivé národní horolezecké svazy. V ČR jsou jejími členy Český horolezecký svaz (ČHS) a Český spolek horských průvodců (ČSHP). Pokud je někdo členem jednoho z národních svazů, je automaticky i členem UIAA.^{11, 12}

Český horolezecký svaz, který funguje ve své podobě od roku 1993, podporuje a sdružuje všechny formy a disciplíny horolezectví. Mezi disciplíny horolezectví řadí mj. alpinismus, skialpinismus, tradiční horolezectví a sportovní lezení.¹³

Závody ve sportovním lezení a boulderingu jsou zastřešovány Mezinárodní federací sportovního lezení (IFSC, anglicky International Federation of Sport Climbing), která vznikla v roce 2007. Taktéž zastřešuje národní spolky (v České republice do ní také patří ČHS) a pořádá mezinárodní lezecké závody.¹⁷

3.3 Dělení horolezectví

Horolezectví lze dělit různými způsoby, například se nabízí dělení podle motivace jednotlivce – sportovní a mimosportovní horolezectví. Mimosportovní motivací rozumíme čistě účelovou

(prováděné z nutnosti, třeba kvůli povolání), ale i citovou či estetickou (láska k přírodě, vynucenost situace).³

Samozřejmě můžeme horolezectví, ostatně jako ostatní sporty, dělit na: rekreační, výkonnostní a vrcholovou úroveň. Nabízí se také dělení podle ročního období (horolezectví letní a zimní) nebo podle terénu (skály, hory, velehory s ledem a sněhem, umělé stěny, etc.) – právě na toto rozdělení se zaměříme více. Horolezeckých odvětví a disciplín je mnohem více než, zde uvedeme, v této kapitole se soustředíme jen na ty nejznámější a pro tuto práci důležité.³

3.3.1 Bouldering

Bouldering je druh lezení bez lana, prováděn ve venkovním prostředí na menších skalních útvech či v halách na nižších umělých strukturách (většinou mají 3-4 metry, zřídka přesáhnou 6 metrů).^{21, 22} Může být provozován v podstatě bez speciálního vybavení – nepoužívanější jsou „lezečky“ (lezecké boty), měkká podložka/matrace (pro ochranu v případě pádu) a magnézium. Jelikož nejsou při boulderingu používána lana, jistí lezce někdo jiný přímo rukama. Přestože v minulosti byl bouldering jen prostředek tréninku na větší stěny, dnes už se vyvinul v samostatný sport.²²

3.3.2 Lezení na obtížnost (Lead)

Lezci lezou relativně dlouhé cesty (pro závody jsou standardní umělé stěny o délce 15 metrů) bez nácviku. Cílem je se na cestě dostat co nejdále.^{13, 26}

Tento typ lezení je prováděn ve dvojici. Lezec je uvázaný na lano, jak postupuje na cestě připíná své lano do jistících bodů a druhý ve dvojici („jistič“) ovládá lano, aby mohl zachytit případný pád.²⁵ Přesný postup záleží také na tom, zda si lezec vytváří jištění během výstupu nebo je cesta už „předjištěná“.

Tradiční a sportovní lezení

Tradičním lezením rozumíme způsob, kde lezci používají k jištění zařízení, která si přinesou a po výstupu odstraní. Zde mluvíme o klasickém lezení venku, nikoliv na umělých stěnách. Tento styl je o něco obtížnější a nebezpečnější.^{23, 24}

Na rozdíl od tradičního lezení, musíme zmínit ještě sportovní lezení, které probíhá jak venku, tak v halách na umělých stěnách. Jedná se o disciplínu, při které lezci používají k jištění již dříve umístěná zařízení.^{23, 24}

3.3.3 Lezení na rychlost

Tato disciplína se od ostatních liší především standardizovanou cestou, která zůstává vždy stejná při všech závodech a soutěžích. Stěna je v pětistupňovém převisu a má 15 metrů. Na rozdíl od bouldingu a lezení na obtížnost, chyty jsou po celé cestě identické. Jištění také probíhá specificky, lezci jsou připnuti do lana, které je zavěšeno z horní části stěny – není tedy potřeba, aby je někdo další jistil.²⁷

3.3.4 Závodní lezení

Závodní lezení – někdy bývá také nepřesně označováno jako „sportovní“ – jsou závody ve sportovním lezení. Nejde o samostatné odvětví, ale tímto pojmem sdružujeme závodní horolezecké disciplíny. ČHS pod něj řadí lezení na obtížnost, lezení na rychlost, boulder a kombinace (lezci soutěží ve vícero disciplínách a souhrnný počet bodů získaný v obou určuje pořadí).¹³

V roce 2020 se sportovní lezení poprvé dostalo na Olympijské hry. Závodilo se v kombinaci obtížnosti, rychlosti a boulderu, takže lezci museli být zdatní ve všech třech disciplínách.²⁷ Tento formát však nebyl lezeckou komunitou dobře přijat. IFSC vysvětlila, že olympijským výborem byla povolena jen jedna zlatá medaile pro pohlaví a nechtěli vyloučit rychlostní lezení, jelikož cílem bylo především prosadit lezení a jeho tři disciplíny jako olympijské sporty.⁴⁴ Toto rozhodnutí se nakonec vyplatilo, lezení získalo druhou sadu medailí na LOH v roce 2024, kde se soutěžilo zvlášť v lezení na rychlost a v kombinaci (obtížnost a boulder).^{45, 46}

3.4 Lezecké styly

3.4.1 Red point (RP)

Jedná se o styl tradičního lezení, takže bez předem připravených expresek či jiných prostředků. Lezec si je na cestu umísťuje sám, ale nesmí na nich odpočívat. Cestu však může znát už dopředu – mohl si ji prohlédnout a klidně i pokusit vylézt. Dnes se při lezení velmi náročných cest v převisech a stropích metodou RP běžně akceptuje přelez s trvale osazenými expreskami v nýtech. Teoreticky bychom měli tento styl označovat jako PP (viz dále), avšak změna terminologie byla přijata z čistě praktických důvodů – v silně převislých stěnách je téměř nemožné expresky po každém pokusu znovu vycvakávat.⁴⁰

3.4.2 Pink point (PP)

Velmi podobný styl jako RP s jediným rozdílem, že jistící body jsou již na cestě, takže se do nich lezec postupně zajišťuje.⁴⁰

3.4.3 On sight (OS)

V překladu tento styl znamená „na první pohled“. Lezec cestu zvládne vylézt na první pokus stylem RP bez toho, aniž by se s ní někdy předtím setkal.⁴⁰

3.4.4 Flash

Flash je velmi podobný OS stylu. Lezec se však s cestou mohl seznámit dříve – viděl někoho jiného ji vylézt, zhlédl video nebo mu někdo jiný při postupu radí.⁴⁰

3.4.5 Top rope (TR)

Tento styl je zhodnocen nejvíce při tréninku na těžší cesty. Lezec je jištěn horním lanem. Jde o nejbezpečnější způsob, jelikož v případě pádu je lezec zachycen ihned.⁴⁰

3.4.6 All free (AF)

Jak překlad „vše volné“ napovídá, v podstatě vše je dovoleno. Lezec může odpočívat v jistících bodech, po pádu může pokračovat a nezáleží na tom, zda cestu zná nebo mu někdo radí.⁴⁰

3.4.7 Free solo (FS)

Jde o nejnebezpečnější druh lezení. Lezec není ničím jištěn, takže v případě pádu riskuje vážná zranění, či dokonce i život.⁴⁰

ANATOMICKÁ ČÁST

4 SVALOVÁ SOUSTAVA

Vysoce specializovaná svalová tkáň svým zkrácením vyvolává pohyb nebo ho stabilizuje. Rozeznáváme tři typy svalové tkáně – hladká (orgánová), kosterní (příčně pruhovaná) a srdeční. Příčně pruhovaná svalovina, je zodpovědná za tzv. lokomoci neboli pohyb jednotlivých částí těla a pohyb těla jako celku. Vůlí neovladatelná hladká svalovina zajišťuje pohybovou aktivitu vnitřních orgánů. Svalovina srdeční ovládá pohyb krve v cévní soustavě a je také automatická.^{10, 41}

Příčně pruhovaná svalová tkáň má jednu důležitou schopnost – smrštít se. Po dodání podnětu je schopná kontrakce a následné relaxace, při čemž přeměňuje chemickou energii v kinetickou. Funkčně je spjata s pasivním pohybovým aparátem (s pohyblivě spojeným skeletem). Ty dohromady tvoří nervově řízený aktivní pohybový aparát, jehož funkčními složkami jsou svaly (musculi).³⁰

Většina svalů v našem těle, kterých máme okolo 600, je párová, což znamená, že máme asi 300 svalů v každé polovině těla. Procentuální hmotnost svalstva v těle se může velmi lišit, trénovaní sportovci mohou dosáhnout až 45 %, naopak poklesnout může na 30 %.³⁰

4.1 Stavba svalového vlákna

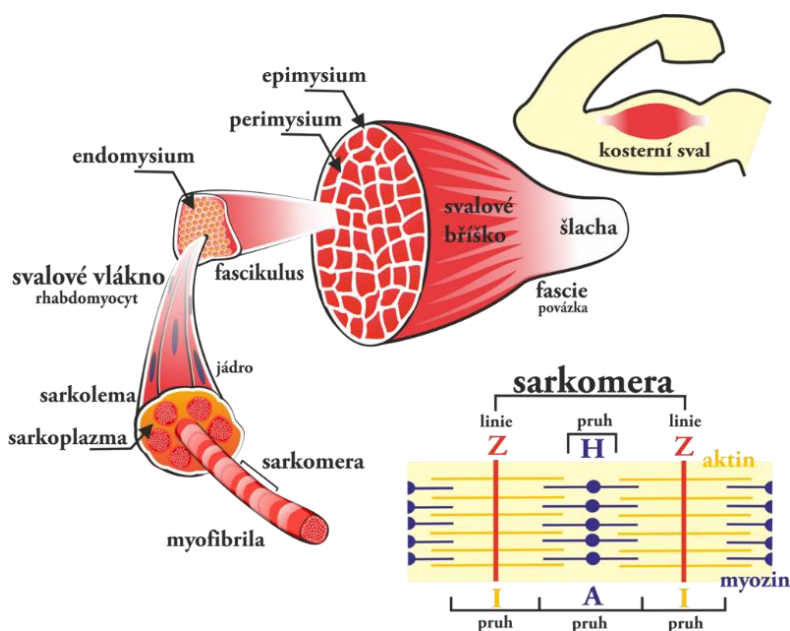
Svalové buňky nazýváme svalová vlákna. Jsou válcovitého tvaru s kónickými konci, průměr se pohybuje okolo 10-100 μm, jejich délka se v průměru pohybuje okolo 1-40 mm, ale například v krejčovském svalu (m. sartorius) byla objevena až patnácticentimetrová vlákna. Jsou zpravidla vícejaderné a podle toho jaký druh činnosti sval koná, obsahují různé množství

mitochondrií. U řady svalů se jedno vlákno táhne od začátku svalu až k jeho konci, dlouhé svaly mají vlákna řazena sériově, za sebou.^{10, 41}

Svalová vlákna jsou obalena buněčnou membránou zvanou sarkolema, na jejímž vnějším povrchu se nachází silná bazální membrána. Ta je pevně spojena s retikulárním vazivem a zajišťuje propojení jednotlivých svalových vláken. Hlavní složkou v sarkoplazmě svalového vlákna jsou podélně uspořádané myofibrily (svalová vlákénka), kolem nichž je rozsáhlý systém podélných i příčných tubic sarkoplazmatického retikula. Tento systém je klíčový pro svalovou kontrakci, jelikož obsahuje vysoké koncentrace vápenatých a hořečnatých iontů.⁴¹

Myofibrily jsou tvořeny silnými a tenkými bílkovinnými myofilamenty (což je důvod pro příčně pruhovaný vzhled tkáně pod mikroskopem). Tmavé (anizotropní) A-úseky jsou tvořeny hlavně myozinem, zatímco světlé (izotropní) I-úseky jsou tvořeny aktinem a regulačními bílkoviny tropomyozinem a troponinem. Každý izotropní úsek je oddělen tenkou ploténkou, nazývanou Z-linie. Úsek myofibrily mezi dvěma Z-liniemi se označuje jako sarkomera.^{10, 31, 41}

Sarkomera je základní kontraktilní a nejmenší funkční jednotkou v tkáni. Zkracováním jednotlivých sarkomer dochází ke kontrakci jednotlivých svalových vláken, čímž dochází ke svalové kontrakci, kterou blíže přiblížíme v kapitole 7.^{10, 31, 41}



Obrázek 1: Stavba svalu až po svalové vlákno a sarkomeru (1. lékařská fakulta UK. Stavba kosterního svalstva. Online. WikiSkripta. 2020. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Stavba_kostern%C3%ADho_svalstva)

4.2 Základní stavba svalu

Základní aktivní složkou svalu je právě příčně pruhovaná svalovina. Druhou složkou je vazivo, které obaluje celý sval, vytváří šlachy (úpony svalu ke kosti) a spojuje a obaluje jednotlivá svalová vlákna. Zmínit také musíme pomocná zařízení svalová (svalové nervy a cévy).³⁰

Jednotlivá svalová vlákna jsou spojena jen tenkou vrstvou retikulárního vaziva, což znamená, že nedochází k přímému kontaktu sousedních sarkolem. Skupina svalových vláken (obvykle 10-100) je vazivem propojena i celkově obalena a tím vytváří primární snopeček svalový (z nich jsou tvořeny jen malé svaly). Spojením primárních snopečků se vytvoří sekundární snopec, který tvoří trochu větší svaly a který je také obalen vrstvou vaziva. Sdružením sekundárních snopců vzniknou snopce vyšších řádů – opět pokryty vazivem po celém svém povrchu.³⁰

4.2.1 Vazivo

Ve svalech si vaziva rozdělíme podle jejich umístění. Perimysium internum (endomysium) obklopuje samostatná svalová vlákna a spojuje svalové snopce všech typů. Endomysium je tvárné a dovoluje tak vzájemné posuny svazků při kontrakci. Perimysium externum (epimysium) obaluje sval jako celek – nazývá se fascie (nebo také povázka svalová). Fascie povrchová obklopuje celé skupiny svalů a povrch každého oddílu těla. Oba dva typy spolu souvisí a spolupracují.³⁰

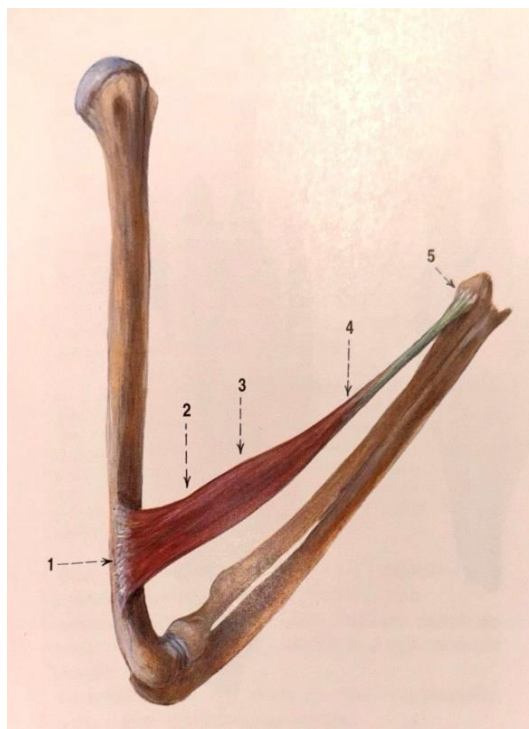
Šlacha

Šlacha (tendo musculi), což je zvláště uspořádaný pruh tuhého fibrózního vaziva, připojuje ke kosti sval. Ne všechny svaly se upínají přímo do kostry, například musculi cutanei se upínají do kůže a obstarávají její posuny a musculi articulares se upínají do kloubních pouzder.³⁰

4.2.2 Úseky svalu

Na svalu rozeznáváme funkční a tvarové úseky:³⁰

- Origo (začátek svalu) – touto částí je sval šlachou připojen ke kosti, méně pohyblivé místo
- Caput musculi (hlava svalu)
- Venter musculi (bříško svalové) – nejširší část svalu, zužuje se na část označovanou jako cauda musculi (ohon svalu)
- Insertio (úpon svalu) – upevnění svalu ke kosti prostřednictvím šlachy, pohyblivější místo



Obrázek 2: Sval a jeho úseky: 1. začátek svalu (origo), 2. hlava svalu (caput musculi), 3. břicho svalu (venter musculi), 4. ohon svalu (cauda musculi), 5. úpon svalu (insertio) (ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a FEJFAR, Oldřich (ed.). Anatomie. 1. Třetí, upravené a doplněné vydání, dotisk. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024738178)

4.2.3 Vnější tvary svalů

Nejjednodušším tvarem je vřetenovitý tvar.³⁰

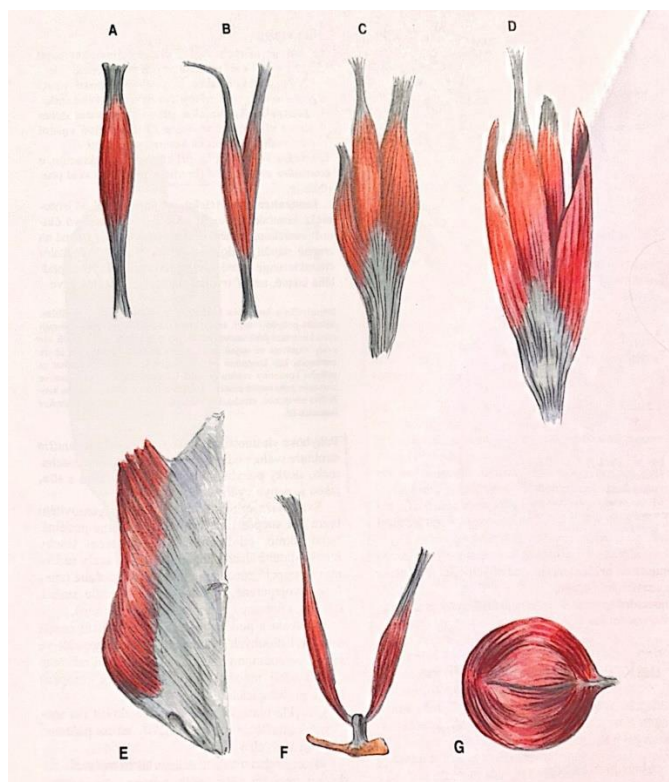
Podle počtu začátků hlav rozeznáváme typy:

- Musculus biceps (dvojhlavý sval)
- Musculus triceps (trojhavý sval)
- Musculus quadriceps (čtyřhlavý sval)

Musculus digastricus (nebo také biventer) (dvojbříškovitý sval) je složen ze dvou vřetenovitých bříšek, která jsou umístěna za sebou a spojena šlachou.³⁰

Ploché svaly mají širokou plochou šlachou (aponeuróza) a najdeme je na trupu.³⁰

Kruhovité svaly zahrnují například musculus orbicularis, který obklopuje tělní otvor uzavřený do kruhu, a musculus sphincter (svěrač), který má uzávěrovou funkci.³⁰



Obrázek 3: Tvar svalů – A vřetenovitý tvar, B dvojhlavý sval, C trojhlavý sval, D čtyřhlavý sval, E plochý sval s plochou aponeurosou, F dvojbršíkovitý sval, G kruhovitý sval (ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a FEJFAR, Oldřich (ed.). Anatomie. 1. Třetí, upravené a doplněné vydání, dotisk. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024738178)

4.3 Funkční rozdělení svalů

4.3.1 Synergisté a antagonisté

Synergisté jsou svaly, které se na jednom pohybu spoluúčastní. Antagonisté jsou naopak ty svaly, které působí v protilehlém, opačném pohybu.³⁰

V rámci tohoto dělení ještě můžeme rozlišovat další typy a funkce svalů:

- Sval hlavní – zásadně se podílí na pohybu, jeden ze skupiny synergistů
- Svaly pomocné – ostatní svaly, které pracují v součinnosti s hlavním svalem
- Svaly fixační (stabilizační) – umožňují nějaký pohyb fixací jiné části těla, nepodílí se na pohybu přímo, udržují danou část těla v nejvhodnější pozici pro daný pohyb
- Svaly neutralizační – ruší nechtěné pohyby svalů, které vykonávají hlavní a vedlejší svaly

4.3.2 Podle vztahu ke kloubu

Ještě můžeme rozlišit svaly podle jejich vztahu ke kloubům. Jednokloubové svaly mají vztah pouze k jednomu kloubu, nad kterým procházejí. Sval se upíná ke dvěma kostem a při kontrakci

působí na obě. Pokud je jedna z nich fixována, sval přitahuje druhou. Tímto způsobem tedy dokáže vyvolat pohyb pouze v jednom kloubu.^{30,41}

Vícekloubové svaly mají ke kloubům různý a měnící se vztah. Působí především v nejbližším kloubu (nejbližším úponu), zatímco v bližších kloubech mají spíše pomocné či fixační funkce. Nemohou ve všech kloubech současně provést plný rozsah pohybu v jednom směru a zároveň nedovolí vykonat maximální pohyb v opačném směru.^{30 41}

4.3.3 Tonus a antigravitační svaly

Tonus (klidové napětí) udržuje svaly v konstantním napětí, které je důležité pro zachování správné polohy kloubů a celkového postavení těla. Během spánku klesá, a při narkóze (v závislosti na její hloubce) se výrazně snižuje.³⁰

Posturální neboli antigravitační svaly, jsou ty, které díky trvale zvýšenému tonusu zajišťují udržení vzpřímeného držení těla (jako příklad můžeme uvést svaly břišní stěny).^{30, 32}

4.3.4 Flexory a extenzory

Flexe (ohýbání) je pohyb při kterém se úhel mezi dvěma kostmi na obou stranách kloubu zmenšuje. Flexory jsou tedy ty svaly, který tento typ pohybu vykonávají. Představme si ohýbání v loketním kloubu (ohnutí paže) či předklon – jedná se o flexi iniciovanou flexorovými svaly.^{34,35}

Flexi zápěstí nám umožňují flexor carpi ulnaris a flexor carpi radialis, které se táhnou od humeru podél vnitřních stran předloktí a končí na metakarpu. Zatímco naše prsty ohýbají flexor digitorum profundus a flexor digitorum superficialis, které vycházejí z ulny a radia.³⁴

Extenze (napřimování) je naopak pohyb, při kterém se úhel mezi dvěma částmi těla zvětšuje. Extenzory nazýváme ty svaly, které konají tento pohyb. Jako příklad můžeme uvést naopak narovnání v loketním kloubu (natažení paže) nebo záklon.^{33, 34}

Extenzi zápěstí nám zprostředkovávají extensor carpi ulnaris, extensor carpi radialis longus a extensor carpi radialis brevis, které vedou od humeru podél zadní strany předloktí až k metakarpům.³⁴

4.3.5 Abduktory a adduktory

Abdukce je pohyb, při kterém je část těla odtažena od osy souměrnosti, za příklad můžeme uvést upažení. Svaly, které nám tyto pohyby umožní, nazýváme abduktory.^{35, 36}

Zmínit můžeme například abdukci kyčelního kloubu. Primární kyčelní abduktorové svaly jsou gluteus medius, gluteus minimus a tensor fasciae latae. Mezi sekundární abduktory patří například piriformis a sartorius.³⁷

Addukce je opačný pohyb, část těla je k ose souměrnosti přitažena. Příkladem může být připažení. Adduktory jsou tedy ty svaly, které vykonávají addukci.³⁵

Opět se zaměříme na kyčel. Primárními adduktory jsou adductor longus, adductor brevis, adductor magnus a gracilis. Tyto svaly slouží primárně k pohybu stehna (DK) blíže ke středové ose těla.³⁸

4.3.6 Významnost zapojení do pohybů

Většina svalů má nejednu funkci a zapojuje se do různých typů pohybů. Rozlišujeme funkci hlavní a funkci vedlejší. Jako příklad použijeme m. biceps brachii, jehož hlavní funkcí je flexe v loketním kloubu a jeho vedlejší funkcí je supinace předloktí. Zde také můžeme vidět význam neutralizačních svalů, které budou potřeba pokud chceme bicipsem vést čistou flexi v loketním kloubu, budou muset neutralizovat supinační složku funkce bicepsu.³⁰

4.4 Růst a regenerace svalů

Svaly rostou dvěma způsoby: do délky, prodlužováním svalových vláken na jejich koncích, a do šířky, což je způsobeno tloustnutím svalových vláken.

Regenerační schopnost svalů se za běžných podmínek neprojevuje, protože svalová tkáň není schopna pravidelné obnovy buněk, jako je tomu u jiných tkání (např. některé pojivové tkáně nebo krev). Počet svalových vláken zůstává po narození prakticky stejný. Lze však regeneraci svalových vláken za určitých okolností podpořit, například u transplantovaných svalů, pokud mají zajištěný přísun cév, nervů a adekvátní tah (mechanická stimulace). Podobná regenerace je možná i ve svalech poškozených mytoxickými anestetiky za stejných podmínek.

V běžných případech zranění svalů většinou nejsou podmínky pro regeneraci ideální. I když se na poraněných koncích svalových vláken vytvářejí výběžky s novými jádry, jejich růst je často omezen přítomností nadměrného vaziva z endomysia. Výsledkem je, že se poraněný sval hojí endomysiovou jizvou.

4.5 Zkrácené svaly

Zkrácením svalů popisujeme stav, kdy sval v klidovém stavu nedosáhne své přirozené délky. Podle míry zkrácení a vztahu k přilehlému kloubu může sval v klidu způsobovat odchylky kloubu z jeho nulové polohy. Během pomalého pasivního protahování zkrácený sval omezuje dosažení plného rozsahu pohybu v kloubu.³³

Příčinou zkrácení je funkční porucha pohybového systému, která může být lokalizována buď v centrální nervové soustavě, nebo přímo v podpůrném a pohybovém aparátu, tedy ve svalech. Jde o adaptivní změny způsobené reakcí na podmínky vnitřního nebo vnějšího prostředí. Tyto změny jsou však reversibilní.³³

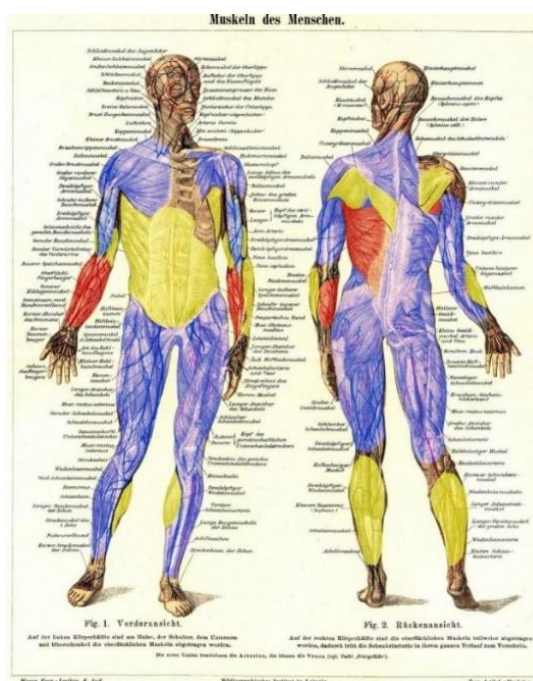
Sklon ke zkracování svalů souvisí zejména s mírou zátěže a přizpůsobením na každodenní pohybový režim. Hlavní problém zkráceného svalu spočívá nejen v tom, že je během pohybu aktivován více, než by bylo optimální, nebo že ovlivňuje držení těla. Klíčovým důsledkem je, že narušuje pohybové stereotypy. Zkrácený sval se stává dominantním při pohybech, kde by měl být utlumen, a jeho aktivita je tak stále posilována.³³

Současně zkrácený sval tlumí své antagonistické svaly, které obvykle vykonávají fázičnou funkci. Kvůli tomu je obtížné tyto antagonisty během cvičení efektivně aktivovat.³³

Lezci mohou mít se zkrácenými svaly také problémy. Tendenci ke zkrácení mají prsní svaly (musculus pectoralis major et minor). Důsledky zkrácení mohou být svalová dysbalance či kulatá záda. Často se zkracují i horní trapézové svaly (m. trapezius), velký svaly oblý (m. teres major) či zdvihač lopatky (levator scapulae).³⁹

5 ROZDĚLENÍ SVALŮ PODLE VYUŽITÍ V LEZENÍ

Při lezení využíváme téměř všechny příčně pruhované svaly v našem těle – rozdíl je však v intenzitě jejich využití. Völker (2018) je rozděluje do tří kategorií – viz obrázek 4.



Obrázek 4: Svaly užívané při lezení: červená – primární skupina (90-100 %), žlutá – sekundární (50 až 90 %), modrá – méně až zřídka používané (méně než 50 %) (VÖLKER, Christoph. Diese Muskeln beanspruchst du beim Klettern. Das Klettermagazin. 2018, 2005-03-18)

5.1 Primární svaly

Primární svaly jsou klíčové především pro sílu při lezecké aktivitě. Radíme tam flexory prstů (m. flexor pollicis longus, m. flexor digitorum profundus, m. flexor digitorum superficialis),

kteřé využíváme při držení všech chytů a zádové svaly (m. erector spinae, m. latissimus dorsi a m. teres major). zapojené do pohybu, kdykoliv k tělu přitahujeme paže.⁴²

5.2 Sekundární svaly

V této skupině jsou obsaženy stabilizační svaly. Jsou to flexory paží (m. biceps brachii, m. brachialis, m. brachioradialis), které vykonávají tažné pohyby, avšak na pohybu se podílí méně než zádové svaly. Také svaly zad a ramene (m. deltoideus, m. infraspinatus, m. teres minor, m. subcapularis, m. trapezius) se podílí na tažných pohybech, když stabilizují lopatku. Patří sem i všechny břišní svaly (m. rectus abdominis, m. obliquus externus et internus abdominis, m. transversus abdominis, m. serratus anterior), důležité pro tenzi těla při lezení, zejména v strmém terénu. Silově nejsou důležité lýtkové svaly (m. gastrocnemicus, m. soleus, m. tibialis posterior, m. flexor hallucis longus, m. digitorum longus), ale jsou využívány při neustálém stání na špičkách. Podle Völkeřa v této skupině mají místo i prsní (m. pectoralis major) a rhombické svaly (m. rhomboideus major et minor).⁴²

5.3 Zřídka užívané svaly

Občas jsou při lezení více zatěžovány i další svaly. Tyto lezecké situace jsou však příliš vzácné na to, aby udržitelně posilovaly odpovídající sval. Flexory kyčle jsou pravděpodobně vystaveny větší zátěži při nazouvání lezeckých bot než při samotném lezení. Užívány jsou při velmi vysokém postoji a došlapu ve velmi strmém terénu. Hamstringy (flexory stehů) pomáhají při zaháknutí. Minimálně jsou využívány i m. quadriceps femoris a m. gluteus maximus.⁴²

6 ANATOMIE KONKRÉTNÍCH SVALOVÝCH SKUPIN

V této kapitole konkrétněji popíšeme svalové skupiny signifikantní pro naše měření a celou praktickou část. Budeme se zabývat svaly, které zapojujeme, při vybraných úchopech sondy Vernier (Hand Dynamometer), která je blíže popsána v praktické části.

6.1 Úchop – Vernier

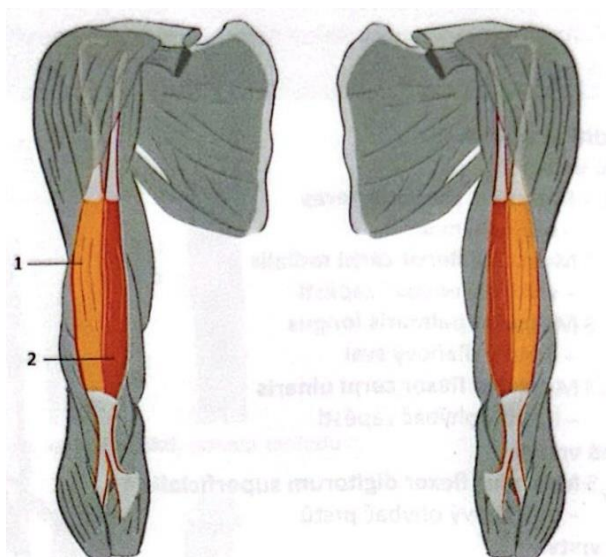
První úchop sondy na měření síly stisku ruky, který jsme měřily, byl vybrán přímo podle instrukcí od výrobců.



Obrázek 5: Úchop sondy, typ „Vernier“. Foto autora.

6.1.1 Musculus biceps brachii

Vyklenuje se na přední straně paže a má dobře hmatatelný stah. Začíná dvěma hlavami na lopatce v blízkosti ramenního kloubu.³⁰



Obrázek 6: M. biceps brachii, pravá a levá paže, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: dvojhlavý sval pažní

Začátek:

- Caput longum – nad tuberculum suprascapulare nad kloubní jamkou na lopatce, dlouhá šlacha jde nitrem kloubu^{30, 43}
- Caput breve – krátkou šlachou na lopatku – processus coracoideus (před začátkem m. coracobrachialis)^{30, 43}
- Obě hlavy bez zpeření přecházejí ve vřetenovitá břiška spojená asi v polovině délky ve společné břiško^{30, 43}

Úpon:

- Silnou hlavní šlachou na radius (tuberositas radii)^{30, 43}

- Plochou nervovou šlachou na povrchovou předloketní fascii na ulnární straně ^{30, 43}

Činnost:

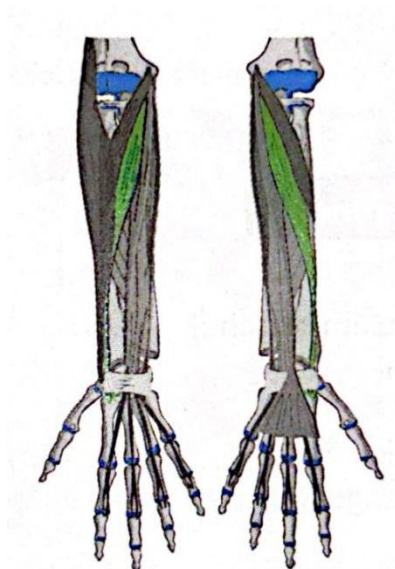
- v loketním kloubu (hlavní funkce) supinace pronovaného předloktí, flexe při supinovaném předloktí ^{30, 43}
- v ramenním kloubu (vedlejší funkce) caput longum pomáhá při abdukci paže, caput brevis při addukci a ventrální flexi ^{30, 43}

Inervace: n. musculocutaneus, kořenová inervace z C5 a C6 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: ohýbání předloktí směrem k paži, otočení dlaně nahoru

6.1.2 Musculus flexor carpi radialis

Probíhá ze společného začátku šikmo k radiální straně dolního konce předloktí, v jehož dolní třetině přechází ve štíhlou šlachu pokračuje skrz canalis carpi do rýhy os trapezium a k úponu na 2. metakarp. ³⁰



Obrázek 7: M. flexor carpi radialis, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: zevní ohybač zápěstí

Začátek: humerus – epicondylus medialis ^{30, 43}

Úpon: dlaňová plocha báze a částečně i 3. metakarpu ^{30, 43}

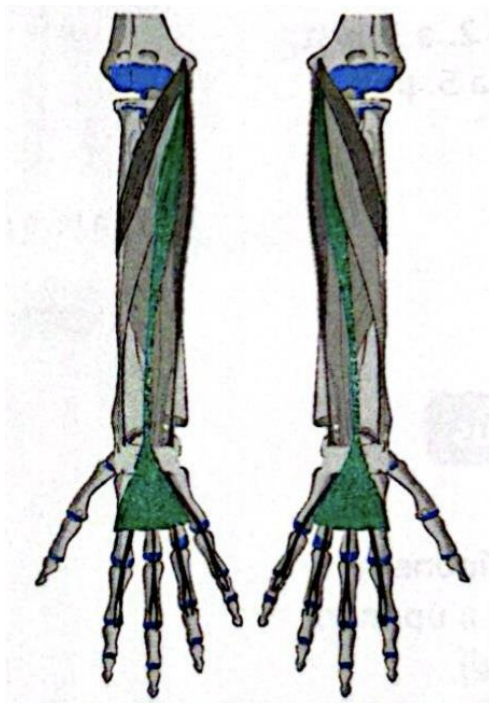
Činnost: flexe a radiální dukce zápěstí, pomocná flexe v loketním kloubu ^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace z C6 a C7 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: mírná flexe zápěstí, radiální dukce zápěstí

6.1.3 Musculus palmaris longus

Tvoří dlouhé vřetenko bříška a štíhlou šlachu jdoucí středem předloktí a dále povrchově přes retinaculum musculorum flexorum do dlaně.³⁰



Obrázek 8: M. palmaris longus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: dlouhý sval dlaňový

Začátek: humerus – epicondylus medialis^{30, 43}

Úpon: retinaculum musculorum flexorum a palmární aponeuróza^{30, 43}

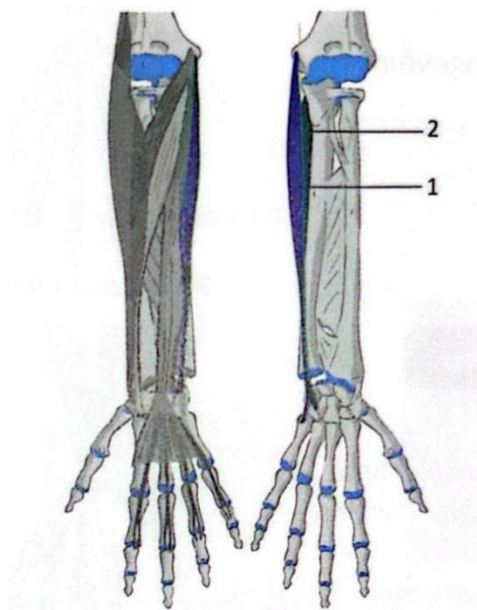
Činnost: napínání palmární aponeurózy, pomocná flexe loketního kloubu a zápěstí^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace z C8 (někdy taky C7 a Th1)^{30, 43}

Funkce v úchopu: svírání ruky v pěst (napínání palmární aponeurózy)

6.1.4 Musculus flexor carpi ulnaris

Sestupuje z caput commune ulnare po ulnární straně předloktí.³⁰



Obrázek 9: M. flexor carpi ulnaris, pravé a levé předloktí, pohled zepředu, 1. caput humerale, 2. caput ulnare (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: vnitřní ohybač zápěstí

Začátek:

- Caput humerale – humerus – epicondylus medialis^{30, 43}
- Caput ulnare – ulna – olecranon a margo posterior^{30, 43}

Úpon: os pisiforme, vazivo šlachy poté pokračuje jako ligamentum pisohamatum na hamulus ossis hamati a na bázi 5. metakarpu jako ligamentum pisometacarpale^{30, 43}

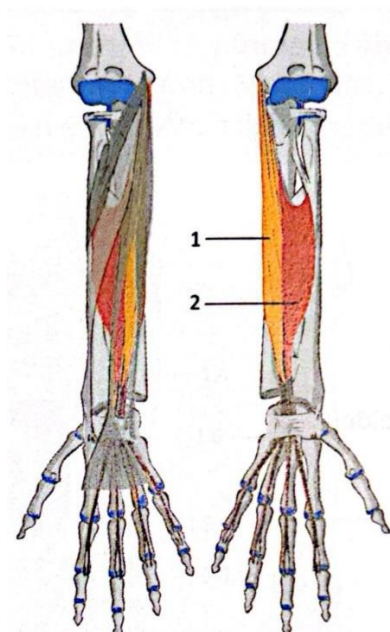
Činnost: ulnární dukce a flexe zápěstí, pomocná flexe loketního kloubu^{30, 43}

Inervace: n. ulnaris, kořenová inervace z C8 a Th1^{30, 43}

Funkce v úchopu: mírná flexe zápěstí

6.1.5 Musculus flexor digitorum superficialis

Sestupuje od úrovně loketního kloubu distálně po předloktí a dělí se na čtyři složky, které pokračují čtyřmi šlachami do canalis carpi a tudy do dlaně k 2.-5. prstu.³⁰



Obrázek 10: M. flexor digitorum superficialis pravé a levé předloktí, pohled zepředu, 1. caput humeroulnare, 2. caput radiale (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: povrchový ohybač prstů

Začátek:

- Caput humeroulnare – z humeru (epicondylus medialis) na lig. collaterale ulnare loketního kloubu a zčásti i na ulně^{30, 43}
- Caput radiale – na radiu, podél úponu m. supinator^{30, 43}

Úpon: čtyři šlachy k 2.-5. prstu tvoří rozvidlený úpon na bázi středního článku. Rozštěpem šlachy svalu prochází na konečný článek prstu šlacha m. flexor digitorum profundus.^{30, 43}

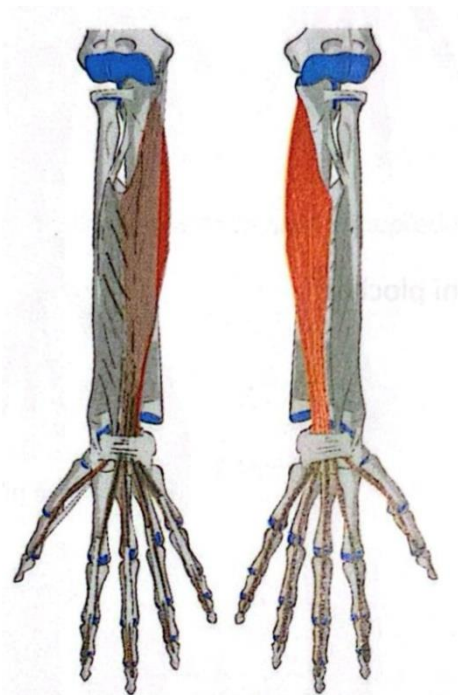
Činnost: flexe proximálních interfalangových kloubů prstů, pomocná flexe v loketním kloubu^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace z C7-Th1^{30, 43}

Funkce v úchopu: flexe proximálních interfalangových kloubů prstů

6.1.6 Musculus flexor digitorum profundus

Sestupuje distálně po předloktí, průběhem kryt m. flexor digitorum superficialis. Vysílá do canalis carpi čtyři dlouhé šlachy až k 2.-5. prstu.³⁰



Obrázek 11: M. flexor digitorum profundus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: hluboký ohybač prstů

Začátek: přední plocha ulny (fascies anterior) – skoro v celém rozsahu a přilehlá membrána interossea antebrachii^{30, 43}

Úpon: každá šlacha prochází rozštěpem šlachy povrchového flexoru, pokračuje po prstu a upíná se na bázi distálního článku 2-5. prstu^{30, 43}

Činnost: flexe distálních interfalangových kloubů prstů, ohýbá ve všech kloubech, kterými prochází^{30, 43}

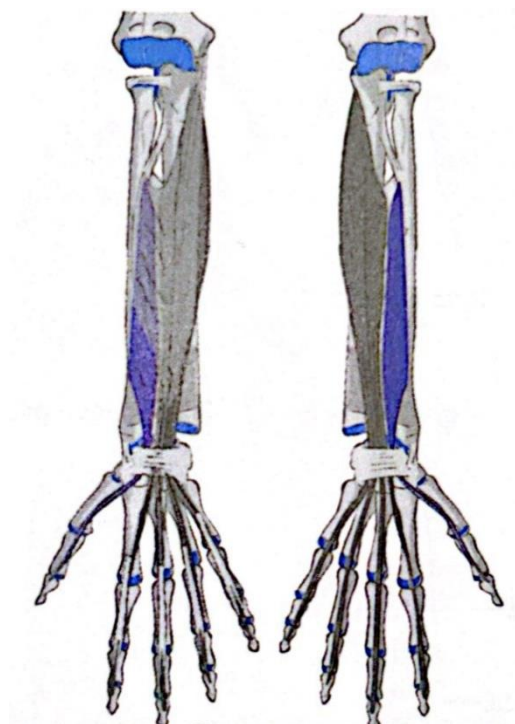
Inervace:

- n. medianus – část svalu pro 2. a 3. prst^{30, 43}
- n. ulnaris – část svalu pro prst 4. a 5.^{30, 43}
- kořenová inervace z C7-Th1^{30, 43}

Funkce v úchopu: flexe distálních a pomocná flexe proximálních interfalangových kloubů prstů^{30, 43}

6.1.7 Musculus flexor pollicis longus

Jde po radiální straně m. flexor digitorum profundus do canalis carpi a do dlaně, mezi dvě hlavy m. flexor pollicis brevis.³⁰



Obrázek 12: M. flexor pollicis longus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: dlouhý ohýbač palce

Začátek: přední plocha radia, mezi začátkem radiální hlavy m. flexor digitorum superficialis a úponem m. pronator quadratus, a přilehlá část membrána interossea^{30, 43}

Úpon: báze distálního článku palce^{30, 43}

Činnost:

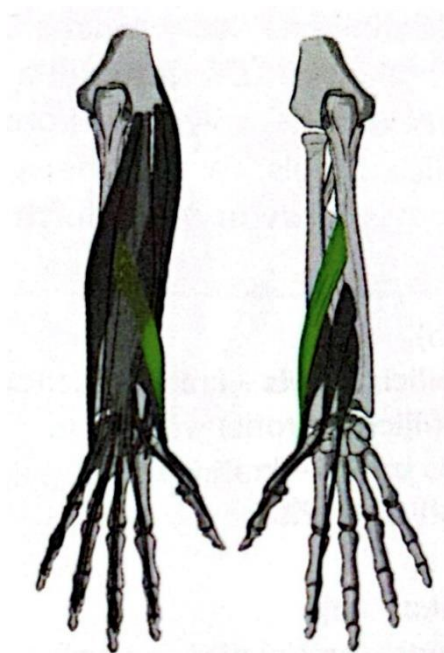
- flexe v interfalangovém kloubu palce^{30, 43}
- pomocná flexe metakarpofalangového kloubu palce^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace z C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: flexe v interfalangovém a pomocná flexe v metakarpofalangovém kloubu palce

6.1.8 Musculus abduktor pollicis longus

Sestupuje v hloubce předloktí šikmo laterodistálně podél radia a membrána interossea. Jeho šlacha přebíhá v dolní části předloktí oba mm. extensores carpi radiales, pak podbíhá retinaculum musculorum extensorum a míří k palci.³⁰



Obrázek 13: M. abduktor pollicis longus pravé a levé předloktí, pohled zezadu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: dlouhý odtahovač palce

Začátek: zadní strana ulny, distálně od úponu m. anconeus, zadní strana radia distálně od úponu m. supinator, přilehlé části membrána interossea³⁰

Úpon: laterální strana báze palcového metakarpu^{30, 43}

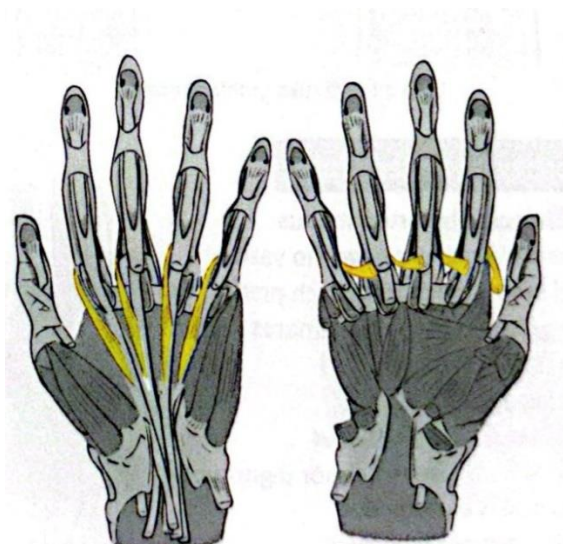
Činnost: abdukce palce, radiální dukce ruky^{30, 43}

Inervace: n. radialis (r. profundus), kořenová inervace z C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: abdukce palce

6.1.9 Musculi lumbricales

Jejich označení „červovité“ pochází podle štíhlého tvaru (lat. lumbricus, dešťovka). Jsou to čtyři svaly číslované od palcové strany – m. lubricalis I-IV.^{30, 43}



Obrázek 14: Mm. lumbricales, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: svaly červovité

Začátek: na šlachách m. flexor digitorum profundus pro 2.-5. prst^{30, 43}

Úpon: palcový okraj dorsální aponeurosy příslušného prstu a báze proximálního článku (laterálně)^{30, 43}

Činnost:

- flexe v metakarpofalangových kloubech^{30, 43}
- tahem za dorsální aponeurosu extendují v interfalangových kloubech^{30, 43}
- dukce prstů v interfalangových kloubech (pomáhají radiálně uklánět prsty)^{30, 43}

Inervace:

- n. medianus (r. profundus) – m. lubricalis I a II^{30, 43}
- n. ulnaris – m. lubricalis III a IV^{30, 43}
- kořenová inervace z C8 a Th1^{30, 43}

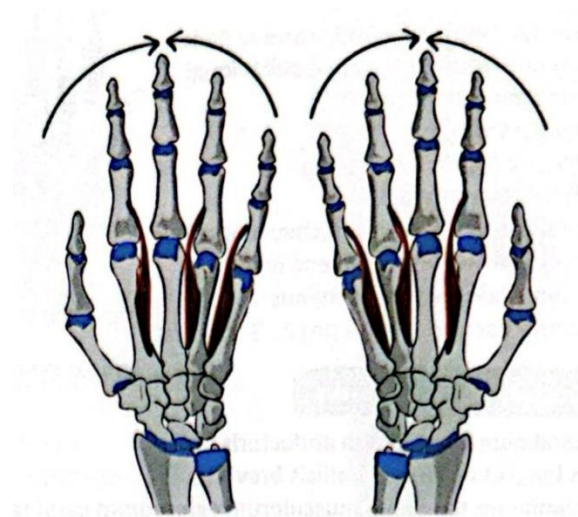
Funkce v úchopu: flexe v metakarpofalangových kloubech prstů

6.1.10 Musculi interossei

Tyto svaly jsou uloženy ve spatia interossea metacarpi a jsou to tři mm. interossei palmares a čtyři interossei dorsales, uložené vedle dorsálních svalů a rozšířené dorsálně od nich.³⁰

Česky: svaly mezikostní

Musculi interossei palmares



Obrázek 15: Mm. interossei palmares levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Začátek: 2. metakarp – mediálně (I), 3. metakarp – laterálně (II), 4. metakarp – laterálně (III)
30. 43

Úpon: dorsální aponeurosa a na bázi proximálního článku 2, 4. a 5. prstu (strany přivrácené směrem ke 3. metakarpu) 30. 43

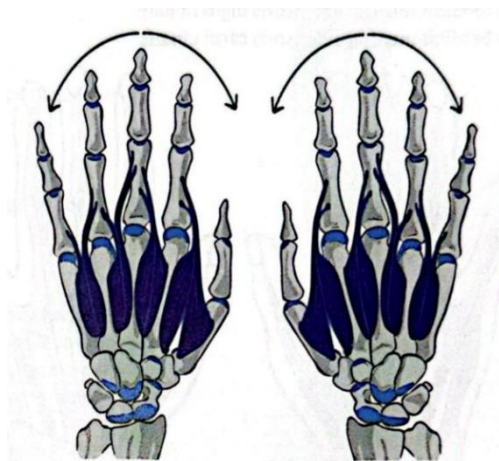
Činnost:

- Flexe prstů v metakarpofalangových kloubech 30. 43
- Extenze článků v interfalangových kloubech (tahem za dorsální aponeurózu) 30. 43
- přiklání 2., 4. a 5. prst ke třetímu (svírají vějíř prstů) 30. 43

Inervace: n. ulnaris (r. profundus), kořenová inervace z C8 a Th1 30. 43

Funkce v úchopu: addukce prstů, pomocná flexe v metakarpofangeálních kloubech prstů

Musculi interossei dorsales



Obrázek 16: Mm. interossei dorsales levá a pravá ruka, pohled zezadu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Začátek: dvě hlavy na sousedních metakarpech – spojení v mezikostním prostoru (tvar stromku) ^{30, 43}

Úpon: dorsální aponeurosa a na bázi proximálního článku 2-5. prstu (strany 3. metakarpu a strany odvrácené směrem od 3. metakarpu), 2. prst – laterálně (I), 3. prst – laterálně (II), 4. prst – mediálně (III), 4. prst – mediálně (IV) ^{30, 43}

Činnost:

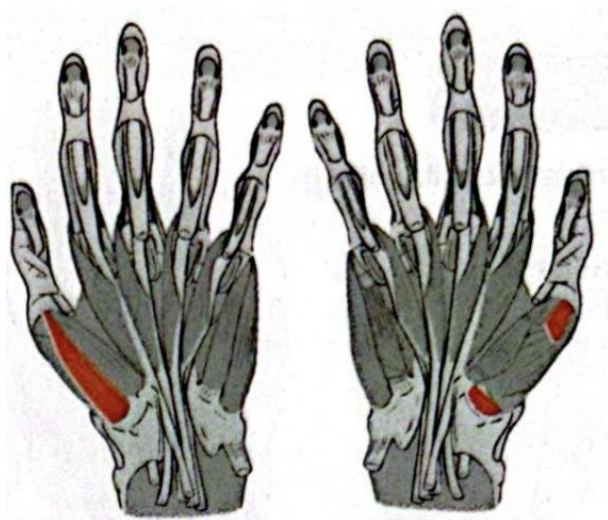
- flexe v metakarpofalangových kloubech ^{30, 43}
- extenze článků v interfalangových kloubech (tahem za dorsální aponeurózu) ^{30, 43}
- odklání 2. a 4. prst od třetího (rozvíjejí vějíř prstů), třetí uklání na obě strany ^{30, 43}

Inervace: n. ulnaris (r. profundus), kořenová inervace z C8 a Th1 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: pomocná flexe v metakarpofangeálních kloubech prstů

6.1.11 Musculus abductor pollicis brevis

Tvoří zevní okraj povrchu palcového valu. Jedná se o plochý sval, který se zužuje směrem k úponu. ³⁰



Obrázek 17: M. abduktor pollucis brevis, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: krátký odtahovač palce

Začátek: eminentia carpi radialis a přilehlá část retinaculum musculorum flexorum ^{30, 43}

Úpon: radiální sesamská kůstka palce a báze proximálního článku palce (laterální strana) ^{30, 43}

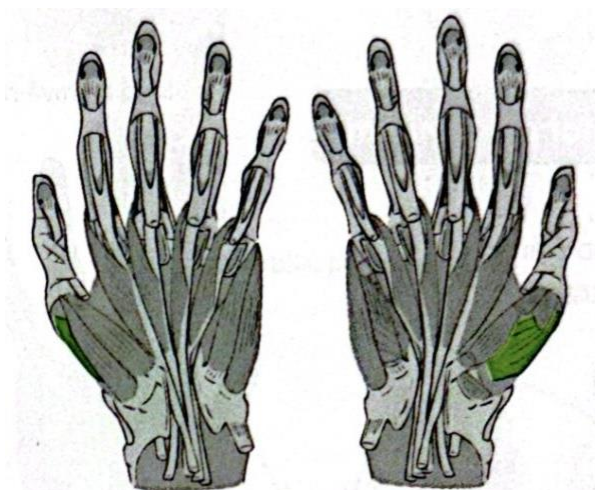
Činnost: abdukce palce, synergista m. abduktor pollicis longus ^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace z C6 a C7 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: abdukce palce

6.1.12 Musculus opponens pollicis

Má tvar destičky, začínající na eminentia carpi radialis. Je kryt svaly: m. abduktor pollicis brevis a m. flexor pollicis brevis. ³⁰



Obrázek 18: M. opponens pollicis, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: oponující sval palce

Začátek: eminentia carpi radialis a přilehly úsek retinaculum muscolorum flexorum^{30, 43}

Úpon: hrana po celé délce radiálního okraje palcového metakarpu^{30, 43}

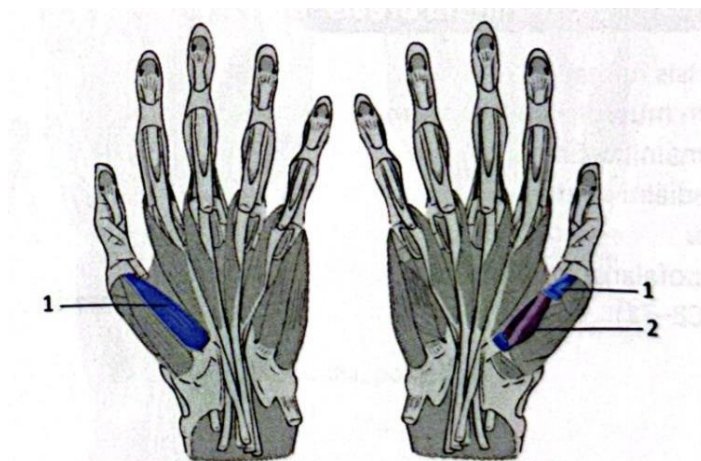
Činnost: staví palec do opozice (do úchopové polohy proti ostatním prstům), flexe palce^{30, 43}

Inervace: n. medianus, kořenová inervace C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: opozice palce vůči ostatním prstům, flexe palce^{30, 43}

6.1.13 Musculus flexor pollicis brevis

Má dvě hlavy a mezi nimi probíhá šlacha m. flexor pollicis longus.³⁰



Obrázek 19: M. flexor pollicis brevis, levá a pravá ruka, pohled zepředu, 1. caput superficiale, 2. caput profundum (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: krátký ohýbač palce

Začátek:

- Caput superficiale – karpální kosti při eminentia carp radialis a přilehlý kraj retinaculum musculorum flexorum^{30, 43}
- Caput profundum – os trapezoideum, os capitatum, ligg. intercarpalia palmaria^{30, 43}

Úpon: obě hlavy se sbíhají na os sesamoideum pollicis laterale a na bázi proximálního článku palce^{30, 43}

Činnost: flexe metakarpofalangového kloubu palce, caput superficialis pomáhá při abdukci palce^{30, 43}

Inervace:

- n. medianus – caput superficiale^{30, 43}
- n. ulnaris (cestou r. profundus nervi ulnaris) – caput profundum^{30, 43}
- kořenová inervace z C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: abdukce palce, flexe metakarpofalangového kloubu palce

6.2 Úchop – „zelená“

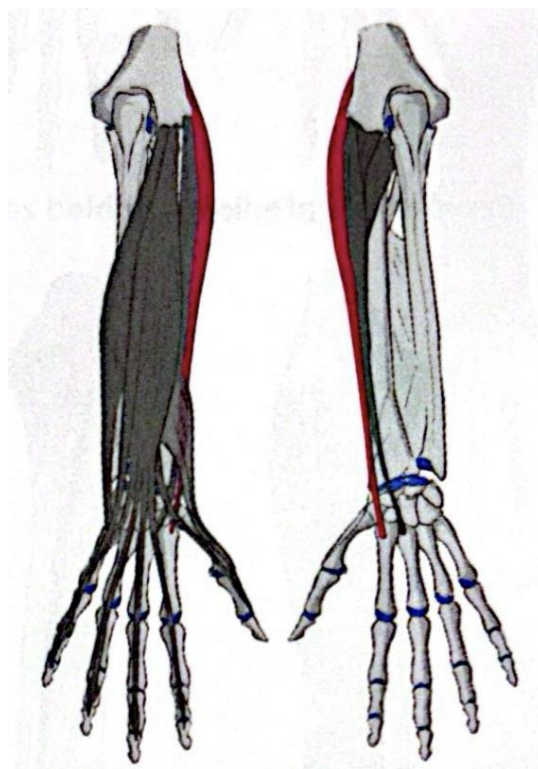
Při tomto úchopu zapojujeme při pohybu z velké části stejné svaly jako při předchozím. Nebudeme zapojovat flexory zápěstí, a naopak přidáme extenzory zápěstí. Nemůžeme extenzory úplně vyřadit ani z předchozího úchopu, ale při tomto úchopu se rozhodně zapojují výrazněji.



Obrázek 20: Úchop sondy, typ „zelená“. Foto autora.

6.2.1 Musculus extensor carpi radialis longus

Sestupuje podél zevní strany radia a přechází na jeho dorsální stranu.³⁰



Obrázek 21: M. extensor carpi radialis longus, pravé a levé předloktí, pohled zezadu, (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: dlouhý zevní natahovač zápěstí

Začátek: humerus – crista supercondylaris lateralis (distálně od m. brachioradialis)^{30, 43}

Úpon: báze 2. metakarpu (dorzální strana)^{30, 43}

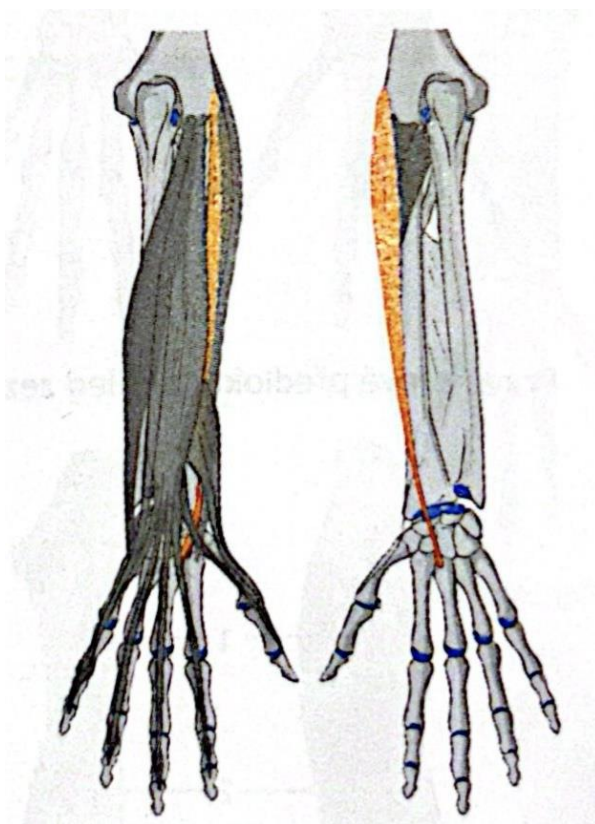
Činnost: dorsální flexe a radiální dukce zápěstí, supinace extendovaného předloktí, pronace flektovaného předloktí^{30, 43}

Inervace: n. radialis (r. superficialis), kořenová inervace z C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: dorsální flexe a radiální dukce zápěstí

6.2.2 Musculus extensor carpi radialis brevis

Probíhá dorsálně od m. extensor carpi radialis longus, jímž je z části zakryt. Jeho šlacha je v další rýze na dorsální straně distálního konce radia.³⁰



Obrázek 22: M. extensor carpi radialis brevis, pravé a levé předloktí, pohled zezadu, (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: krátký zevní natahovač zápěstí

Začátek: humerus – epicondylus lateralis, ligamentum collaterale radiale loketního kloubu, lig. anulare radii^{30, 43}

Úpon: báze 3. metakarpu (dorzální strana)^{30, 43}

Činnost: společná s m. extensor carpi radialis longus – dorsální flexe a radiální dukce zápěstí, supinace extendovaného předloktí, pronace flektovaného předloktí^{30, 43}

Inervace: n. radialis (r. profundus), kořenová inervace z C6 a C7^{30, 43}

Funkce v úchopu: dorsální flexe a radiální dukce zápěstí

6.3 Úchop – lišta

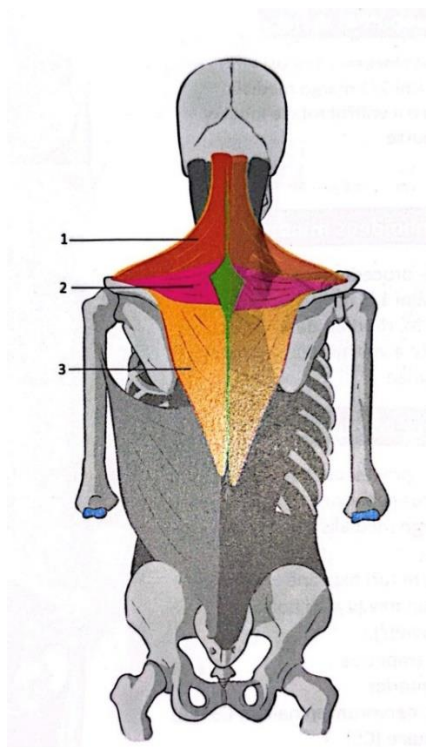
Pro tento úchop se taktéž využívají již zmíněné svaly (kromě flexorů zápěstí), mimo ty i některé ze zádových a hrudních svalů.



Obrázek 23: Úchop sondy, typ „lišta“. Foto autora.

6.3.1 Musculus trapezius

Jeho název je odvozen od tvaru trapézu, který spolu vytvářejí svaly na obou stranách. Jedná se o široký a relativně plochý sval. Je složen ze tří částí podle průběhu vláken a jejich funkce. Spolu s m. latissimus dorsi pokrývají téměř celou plochu zad.^{30,43}



Obrázek 24: M. trapezius – 1. pars decendens, 2. pars transversa, 3. pars ascendens (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: sval trapézový

Začátek:

- Pars decendens (sestupná/kraniální část) – os occipitale, obratle C1-C6 (prostřednictvím ligamentum nuchae) ^{30,43}
- Pars transversa (příčná/střední část) – obratle C7-Th3 (processus spinosus) ^{30,43}
- Pars ascendens (vzestupná/kaudální část) – obratle Th4-Th12 (processus spinosus) ^{30,43}

Úpon:

- Pars decendens – clavicula (zevní konec), acromion, spina scapulae ^{30,43}
- Pars transversa – scapula (spina scapulae – laterální část, horní okraj) ^{30,43}
- Pars ascendens část – scapula (spina scapulae – mediální část po tuberculum deltoideum) ^{30,43}

Činnost:

- Pars decendens – elevace lopatky, retroflexehlavy, fixace lopatky k páteři ^{30,43}
- Pars transversa – retrakce lopatky a fixace k páteři ^{30,43}
- Pars ascendens – deprese lopatky a fixace k páteři ^{30,43}

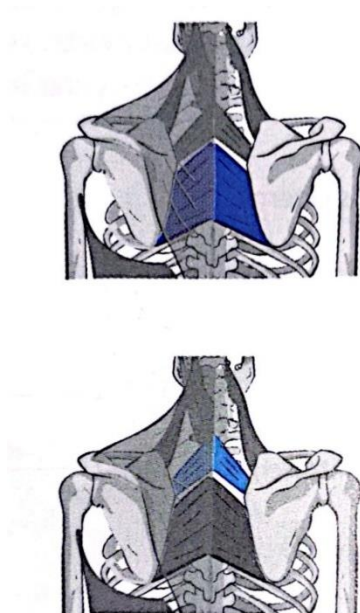
- Při současném stahu pars ascendens a pars descendens dochází k vnější rotaci lopatky (vytáčení dolního úhlu lopatky zevně), což umožňuje zdvihnout paži nad horizontálu (synergista – m. serratus anterior)^{30,43}

Inervace: n. accessorius a k němu připojená vlákna z C3 a C4^{30,43}

Funkce v úchopu: zdvih paže nad horizontálu – vzpažení

6.3.2 Musculi rhombodei (m. rhomboideus minor et major)

Jsou rozepjaty jako tenká vrstva od trnů dolní krční a horní hrudní páteře k vnitřnímu okraji lopatky. Mají paralelní snopce. Patří mezi dolní fixátory lopatek.^{30,43}



Obrázek 25: Mm. rhombodei (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: svaly rhombické

Začátek:

- m. rhomboideus major – Th1 až Th4^{30,43}
- m. rhomboideus minor – trnové výběžky C6 a C7^{30,43}
- oddělení svalů je neúplné a zpravidla podmíněné pouze průchodem cév^{30,43}

Úpon:

- m. rhomboideus major: scapula – kaudální 2/3 margo medialis^{30,43}
- m. rhomboideus minor: scapula – kraniální 1/3 margo medialis^{30,43}

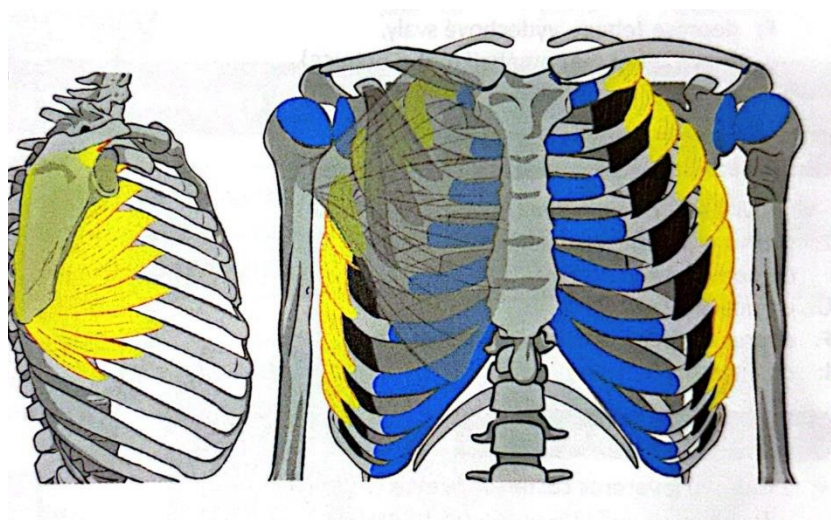
Činnost: elevace, retrakce a vnitřní rotace lopatky^{30,43}

Inervace: n. dorsalis scapulae (kořenová inervace z C4 a C5) ^{30,43}

Funkce v úchopu: posun lopatky při vzpažení

6.3.3 Musculus serratus anterior

Jde o plochý sval jdoucí od žeber po zevní ploše hrudníku dozadu a mediálně, k mediálnímu okraji lopatky.³⁰



Obrázek 26: M. serratus anterior (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: pilovitý sval přední

Začátek: devět zubů na 1. až na 9. žebro, pět dolních zubů se po straně hrudníku střídá se začátky m. obliquus externus abdominis ^{30, 43}

Úpon: mediální okraj lopatky, snopce od 4. žebra a dalších žeber se sbíhají až na angulus inferior scapulae ^{30, 43}

Činnost:

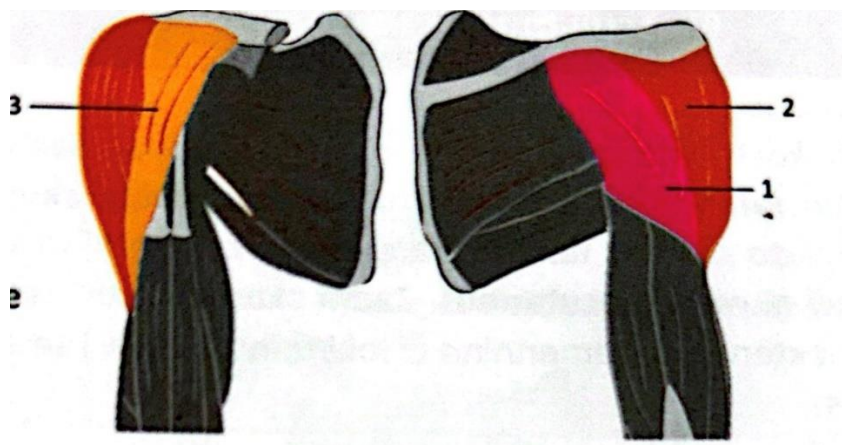
- Protrakce lopatky – přidržuje lopatku k hrudníku a současně tahem za mediální okraj a zejména za dolní úhel vytáčí dolní úhel lopatky zevně ^{30, 43}
- Lopatka tak doplňuje pohyby ramenního kloubu ^{30, 43}
- Vnější rotace lopatky – vytočení dolního úhlu lopatky ven umožňuje abdukci paže nad horizontálu – synergista m. trapezius ^{30, 43}
- Při fixované lopatce pomáhá zdvihat žebra (pomocný vdechový sval) ^{30, 43}

Inervace: n. thoracicus longus, křemová inervace z C5-C7 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: abdukce paže nad horizontálu – vzpažení

6.3.4 Musculus deltoideus

Název má podle tvaru, kterým připomíná řecké písmeno delta Δ . Má tvar části pláště kužele se základnou na spina scapulae, akrominu a na klavikule a s dolů obráceným vrcholem kužele, upnutým na humerus zevně, nad polovinou délky humeru. Od vnějšího okraje m. pectoralis major je oddělen štěrbinou.³⁰



Obrázek 27: M. deltoideus, pravé rameno pohled zepředu a zezadu – 1. pars spinalis, 2. pars acromialis, 3. clavicularis (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: deltový sval

Začátek:

- Pars spinalis: scapula – laterální 2/3 spina scapulae)^{30,43}
- Pars acromialis: scapula – acromion^{30,43}
- Pars clavicularis: clavícula – laterální 1/3^{30,43}

Úpon: humerus – tuberositas deltoidea^{30,43}

Činnost:

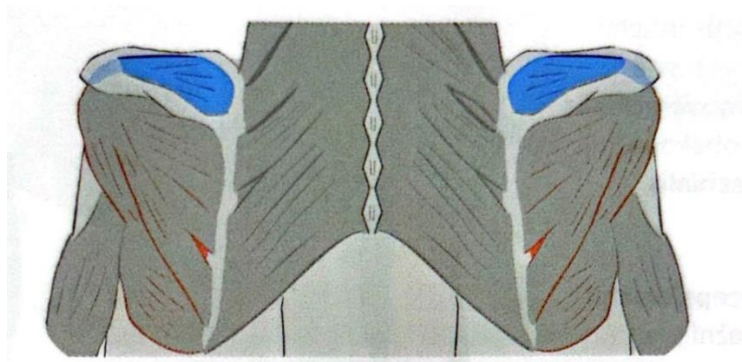
- spinální část se účastní zapažení – dorsální flexe a vnější rotace paže^{30,43}
- akromiální část působí upažení – abdukce paže^{30,43}
- klavikulární část se účastní předpažení – ventrální flexe, abdukce a vnitřní rotace paže^{30,43}
- celý sval klidovým napětím udržuje hlavici ramenního kloubu v jamce, čímž zvyšuje stabilitu ramenního kloubu^{30,43}

Inervace: n. axillaris, kořenová inervace z C5 a C6^{30,43}

Funkce v úchopu: přední část – předpažení a vzpažení

6.3.5 Musculus supraspinatus

Tento sval vyplňuje nadhřebenovou jámu lopatky. Spolu s m. infraspinatus, m. teres minor a m. subscapularis vytváří tzv. rotátorovou manžetu.^{30, 43}



Obrázek 28: M. supraspinatus (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: sval nahřebenový

Začátek: fossa supraspinata lopatky^{30, 43}

Úpon: po zadní straně ramenního kloubu na tuberculum majus humeri^{30, 43}

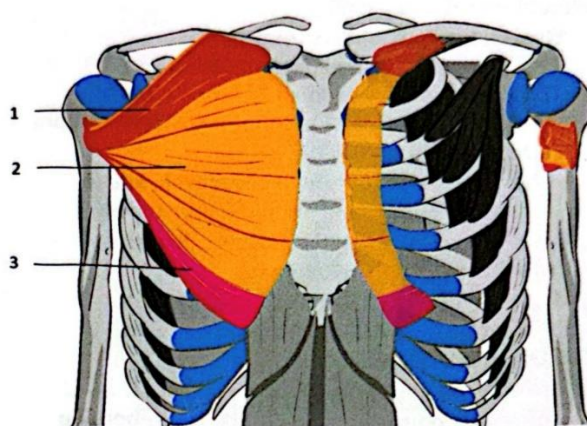
Činnost: pomáhá při abdukci paže, vnější rotace, stabilizace hlavičky pažní kosti v jamce^{30, 43}

Inervace: n. suprascapularis, kořená inervace z C5^{30, 43}

Funkce v úchopu: pomáhá při vzpažení

6.3.6 Musculus pectoralis major

Jedná se o mohutný sval na ventrální straně hrudníku. Podle jeho začátku se může rozdělit na tři části, které jsou schopny samostatné kontrakce.^{30, 43}



Obrázek 29: m. pectoralis major – 1. pars claviculáris, 2. pars sternocostalis, 3. pars abdominalis (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: velký prsní sval

Začátek:

- Pars claviculáris – mediální část klavikuly^{30, 43}
- Pars sternocostalis – sternum až po 7. žebro, chrupavky 1.-7. žebra^{30, 43}
- Pars abdominalis – aponeurózy bočních břišních svalů^{30, 43}

Úpon: humerus – crista tuberculi majoris^{30, 43}

Činnost:

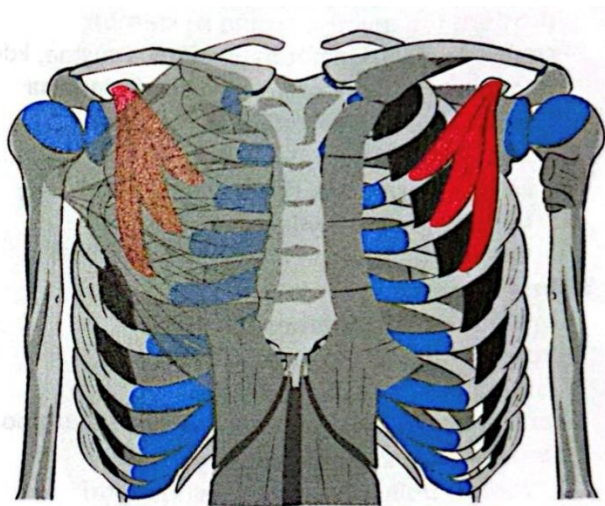
- klavikulární část pomáhá při předpažení a udržuje v něm paži^{30, 43}
- sternokostální a abdominální části addukují paži a rotují ze zevní rotace navnitř^{30, 43}
- při fixované paži sval zdvihá hrudník (šplh)^{30, 43}
- při fixované horní končetině zdvihá žebra (pomocný dýchací sval)^{30, 43}

Inervace: nn. pectorales (lateralis et medialis), z pars supraclavicularis plexus brachialis, kořenová inervace C5-C7 a C8-Th1^{30, 43}

Funkce v úchopu: při fixované paži sval zdvihá hrudník

6.3.7 Musculus pectoralis minor

Jedná se o štíhlejší trojúhelníkový sval krytý m. pectoralis major.³⁰



Obrázek 30: M. pectoralis minor (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)

Česky: malý prsní sval

Začátek: 3., 4. a 5. žebro laterálně od chrupavek ^{30, 43}

Úpon: scapula – processus coracoideus ^{30, 43}

Činnost:

- Protrakce a deprese lopatky – táhne lopatku dopředu a dolů za současného otáčení kloubní jamky ramenního kloubu dopředu ^{30, 43}
- Při fixovaném pletenci pomocný dýchací sval ^{30, 43}

Inervace: n. pectoralis medialis, kořenová inervace z C4 ^{30, 43}

Funkce v úchopu: předpažení

FYZIOLOGICKÁ ČÁST

7 SVALOVÁ KONTRAKCE

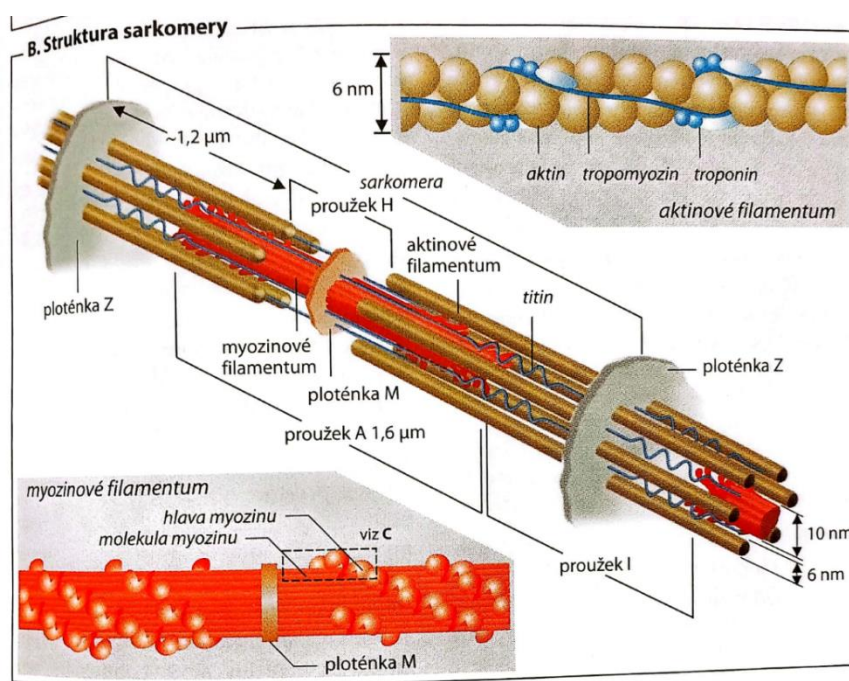
7.1 Sarkomera

Svalová kontrakce se odehrává v nejmenší funkční jednotce svalu – sarkomeře – viz obrázek 31. Podstatou svalové kontrakce je vzájemný posun myozinových a aktinových filament, při kterém se zvyšuje oblast jejich překrývání, přibližují se k sobě ploténky Z a celá sarkomera se tak zkracuje.

Sarkomera je dlouhá přibližně 2 μm a je ohraničena dvěma ploténkami Z. K nim je uprostřed své délky připevněno asi 2000 aktinových filament (polovina filamenta vždy přechází do sousední sarkomery). Uprostřed sarkomery se nachází ploténka M, která spojuje myozinová filamenta, kterých je v každé sarkomeře asi 1000. V sarkomeře se vyskytuje ještě třetí typ filament - titin.

V sarkomeře rozlišujeme následující oblasti:

- Proužek I – oblast v blízkosti Z – disků, kde se nacházejí pouze aktinová filamenta (a titin)
- Proužek A – oblast, kde se myozinová a aktinová filamenta překrývají
- Proužek H – oblast, kde se nacházejí pouze myozinová filamenta, v jejím středu je ploténka M.



Obrázek 31: Stavba sarkomery (SILBERNAGL, Stefan a DESPOPOULOS, Agamemnon. Atlas fyziologie člověka: příklad 8. německého vydání. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.)

7.2 Typy filament v sarkomeře

7.2.1 Aktinové filamentum

Aktinové filamentum je složené ze tří částí: aktinu, tropomyozinu a troponinu. Nejvýraznější část aktinového filamenta tvoří dvoušroubovice, které se také říká F-aktin. Každých 2,7 nm se na F-aktinu nachází aktivní zóna, která může interagovat s myozinem. V klidovém stavu jsou tyto aktivní zóny překryty tropomyozinem. Přibližně každých 40 nm je k tropomyozinu připevněna molekula troponinu. Troponin se skládá z tří podjednotek: troponinu I, který má silnou afinitu k aktinu a v klidu zamezuje pohybu filament, troponinu T, který má silnou afinitu

k tropomyozinu a vzájemně interaguje s aktinem, TN-C i TN-I, a troponinem C, který na sobě má dvě regulační místa pro Ca^{2+} .^{9,18}

7.2.2 Myozinové filamentum

Myozinové filamentum je tvořeno svazkem asi 300 molekul myozinu II. Každá z nich má na jednom svém konci dvě hlavy. Ty jsou přes tzv. krček ohnuté směrem ven a mohou se tak „přichytit“ na aktinová filamenta. Každá hlava na sobě má nukleotidovou kapsu a vazebné místo pro aktin.^{9,18}

7.2.3 Titin

Titin je více než 1000 nm dlouhý protein. Jeho mechanické vlastnosti, konkrétně odpor v natažení, který se (podobně jako u pružiny) zvyšuje při narůstající délce sarkomery, chrání sval před přílišným protažením, které by jej mohlo poškodit. Titin propojuje Z- a M-disky a navíc stabilizuje podélné uspořádání aktinových a myozinových filament.^{9,18}

7.3 Kontrakce

Jak již bylo zmíněno, kontrakce sarkomery je vlastně vzájemný posun aktinových a myozinových filament. Aby k takovému posunu mohlo dojít, musí se nejprve přichytit myozinová hlava na aktinové filamentum. Ovšem aktivní zóna na aktinových filamentech je v klidovém stavu (při nízké koncentraci Ca^{2+}) překryta tropomyozinem. Uvolnění tohoto vazebného místa řídí ionty Ca^{2+} .^{8,9,18}

Ca^{2+} se na základě vzniku akčního potenciálu na sarkolemě a jeho přenesení na membránu sarkoplazmatického retikula (viz kapitola 9.7.1) vylije ze sarkoplazmatického retikula a jeho koncentrace v cytoplazmě se oproti klidovému stavu až stokrát zvýší. Ca^{2+} se naváže na troponin C. To vede k jeho konformační změně, která způsobí, že se tropomyozin „ponoří“ hlouběji do F-aktinové šroubovice. Tím se odkryjí běžně tropomyozinem krytá vazebná místa na aktinu, což umožní vznik aktino-myozinového komplexu, tedy spojení hlavy myozinu a F-aktinových molekul.^{8,9,18}

Samotné navázání myozinu na aktin ovšem nestačí. Aby došlo k posuvu filament, musí se ohnout krček myozinu (asi o 45°). Energie potřebná k jeho ohybu vznikla předchozí hydrolýzou ATP a je v tomto okamžiku již uskladněna na myozinu. Hlava je nyní pevně spojená s aktinem, takže jejím ohnutím dochází zároveň k vzájemnému posuvu filament.^{8,9,18}

Po dokončení pohybu myozinové hlavy se z aktino-myozinového komplexu uvolní ADP. Zatím se ještě myozinová hlava aktinu nepouští, k tomu dojde až po opětovném navázání další molekuly ATP. Ta se okamžitě rozkládá a vzniklá energie se ukládá do krčku, později bude využita pro další ohyb hlavy. Při dostatku Ca^{2+} v cytoplazmě se myozinová hlavička opět naváže na aktin, energie z krčku se uvolní a způsobí další „úder vesla“, k němuž bývá ohyb myozinových hlavic často přirovnáván.^{8,9,18}

8 SVALOVÝ METABOLISMUS

Zkracování svalu znamená vykonávání mechanické práce. Pro její vykonání je potřeba energie, která se získává pomocí řady chemických reakcí, z nichž se některé odehrávají přímo ve svalu, další mimo něj.¹⁸

Pro uskutečnění svalové kontrakce je nutné spotřebovat velké množství ATP. Největší podíl spotřebovaného ATP se využije ke vzájemnému pohybu aktinových a myozinových vláken. Dále je velká část ATP spotřebovaná k čerpání Ca^{2+} iontů ze sarkoplazmy do sarkoplazmatického retikula a do extracelulárního prostoru a také na Na/K ATPázu.^{18,9}

Ve chvíli, kdy sval zrovna nepracuje, se do sarkoplazmy ukládá malá zásoba ATP, která je okamžitě k dispozici, jakmile se sval začne stahovat. Tato zásoba ale není příliš velká, energetickou spotřebu intenzivní svalové práce/plné kontrakce dokáže pokrýt po dobu jedné až dvou sekund. Zde je nutné zmínit, že energie se z ATP uvolňuje hydrolýzou, tj. degradací molekuly ATP na molekulu ADP. Ve chvíli, kdy se spotřebuje zmiňované „předpřipravené“ ATP, je potřeba vzniklé molekuly ADP refosforylovat. K tomu se využívají různé energetické zdroje, v první fázi kreatinfosfát (CP). Jeho rezervy, které vystačí podle některých zdrojů na 9, podle dalších i na 10–20 vteřin, umožňují krátkodobý špičkový výkon (například běh na 100 m). V molekule kreatinfosfátu má fosfátový zbytek přibližně stejný (resp. o trochu vyšší) chemický potenciál jako ATP, takže je štěpením jedné molekuly kreatinfosfátu možné přeměnit jednu molekulu ADP na ATP.^{18, 8, 9, 20, 19,}

Po vyčerpání zásoby kreatinfosfátu postupně nastupuje anaerobní glykolýza a aerobní oxidace glukózy a mastných kyselin. Oba tyto procesy nabíhají relativně pomalu, proto je důležité vytváření zásoby ATP a CP ve svalu v době, kdy sval nepracuje.^{8, 9, 18}

Maximum anaerobní glykolýzy nastupuje asi po 30 sekundách od začátku svalové kontrakce. Glukóza, která je během této reakce rozkládána, je ve svalech uskladněná v glykogenu. (Glukózu jako takovou zde pro její osmotickou aktivitu uchovávat nelze, jelikož by ve vysokých koncentracích uvnitř buňky vytvářela silně hypertonické prostředí, a buňka by tak začala nasávat vodu. Glykogen je na rozdíl od glukózy nerozpustný a má tak mnohem menší osmotickou aktivitu.) Ve svalu uložený glykogen je odbouráván přes glukózo-6-fosfát na kyselinu mléčnou a glukózový zbytek. Při této reakci vznikají 4 molekuly ATP, anaerobní glykolýza tedy není příliš efektivní. Při lehčí námaze laktát stíhá být odplavován do srdce a do jater, kde je metabolizován za spotřeby H^+ . Při větší svalové zátěži se ale většina kyseliny mléčné nestíhá odplavit. Větší množství kyseliny mléčné nahromaděné v buňkách svalu způsobuje výrazný pokles pH a tím zároveň inhibici důležitých enzymů, především svalových ATPáz.^{8, 9, 18}

Proto existuje další, účinnější a dlouhodoběji udržitelný způsob získávání ATP, a tím je aerobní regenerace ATP z glukózy a tuků. Její celkový čistý výtěžek činí přibližně 32 molekul ATP na molekulu glukózy. Aby bylo pro oxidativní metabolismus zajištěno dostatečné množství kyslíku, zvyšuje se ventilace a srdeční minutový výdej. Než se srdce a plíce stačí přizpůsobit,

pokrývá se spotřeba kyslíku zvýšeným odběrem z krve a využitím zásoby O_2 z myoglobinu, navíc v tuhle chvíli ještě běží i anaerobní glykolýza, která s vytvářením dostatečného množství energie pomáhá.^{8, 9, 18}

Anaerobní glykolýza se také může opakovaně do získávání ATP zapojit v případě, že je překročena hranice vytrvalostního výkonu. V tomto okamžiku není příjem O_2 pro oxidativní fosforylaci v rovnováze se spotřebou, proto například trvale stoupá tepová frekvence. Protože aerobním metabolismem už nestíháme získávat všechnu potřebnou ATP, nastartuje se i anaerobní glykolýza. Ale jak už bylo zmíněno výše, důsledkem vysoké anaerobní regenerace ATP je hromadění kyseliny mléčné, respektive iontů H^+ vznikajících při její disociaci na laktát, ve svalech, což vede k poklesu pH, který tlumí chemické reakce potřebné pro svalovou kontrakci, vzniká proto nedostatek ATP, což vede k rychlé únavě a nakonec i k přerušení výkonu.^{18, 9}

Při svalových výkonech v rozmezí dvou až čtyř hodin se k získávání energie používají přednostně sacharidy, při déletrvajícím zátěži se začínají využívat i mastné kyseliny. Ve chvíli, kdy skončí větší svalová zátěž, se musí nahromaděné vedlejší produkty metabolismu, především kyselina mléčná, za spotřeby O_2 odbourat. Rovněž se musí doplnit O_2 na myoglobin, obnovit zásoby ATP a kreatinfosfátu. Množství O_2 , které se po skončení kontrakce využije na tyto účely (nezapočítáváme klidový metabolismus), se nazývá kyslíkový dluh.^{8, 9, 18}

8.1 Typy svalových vláken

Existují tři typy svalových vláken. Celkově svalová vlákna rozdělujeme na dvě skupiny – červená a bílá, která se dále rozdělují na dva podtypy. Tato vlákna mají rozdílné mechanické vlastnosti a metabolické požadavky. Červená vlákna jsou označována také jako *pomalá*, bílá zase jako *rychlá*. Jak oba názvy napovídají, navenek se liší především zabarvením a rychlostí odpovědi na signál, že se mají začít stahovat.^{8, 9, 18, 14}

8.1.1 Červená vlákna

Červená vlákna typu I SO [slow oxidative] na akční potenciál mechanicky odpovídají poměrně pomalu (v řádech desítek ms), odpověď zároveň trvá dlouho (až 200 ms). Uplatňují se při dlouhodobém výkonu, nejsou sice schopná působit velkou silou, ale dovedou udržovat menší napětí po dlouhou dobu, aniž by se energeticky vyčerpala. Jejich metabolismus je převážně aerobní, jsou tedy závislá na stálém přísunu kyslíku. Jsou proto obklopena hustou sítí kapilár a v sarkoplasmě mají četné mitochondrie a značné množství myoglobinu, nicméně o to menší je zde hustota kontraktilních filament.^{8, 9, 18, 14}

Červené zabarvení pomalých svalových vláken způsobuje myoglobin, který přebírá kyslík od hemoglobinu a ukládá ho „do zásoby“ pro využití v dýchacím řetězci. Myoglobin má oproti hemoglobinu výrazně vyšší afinitu k O_2 , proto ho uvolňuje až ve chvíli, kdy se koncentrace kyslíku ve svalovém vlákně výrazně sníží.^{8, 9, 18, 14}

8.1.2 Bílá vlákna

Bílá vlákna (rychlá, vlákna II. typu, F [fast]) na jeden akční potenciál odpovídají rychleji než červená (jednotky ms), jejich odpověď zároveň trvá kratce (50 ms). Mají jinak uspořádaný myozin, což jim umožňuje při stahu dosáhnout větší síly. Jsou specializována především na přesné a rychlé pohyby, nacházejí se například v některých svalech ruky. Jejich sarkoplazmatické retikulum umí najednou rychle uvolnit velké množství Ca^{2+} . Obsahují hodně glykogenu a málo myoglobinu, uplatňují se tedy pro rychlou, krátkou kontrakci, která může probíhat v anaerobních podmínkách.^{8, 9, 18, 14}

Únavě odolná rychlá vlákna typu IIA, FOG [fast oxidative glykolytic], mají relativně rychlý nástup kontrakce a rovněž mají poměrně dobrou aerobní kapacitu, odolávají tak únavě po dobu několika minut. Probíhá u nich ale i anaerobní glykolýza.^{8, 9, 18, 14}

Unavitelná rychlá vlákna typu IIB k udržení kontrakce využívají anaerobní glykolýzu. Obsahují poměrně velké zásoby glykogenu, ale vzhledem k malé účinnosti přeměny glykogenu na ATP se zásoby rychle vyčerpají a přemění na laktát. Aby tato vlákna znovu nabyla svoji původní funkčnost, potřebují po vyčerpání několikahodinovou regeneraci.^{8, 9, 18, 14}

8.2 Energetický metabolismus bílých a červených svalových vláken

8.2.1 Energetický metabolismus červených svalových vláken

Mastné kyseliny (především MK, jako zdroj mohou sloužit i další sloučeniny, například glukóza nebo aminokyseliny) se β -oxidací oxidují na acetyl-CoA, který následně vstupuje do Krebsova cyklu. V něm vznikají redukované koenzymy FADH_2 a NADH , které předávají elektrony proteinovým komplexům na vnitřní membráně mitochondrie. Tyto elektrony se dostávají ke kyslíku (akceptor), který se díky elektronům redukuje a reaguje tak s vodíkem za vzniku vody. Důsledkem přenosu protonů z mitochondriální matrix do mezimembránového prostoru, ke kterému během dýchacího řetězce dochází, se vytváří protonový gradient, který je zdrojem energie pro syntézu ATP pomocí F_0F_1 -ATPázy.^{29, 8, 9, 18}

8.2.2 Energetický metabolismus bílých svalových vláken

Jak již bylo zmíněno výše, bílá vlákna nemají zásobu O_2 , zato mají značné zásoby glykogenu. Proto preferují anaerobní glykolýzu. Během ní se glukóza z glykogenu rozkládá na pyruvát, ATP a NADH . V přítomnosti kyslíku by se NADH reoxidoval na NAD^+ v rámci dýchacího řetězce. V anaerobních podmínkách se rovněž reoxiduje (NAD^+ je nezbytný pro další glykolýzu), ovšem na rozdíl od aerobních podmínek se tak děje pomocí redukce vznikajícího pyruvátu na laktát. Laktát je odplavován do jater, kde je Coriho cyklem opět přeměněn na glukózu.^{8, 14}

Další reakce, která pomáhá se syntézou ATP, je disproporcionální dělení dvou molekul ADP na ATP a AMP, AMP je následně deaminován na IMP.^{8, 14}

9 ŘÍZENÍ SVALŮ NERVOVOU SOUSTAVOU

Svalová soustava je řízena nervovou soustavou. Centrální nervový systém přijímá informace, vyhodnocuje je, a vytváří na jejich základě „příkazy“ pro jednotlivé svaly. Celkově můžeme motilitu rozdělit na volní a mimovolní. Tato kapitola se zaměří především na volní pohyby, jelikož ty v lezení zpravidla převládají (samozřejmě používáme i mimovolní pohyby, například reflexy – když nám např. sklouzne noha, držení rovnováhy, a jak bude zmíněno v pozdější části textu, s narůstající lezeckou zkušeností se část volních pohybů přesouvá do mimovolní, automatizované oblasti řízené bazálními ganglii).^{9,10,18}

Před uskutečněním vědomého pohybu musí dojít k následujícím procesům: rozhodnutí („*Chci se pravou rukou chytit bílého chytu,*“ „*Musím tedy pravou ruku zvednout a sevřít ji*“), programování pohybu („*Toto je můj program*“ – *mozek si určí, které svaly se svalu zúčastní, jak mají jejich stahy/uvolnění být načasované, jak silně se mají stáhnout...*), povel k pohybu („*Ted' zvedni ruku a chyt' se!*“), provedení pohybu (*samotný pohyb ruky*).⁹

Při řízení pohybu hrají nejdůležitější roli mozková kůra, mozeček, bazální ganglia a mozkový kmen a mícha. Tyto oblasti vzájemně spolupracují a předávají si signály a informace, zároveň mezi nimi však existuje jistá hierarchie – obecně bývají evolučně novější struktury nadřazené těm starším, tedy například mozková kůra je nadřazena mozkovému kmeni.^{8,9,10,18}

9.1 Mícha

Mícha funguje jako most mezi CNS a PNS. Z CNS přijímá příkazy pro konkrétní svaly a předává je motoneuronům, které svaly inervují. Z PNS naopak přijímá senzorické informace, které pro mozek fungují jako zpětná vazba, díky které může poupravit příkazy a jemněji tak regulovat pohyb.^{9,10,18}

9.2 Mozkový kmen

V rámci mozkového kmene je pro řízení pohybu důležitý především Varolův most a střední mozek. Varolův most je propojen s vestibulárním systémem a mozečkem a zapojuje se tak do regulace pohybu a postoje. Střední mozek je rovněž významný pro volní motoriku, a to především jako koordinátor pohybů.^{9,10,18}

9.3 Mozeček

Úloha mozečku je v řízení motoriky velmi významná. Zpracovává informace z vestibulárního aparátu a proprioreceptorů a tyto informace využívá ke koordinaci motorické aktivity a udržování rovnováhy. V rámci korového mozečku také zpracovává signály z motorické kůry a spolupracuje s ní tak na řízení volní činnosti. Celkově mozeček díky propojení signálů z různých center v mozku i zpětné vazby ze svalů dokáže zprostředkovávat velmi jemnou regulaci a přesnost pohybů.

9.4 Mozková kůra

Mozková kůra má v řízení pohybu hlavní úlohu. Pro uskutečnění cíleného pohybu za spoluúčasti ostatních mozkových oblastí vybírá nejvhodnější motorický program.^{9,10,18}

9.5 Bazální ganglia

Bazální ganglia významně zasahují do řízení volných i mimovolných pohybů. Jedna z jejich hlavních funkcí je automatizace pohybových vzorců, což umožňuje rychlé, efektivní a plynulé řízení a vykonávání pohybů, které zároveň vyžaduje minimální vědomou kontrolu a plánování. Využívání pohybových vzorců uložených v paměti zrychluje celý proces plánování a řízení pohybu a navíc šetří energii, která by byla potřebná pro vytváření daného vzorce znovu a znovu.^{9,10,18}

Jak už bylo částečně naznačeno výše, rozdělení určitých částí řízení pohybu není absolutní, liší se nejen mezi jedinci, ale i v čase u konkrétního jedince. Záleží na tom, kolik zkušeností s určitou pohybovou aktivitou (v našem případě lezením) máme. Porovnejme si aktivitu jednotlivých center v mozku zkušeného lezce a lezce začátečníka. Nezkušený lezec musí víc používat motorickou kůru a mozeček, jeho plánování pohybů je vědomé a musí se na něj soustředit, zatímco zkušenější lezec má značnou část pohybů již automatizovanou a uloženou v bazálních gangliích. Díky tomu je jeho lezení celkově plynulejší, efektivnější a „nevyžaduje tolik přemýšlení.“^{9,10,18}

9.6 Přenos signálů z CNS k motoneuronům

Z motorické kůry vedou signály k motorickým neuronům v míše. Přenos těchto signálů zprostředkovávají dva typy drah – pyramidové a extrapyramidové.^{9,10,18}

Pyramidová dráha (rovněž *přímá*) vede k motorickým neuronům v míše bez přerušení. Z každé hemisféry vychází jedna taková dráha a cestou k míše se kříží. Převádí signály pro jemné, rychlé, zručné svalové pohyby.^{9,10,18}

Extrapyramidová dráha (rovněž *nepřímá*, *mimopyramidová*) je ve své délce tvořena více neurony. Proto přenos signálů jejím prostřednictvím trvá o něco déle než u pyramidové. Součástí nepřímé dráhy jsou motorická centra v mozkovém kmenu. Extrapyramidová dráha přenáší spíše signály sloužící k provádění mimovolných pohybů, například udržování rovnováhy.^{9,10,18}

Ve ventrálním míšním rohu se přijme signál z pyramidové nebo extrapyramidové dráhy motoneuron. Ten už vede signál až ke svalu – na nervosvalovou ploténku. Mimochodem, axony těchto neuronů patří k nejvíce myelinizovaným v těle. Než se začnou terminálně větvit, dokáží akční potenciály vést až rychlostí 120 m/s. Jeden motoneuron může vytvářet jednotky až stovky nervosvalových plotének.^{9,10,18}

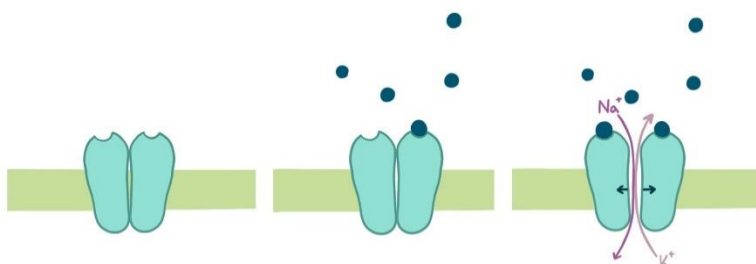
9.7 Přenos vzruchu na nervosvalové ploténce

Každé vlákno je inervováno jedním motoneuronem a je s ním zpravidla spojeno jednou nervosvalovou ploténkou, která se nachází většinou v polovině délky svalového vlákna. Skupina svalových vláken, která jsou inervována jedním motoneuronem, se nazývá motorická jednotka. Obecně platí, že svaly, které vykonávají rychlé a precizní pohyby (například svaly prstů ruky), mají menší motorické jednotky než svaly, které nepotřebují tak jemnou regulaci pohybů, ale naopak větší sílu (například m. quadriceps femoris).^{8,9,18}

9.7.1 Nervosvalová ploténka

Nervosvalová ploténka je funkční spojení dvou vzrušivých tkání – svalového vlákna a míšního motoneuronu. Je to vlastně chemická synapse, která má ovšem svá funkční a strukturální specifika. Ta vedou k tomu, že synapse přenáší akční potenciál z axonu na svalové vlákno s téměř 100% pravděpodobností.^{8,9,18}

Na základě akčního potenciálu v motoneuronu se z presynaptické membrány uvolní váčky s acetylcholinem, který úzkou synaptickou štěrbinou difunduje k postsynaptické membráně (sarkolemě) a naváže se zde na nikotinové acetylcholinové receptory. Receptory otevřou iontové kanály a způsobí, že z extracelulárního prostoru začne do buňky na základě elektrochemického gradientu proudit Na^+ (zároveň v mnohem menší míře proudí K^+ ven z buňky). Vnik kladně nabitých iontů do sarkoplazmy lokálně depolarizuje sarkolemu (= vznikne ploténkový potenciál, EPP)^{8,9,18}



Obrázek 32: Otevření iontových kanálů po navázání acetylcholinu na receptor. Po navázání acetylcholinu na obě podjednotky nikotinového acetylcholinového receptoru se otevře iontový kanál a do buňky začnou pronikat sodné ionty, zatímco ven z buňky (v mnohem menší míře) proudí ionty draselné.

Vyprázdnění jediného váčku s acetylcholinem a navázání jeho obsahu na receptory postsynaptické membrány ovšem k vybavení postsynaptického akčního potenciálu nestačí. Aby došlo ke vzniku akčního potenciálu, musí depolarizace překročit prahovou hodnotu asi -55 až -50 mV, k čemuž dojde až po vylití asi stovky presynaptických váčků. Pokud EPP dosáhne této prahové hodnoty, otevřou se napětově řízené kanály pro Na^+ a vznikne tak akční potenciál, který se šíří celou sarkolemou. Ze sarkomery je v oblasti T-tubulů přenesen na sarkoplazmatické retikulum, které uvolní do sarkoplazmy Ca^{2+} . Na základě jednorázového vylití Ca^{2+} dochází ke kontrakci a následné relaxaci. Aby kontrakce trvala delší dobu, musí se neustále vylévat další kalciové ionty, jelikož ty vylité jsou neustále odčerpávány zpět

do sarkoplazmatického retikula. Jakmile je kontrakce jednou zahájena, trvá, dokud je koncentrace kalciových iontů dostatečně vysoká.^{8,9,18}

Z předchozího textu vyplývá, že intenzita svalové kontrakce je určována množstvím acetylcholinu vylitého v synaptické štěrbině. Proto je pro její řízení nutné zajistit mechanismus, jak se acetylcholinu ze synaptické štěrbiny zbavit. Tyto mechanismy existují dva, jednak difuze acetylcholinu pryč ze synaptické štěrbin, ale především rozkládání acetylcholinu enzymem acetylcholinázou.^{8,9,18}

9.7.2 Relaxace svalu

Jak již bylo zmíněno, kontrakce svalu trvá, dokud se v sarkoplazmě nachází dostatečné množství vápenatých iontů. Aby tedy došlo k relaxaci, musí být tyto ionty přečerpány zpět přes membránu do sarkoplazmatického retikula. K tomu slouží Ca^{2+} pumpa, která za spotřeby ATP pumpuje vápenaté ionty do sarkoplazmatického retikula a do extracelulárního prostoru. Je-li koncentrace Ca^{2+} dostatečně snížena, přeruší se interakce aktinu a myozinu a sval se uvolní.^{8,9,18}

Ca^{2+} pumpa musí být velmi účinná, proto až 80 % membrány sarkoplazmatického retikula tvoří právě Ca^{2+} pumpa. Její činnost závisí na přítomnosti Mg^{2+} , jelikož zde dochází k „výměně“ jednoho hořčnatého iontu za dva vápenaté za hydrolýzy ATP. Energii tedy spotřebovává nejen svalová kontrakce, ale i relaxace. Zde ještě stojí za zmínku další funkce hořčnatých iontů ve svalu – Mg^{2+} zabráňuje vzniku svalových křečí.^{8,9,18}

10 KRITICKÁ SÍLA

Je jasné, že výkonnost sportovce je ovlivněna řadou faktorů. Jedním z nich je vztah mezi dobou trvání zapojení svalů nebo svalových skupin a silou, která je použita. Na první pohled by se mohlo zdát, že s narůstající silou bude doba, po níž je možné tuto sílu udržet, klesat lineárně. Bylo ale zjištěno, že tomu tak není.^{57, 59}

Maximální sílu je možné udržet jen po velmi krátkou dobu. Když budeme postupně snižovat sílu, všimneme si, že výdrž exponenciálně narůstá. V určitém okamžiku tak dojdeme do bodu, kdy používáme sílu, kterou je podle dané křivky možné udržet po nekonečně dlouhou dobu. A právě tato síla se nazývá *kritická*.^{57, 58, 59}

Tento název pochází z angličtiny – *critical force* (CF). Toto označení je typické, když se jedná o kritickou sílu lezců. Když jde o jiné sporty, častěji se setkáme s označením *critical power* (CP), nebo případně *critical speed* (CS), protože se tato hodnota často sleduje u běžců a cyklistů, kde je praktičtější místo síly počítat s rychlostní, kterou dokáží udržet po nekonečně dlouhou dobu.^{58, 59}

Pro sportovce by tedy mělo být možné udržet výkon, který je pod jeho kritickou silou, po nekonečně dlouhou dobu. Je ale nutné zmínit, že se jedná pouze o teoretický pojem, jelikož není možné udržet i velmi malou sílu po nekonečně dlouhou dobu. I když je toho totiž sval

schopný z hlediska metabolismu, po určité době by vždy došlo k mechanickému opotřebování těla. Proto je tedy kritická síla chápána jako hranice mezi silou (případně rychlostí), kterou lze udržet po velmi dlouhou dobu, a silou pro krátkodobý (ale intenzivnější) výkon sportovce. Díky tomu bývá často označována jako „práh únavy“. ^{57, 58, 59}

10.1 Kritická síla a metabolismus

Co se týče metabolismu, je pro kritickou sílu naprosto klíčový aerobní charakter. ⁵⁹

Z metabolického hlediska je totiž kritická síla nejvyšší možná síla, která ještě získává energii pouze oxidativní fosforylací, tedy nepřekročí anaerobní práh. Díky tomu nedochází ke zvýšení množství laktátu v krvi a rozpadu PCr. Právě proto je možné danou sílu udržet tak dlouho. ⁵⁹

Tato hodnota by se dala z metabolického hlediska sledovat také pomocí VO_{2MAX} a laktátového prahu. Sledovat tyto hodnoty při tréninku je ovšem mnohem náročnější, proto je praktické pro nastavení správné intenzity tréninku využít právě kritickou sílu. Hranice kritické síly tedy představuje anaerobní práh v podobě, která je pro sportovce lépe uchopitelná. ^{57, 59}

Přestože je možné určit kritickou sílu jedince, je nutné si uvědomit, že na její momentální hodnotu mají vliv různé faktory, jako například únava v daný den. Odchyłka naměřené kritické síly je asi 5 %. Proto je velmi těžké, aby sportovec cvičil přesně na své kritické síle. Riskujeme totiž, že jeho skutečná kritická síla je nižší než naměřená hodnota. A tak by ve skutečnosti používal sílu, na jejíž udržení používá energii získanou nejen aerobně, ale i anaerobně. Docházelo by tedy k tvorbě laktátu, který není okamžitě odbouráván a nebylo by tedy možné vydržet toto cvičení po nekonečně dlouhou dobu. ^{57, 59}

10.2 Práce vykonatelná nad CF

Po překročení kritické síly lze vykonat jen určitou práci, než dojde k vyčerpání svalu nebo svalové skupiny. Tato práce se značí W' . I její hodnota je pro sportovce zásadní. Během cvičení totiž sportovci nezůstávají pod hranicí kritické síly. Naopak, často potřebují použít sílu (případně rychlost), která je vyšší. Proto je důležité, aby W' byla co nejvyšší, tedy aby byli schopni vykonat co největší množství práce po překročení dané hranice.

W' lze spočítat pomocí rovnice $T_{lim} = W' / (P - CP)$, kde T_{lim} je čas, po jaký lze danou sílu udržet, P je použitá síla (vyšší než CP) a CP je kritická síla. ^{57, 58 59}

10.3 Metody zjištění kritické síly lezců

Jelikož při použití síly nižší, než je kritická, nevzniká laktát, mohlo by nás napadnout zjistit kritickou sílu postupným zvyšováním zátěže a sledováním množství laktátu v krvi. Toto by fungovalo u zjištění kritické síly celého těla. Častěji nás však zajímá konkrétní sval. Při použití této metody by ale laktát mohl být tvořen jiným svalem v těle (takovým, který překročil hranici kritické síly) než tím, jehož kritickou sílu chceme určit. Proto tento způsob nefunguje. ⁵⁹

Existuje více způsobu, jak zjistit kritickou sílu svalu. V naší práci se zaměříme na určování kritické síly flexorů prstů horní končetiny. Zde se dá využít více typů testů. Jelikož kritická síla není stále úplně objasněna, nemusí být jejich výsledky zcela přesné. Tím se budeme blíže zabývat v naší praktické části.⁵⁸

Testy, které nyní představíme, jsou prováděny na speciální liště o přesné hloubce určené právě k měření síly flexorů prstů. Na výsledky testů mají také vliv úchop a postoj testované osoby. S jiným úchopem nebo v jiném postavení totiž dochází k jinému zapojení svalů, a tedy k jiným výsledkům.^{58, 59}

10.3.1 3 – parametrový vícenávštěvový protokol CF

Testovaný jedinec prochází třemi testy do vyčerpání, které mezi sebou mají časový rozestup buď 20 minut, nebo více než 24 hodin. V tomto testu používá jedinec obě ruce. Poprvé působí silou, která je 45 %, podruhé 60 % a potřetí 80 % jeho maximální síly. Takto pokračuje do vyčerpání. Pomocí doby, po jakou byl schopen danou sílu udržet, lze vypočítat kritickou sílu (pomocí dříve zmíněné rovnice).^{56, 59}

V návaznosti na tento test byl vytvořen All-out test, který si představíme dále.^{58, 59}

10.3.2 All-out test

Test začíná zahřátím (např. běh, rychlá chůze apod.), které trvá cca 5 minut. Dále následuje protažení a rozlezení se na stěně, které trvá také přibližně 5 minut.⁵⁹

Následuje samotný test. Ten se skládá ze série přerušovaných izometrických kontrakcí testovaných svalů. Testovaný jedinec působí maximální silou po dobu 7 sekund. Poté si může 3 sekundy odpočinout. V rámci této fáze si „vyklepává“ ruku. To má obrovský vliv na výsledky testu. Kdyby k vyklepávání nedošlo, byly by výsledky mnohem horší. Při vyklepání totiž dochází k přirozené reoxidaci svalu.^{56, 59, 60}

Síla, kterou testovaný dokáže působit, s rostoucím počtem opakování klesá. Z posledních tří kontrakcí je následně určena kritická síla testovaného jedince.^{56, 60}

10.3.3 Stupňovaný test

Stejně jako u All-out testu začneme zahřátím a rozlezením.⁵⁹

Test probíhá na stejné liště, se stejným úchopem a ve stejném postavení. Opět je dodržován interval 7 sekund kontrakce a 3 sekundy odpočinku, kdy si jedinec vyklepává ruku. Rozdíl je ale v použité síle. Nepoužívá se totiž maximální síla, ale pouze 5 % z ní. Po každých šesti kontrakcích se síla zvýší o 5 %. Test takto pokračuje tak dlouho, jak dlouho jedinec dokáže udržet požadovanou sílu, tedy až do úplného vyčerpání svalů.⁵⁹

Vyhodnocení tohoto testu není tak jednoduché jako u All-out testu, používá se NIRS Portamon. V průběhu testu je totiž na svalu přiložen NIRS senzor, který měří absorpci světla (blízkého infračervenému záření), díky čemuž lze určit oxidační stav tkáně.^{59, 61}

10.4 Význam kritické síly

Pro sportovce je kritická síla zásadní, protože determinuje jejich výkonnostní limity. Je také důležité zmínit, že je u každého jedince jiná a je možné ji tréninkem posunout. Zvýšení hranice kritické síly vede k lepším sportovním výkonům.^{57, 58}

V lezení hraje také významnou roli. CF určuje silové schopnosti lezce. Čím je vyšší, tím náročnější cesty dokáže lezec překonat, aniž by se příliš unavil. Pomocí kritické síly lze pak například správně nastavit intenzitu tréninku.^{57, 58}

PRAKTICKÁ ČÁST

V naší praktické části jsme se blíže věnovaly kritické síle a jejímu měření. Také jsme zjišťovaly své maximální síly v různých úchopech. Pomocí tréninkového plánu jsme se pokusily kritickou sílu zvýšit. Zjistily jsme, zda tento trénink také změnil naše maximální síly.

11 SPOLUPRÁCE S FAKULTOU TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU UNIVERZITY KARLOVY

V rámci naší praktické části jsme se spojily s doc. Jiřím Balášem z Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy. Ten nám umožnil zapojit se do výzkumu Bc. Michala Běhoučka a Bc. Alberta Musila.

Jejich výzkum se zabývá kritickou silou flexorů prstů, konkrétně musculus flexor digitorum profundus. Cílem jejich práce je ověřit přesnost výsledků all-out testu ve srovnání se stupňovaným testem a zjistit, jak moc se zlepší kritická síla lezců plněním tréninkového plánu, který je na její zlepšení zaměřen.

11.1 Hypotézy

Předpokládaly jsme, že hodnoty kritické síly získané all-out testem budou vyšší než hodnoty získané stupňovaným testem.

Dále jsme předpokládaly, že se pomocí tréninkového plánu podaří kritickou sílu zlepšit.

11.2 Metodologie

Měření probíhala na 23 mm hluboké liště značky AIX, pomocí dynamometru 1D-SAC. Měření byla dominantní ruka. Byl použit otevřený úchop (obrázek 33), horní končetina byla vzpažená.

Pro sledování aktivity svalu byl využit NIRS Portamon senzor.

Proběhly dva typy testů – all-out test a stupňovaný test, jejichž průběh byl popsán v teoretické části.

11.3 První vstupní měření na FTVS

Před začátkem plnění tréninkového plánu jsme podstoupily vstupní měření. Nejprve šlo o určení kritické síly pomocí all-out testu.

Po příchodu jsme se zahřály tím, že jsme několikrát vyběhly schody. Následovalo protažení. Dále jsme se mohly rozlézt a rozcvičit visením. Poté byla změřena naše hmotnost a výška. Tyto hodnoty jsou důležité například pro určení podílu naší tělesné hmotnosti a kritické/maximální síly. Následně byl testované osobě na používaný sval umístěn NIRS senzor pro monitorování aktivity svalu v průběhu testu.



Obrázek 33: Otevřený úchop lišty (Diagnostika kritické síly flexorů prstů u sportovních lezců. Online, Bakalářská práce, vedoucí Doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova, 2024. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/190855/130392571.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Poté následovalo měření maximální síly, jejíž přesnou velikost je důležité znát pro další vyhodnocení naměřených dat. Dále následoval all-out test. Probíhal tak, jak bylo již popsáno v teoretické části práce. Trval 4 minuty, proběhlo tedy 24 opakování.

11.4 Druhé vstupní měření na FTVS

Toto měření proběhlo o týden později. Tentokrát šlo o stupňovaný test.

Zahřátí, protažení, rozlezení a provedení několika visů proběhlo stejně jako u prvního měření.

Samotný test probíhal za pomoci stejných přístrojů, tedy lišty, dynamometru a NIRS senzoru. Byl použit stejný úchop a postavení těla bylo také shodné.

Tentokrát ale šlo o stupňovaný test, který je také blíže popsán v teoretické části. Začaly jsme tedy na pěti procentech své maximální síly a následně jsme sílu zvyšovaly až do vyčerpání.

11.5 Tréninkový plán (viz příloha 15.1)

Po naměření vstupních hodnot následovala snaha kritickou sílu zvýšit. Tréninkový plán, který vytvořil Bc. Michal Běhounek, byl zaměřen právě na zlepšení kritické síly daného svalu. Skládal se ze čtyř typů aktivit a jeho plnění bylo naplánováno na 43 dnů.

Prvním typem aktivity bylo aerobní lezení – tedy lezení jednoduchých cest (s velkými chyty) v kolmici, při kterém lezci nenatékají předloktí. Během jednoho tréninku má lezec aerobně lézt 10 minut a následně odpočívat maximálně tři minuty. Toto cvičení se v první polovině tréninkového plánu opakovalo třikrát po sobě, ve druhé polovině potom čtyřikrát. Celkově jsme takto lezly 9 hodin a 50 minut.

Dalším typem aktivity byl aerobní běh, který trval 30 minut. Aerobní běh je chápán jako běh, při němž je tepová frekvence sportovce mezi 120 a 140 tepy za minutu a nedochází k zadýchávání. Aerobně jsme běhaly dohromady 4,5 hodiny.

Plán obsahoval také tři těžké tréninky na boulderu. Jako těžké lezení se chápe takové, kde je hlavním problémem síla. Toto lezení mělo trvat maximálně jednu hodinu a přestávky mezi jednotlivými bouldery měly být 4 minuty. Po hodině těžkého lezení následovaly tři desetiminutové úseky aerobního lezení. Těžkému lezení jsme se věnovaly 3 hodiny.

Posledním typem aktivity byl odpočinek – to znamená den, kdy jsme ani nelezly, ani neběhaly. Cílem bylo umožnit svalům, aby se zregenerovaly. Odpočinek jsme měly celkem 18 dnů.

11.6 Výstupní měření na FTVS

Výstupní měření proběhla po ukončení plnění tréninkového plánu – 25. 2. (all-out test) a 27. 2. (stupňovaný test). Měření probíhala stejně jako vstupní měření.

Kritická síla	Anežka	Malvína	Pavlína
vstupní – stupňovaný test [N]	50	60	50
výstupní – stupňovaný test [N]	70	100	90
vstupní – all out [N]	73	127	70
výstupní – all out [N]	103	170	127

Tabulka 1: Kritická síla naměřená na FTVS

11.7 Vyhodnocení měření

V tabulkách jsou zaznamenány změřené hodnoty maximální a kritické síly ze vstupního a výstupního měření. U všech testovaných došlo ke zlepšení.

maximální síla	Anežka	Malvína	Pavlína
vstupní [N]	230	330	180
výstupní [N]	290	390	320
Zlepšení [%]	26,1	18,2	77,8

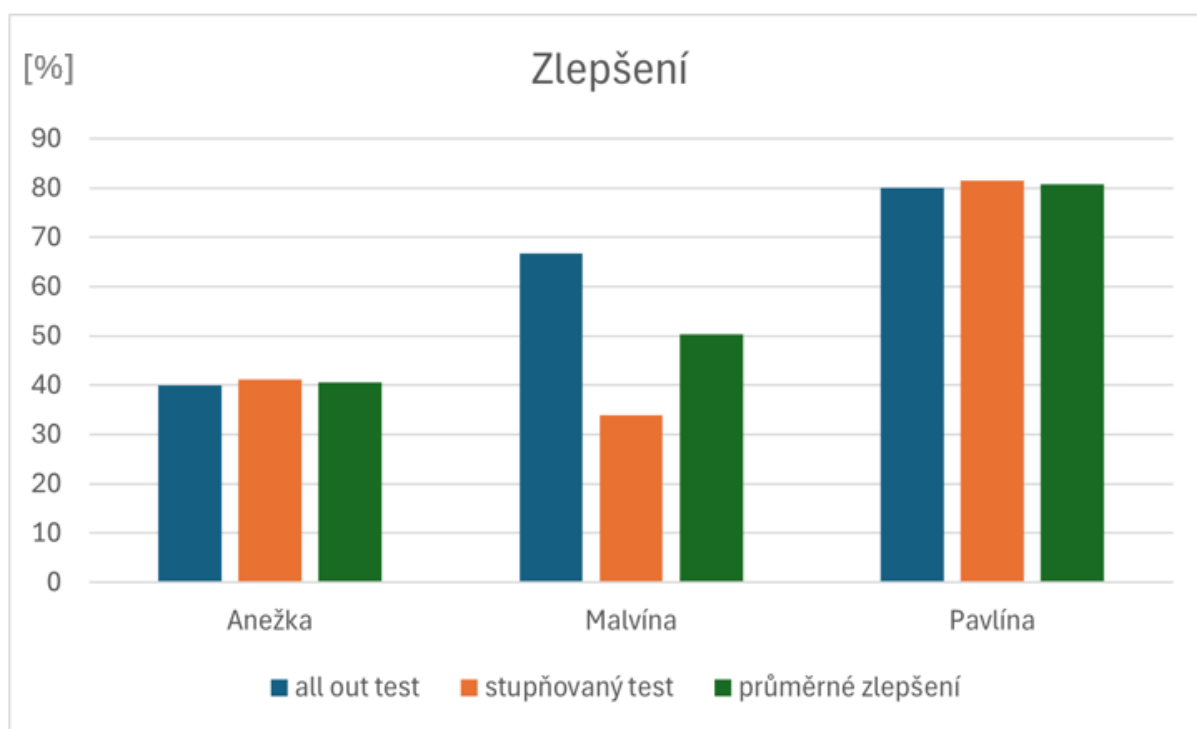
Tabulka 2: Maximální síla naměřená na FTVS

Dále je v grafu 1 znázorněno zlepšení, k němuž došlo podle all-out testu a podle stupňovaného testu. Zelená barva zobrazuje průměr zlepšení podle obou testů. U Anežky a Pavlíny bylo

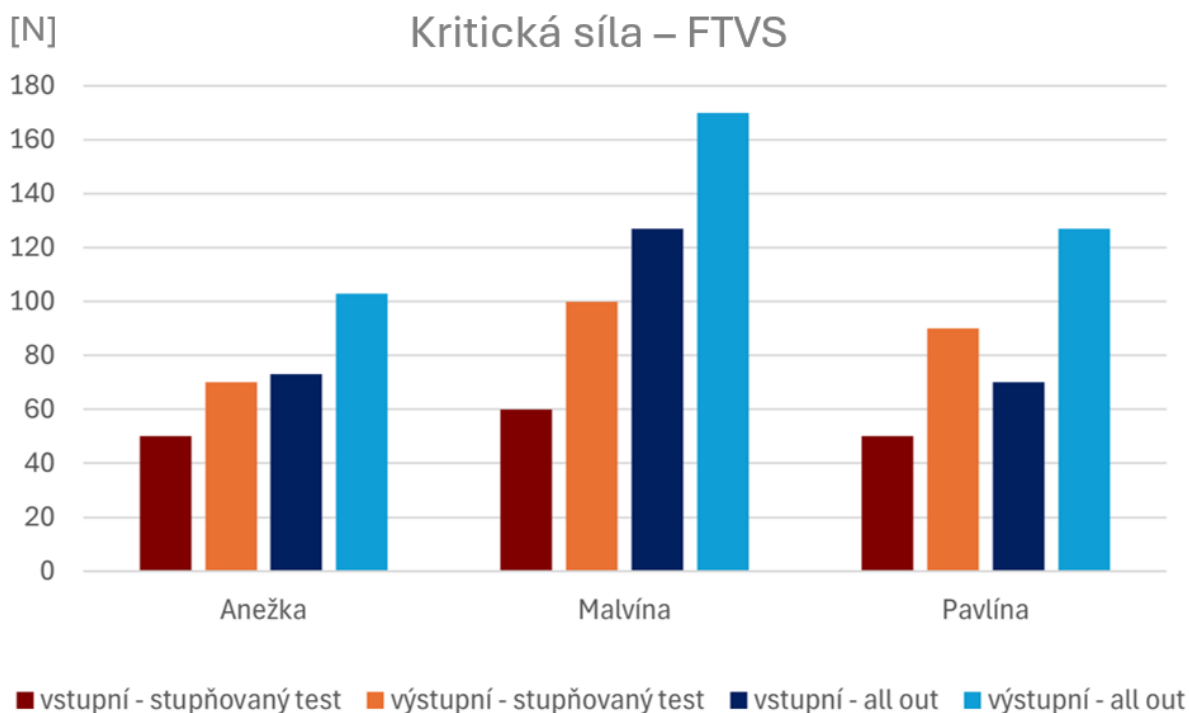
zlepšení podle obou testů skoro stejné. U Malvíny byl velmi velký rozdíl mezi zlepšením podle stupňovaného a all-out testu, je možné, že došlo k chybě v měření.

K největšímu zlepšení kritické síly došlo u Pavlíny – o více než 80 %. Naopak nejméně se zlepšila Anežka, a to o 40,5 %.

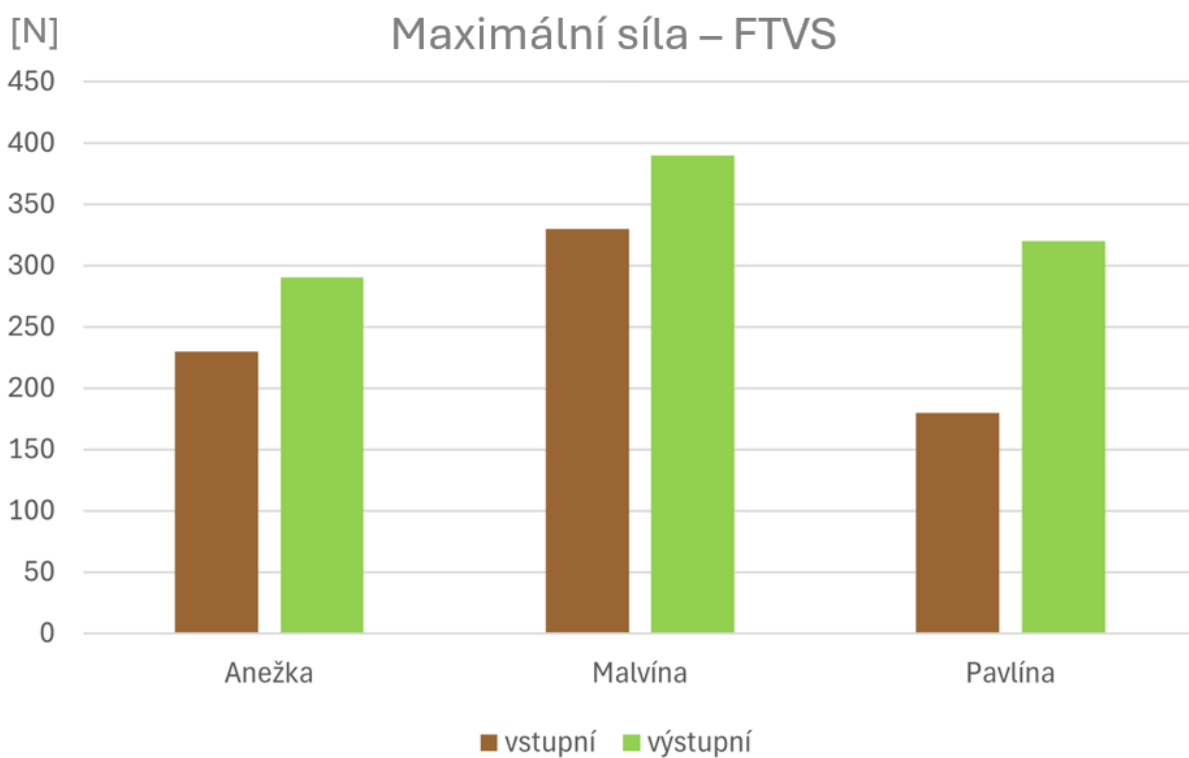
U všech došlo i ke zvýšení maximální síly. Nejvíce se opět zlepšila Pavlína, a to o 77,8 %. Malvína se zlepšila o 18,2 % a Anežka o 26,1 %.



Graf 1: Zlepšení – FTVS



Graf 2: Kritická síla – FTVS



Graf 3: Maximální síla – FTVS

11.8 Závěr

Po plnění tréninkového plánu se zvýšily jak maximální, tak kritické síly všech testovaných. Zvýšení kritické síly bylo značné (40 až 80 %), proto lze říci, že tréninkový plán splnil svůj účel. Tato hypotéza se tedy naplnila.

Co se týče přesnosti testů, není možné ji v tuto chvíli zcela určit. Aby to možné bylo, musela by následovat série dlouhých měření za užití síly o $<5\%$ vyšší nebo nižší, než je naměřená hodnota.

Je však možné posoudit naměřenou kritickou sílu a srovnat výsledky obou testů. Z grafu je zjevné, že podle all-out testu je kritická síla vyšší než podle stupňovaného testu – u Malvíny dokonce více než dvakrát. Vidíme, že měření je velmi nepřesné a skutečnou hodnotu kritické síly není možné zjistit pomocí těchto testů. Můžeme pouze pozorovat, že došlo k jejímu zvýšení.

12 NAŠE VLASTNÍ MĚŘENÍ

Zajímalo nás, zda je možné kritickou sílu změřit i v domácím prostředí a zda budou naměřené hodnoty přesné. Tak jsme se pokusily navrhnout způsob, jak provést all-out test za využití pouze nám dostupných přístrojů. Také jsme změřily maximální síly v několika dalších úchopech, abychom zjistily, zda na mě bude mít plnění tréninkového plánu nějaký vliv.

K měření byla použita sonda Go Direct Hand Dynamometer (Vernier). Jedná se o izometrický ruční dynamometr založený na tenzometru.



Obrázek 34: Go Direct Hand Dynamometer (*Hand Dynamometer*. Online. Vernier. Dostupné z: https://www.vernier.com/product/hand-dynamometer/?srsltid=AfmBOopeoleZ28ACjAj-let4BJInmYOd5r-Sg6-TD0bSiNqw8HgXlaz_)

12.1 Cíl práce

Naším cílem bylo zjistit, zda je možné změřit kritickou sílu i v domácím prostředí za pomoci sondy Hand Dynamometer (Vernier). Dále bylo cílem zlepšit naši kritickou sílu a maximální síly v různých úchopech pomocí tréninkového plánu. Chtěly jsme zjistit, zda se kritická síla opět zhorší nějakou dobu po tom, kdy skončíme s plněním tréninkového plánu. Nakonec jsme chtěly srovnat naměřené hodnoty a posoudit, zda došlo ke zlepšení a jak velké zlepšení bylo.

12.2 Hypotézy

Co se týče našich hypotéz, očekávaly jsme, že naše měření nebudou tak přesná, jako měření z FTVS. Na měření totiž mají velký vliv poloha při měření, hloubka a sklon lišty a řada dalších faktorů. V domácích podmínkách bylo velmi těžké napodobit vybavení, které bylo k dispozici na FTVS.

Dále jsme očekávaly, že dojde ke zvýšení kritické síly, a to u všech testovaných. Předpokládaly jsme, že se zvýší i maximální síly stisku v různých úchopech, ale zvýšení nebude příliš velké. Myslely jsme si, že k většímu zlepšení dojde u méně zkušených lezců (Pavlína), a naopak k menšímu u zkušenějších lezců, protože jejich maximální síla bude už na začátku vyšší (Malvína, Anežka).

Předpokládaly jsme, že po ukončení tréninkového období se začne kritická síla poměrně rychle zmenšovat, nebudeme-li ji aktivně udržovat pravidelným tréninkem. Proto jsme očekávaly, že v testu, který provedeme s časovým odstupem po dokončení plnění tréninkového plánu, budou naměřeny nižší hodnoty kritické síly.

Očekávaly jsme, že dojde ke zlepšení hlavně v úchopu lišta a Vernier, jelikož jsou v nich používány svaly, jejichž kritická síla měla být pomocí tréninku zlepšena. Zlepšení kritické síly svalu nemusí nutně vést k zvýšení maximální síly. Přesto byl trénink na tento sval zaměřen, proto jsme čekaly, že sval zesílí i celkově.

12.3 Metodologie

Jak již bylo zmíněno výše, pro domácí měření jsme používaly sondu Go Direct Hand Dynamometer od firmy Vernier. Sonda disponuje dvěma typy senzorů – větším, určeným k měření síly stisku celé ruky, a menším, určeným k měření síly stisku prstů. Sonda byla pomocí Bluetooth připojená k mobilu nebo tabletu, na kterém jsme získaná data analyzovaly v aplikaci Graphical Analysis. Kromě sondy samotné jsme pro měření samy zhotovily ještě speciální držák na sondu. Držák byl navržen tak, aby sondu držel kolmo k podkladu a aby senzory byly orientované vertikálně – jeden se opíral o podklad, na druhý při měření působily silou naše prsty. Při návrhu držáku jsme musely brát v potaz to, že je třeba, aby jeho boční podpěry co možná nejtěsněji přiléhaly k dynamometru a zajistily tak, že se při měření nebude viklat nebo naklánět, což by ovlivnilo výsledky. Rovněž jsme musely mezi opěrami zajistit dostatek místa pro ruku. A nakonec musel být držák použitelný pro měření na levé i pravé ruce. Konečná podoba držáku je vidět na obrázku 35.

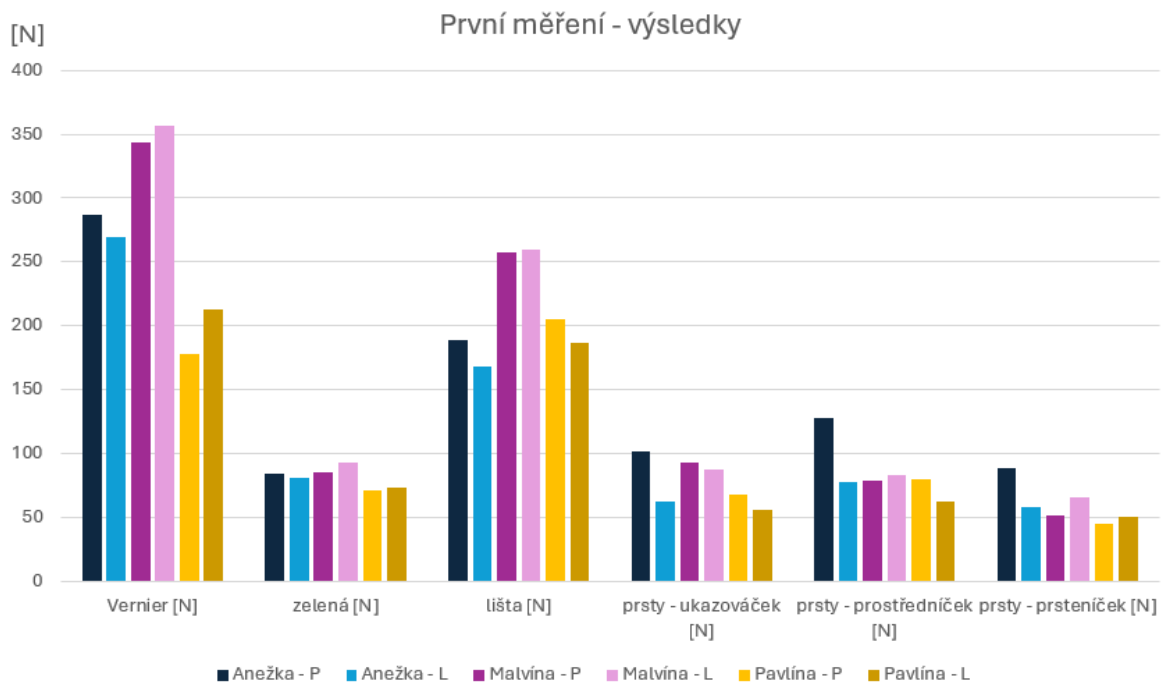


Obrázek 35: Držák a sonda. Foto autora.

12.4 Vstupní měření

12. ledna 2025 jsme provedly první měření. Měřily jsme maximální sílu celé ruky ve třech různých úchopech a maximální sílu ukazováčku, prostředníčku a prsteníčku obou rukou. Používaly jsme úchopy, které jsme blíže popsaly v teoretické části práce, tedy: Vernier, zelená, lišta, prsty ukazováček, prsty prostředníček a prsty prsteníček. Měření jsme provedly vždy několikrát po sobě s malými přestávkami a zaznamenaly jsme nejvyšší hodnotu.

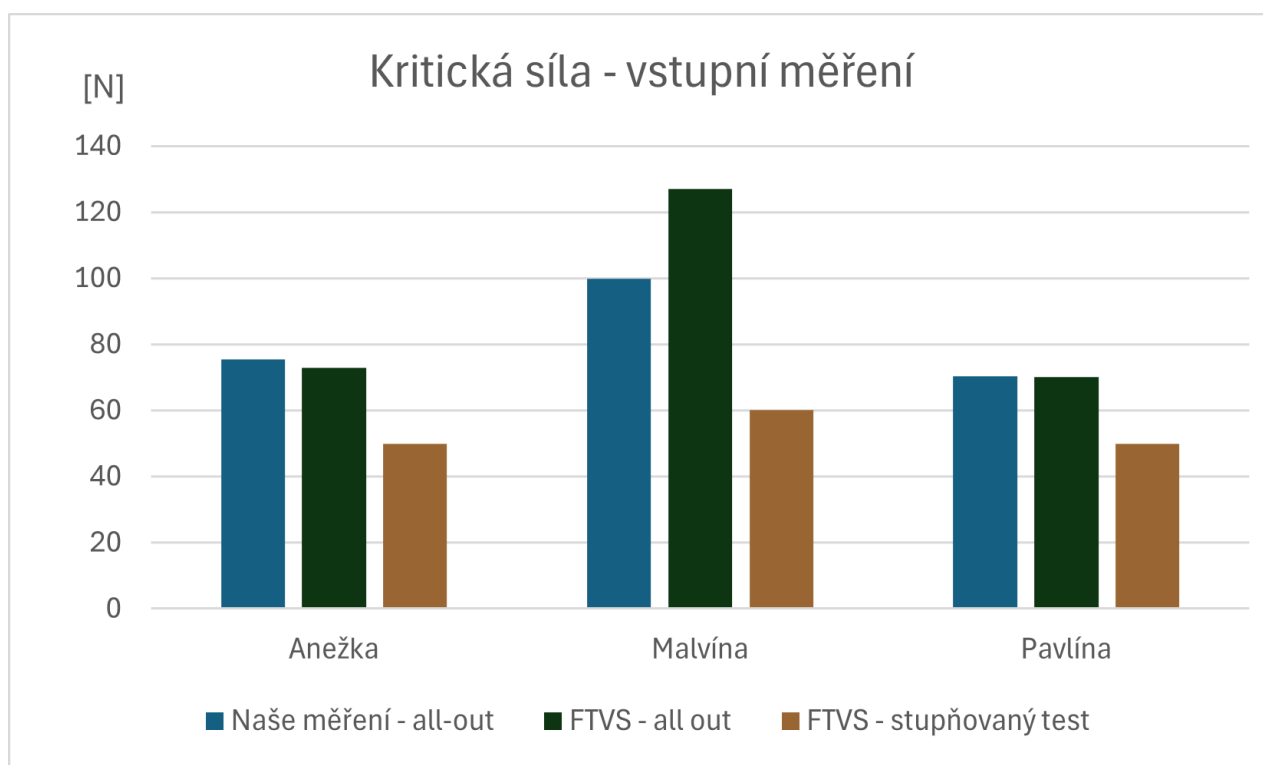
V grafu 4 můžete vidět naměřené hodnoty. Nejvyšší síly se nám podařilo dosáhnout při použití úchopu Vernier a lišta. V těchto úchopech byla jednoznačně nejsilnější Malvína. V úchopu zelená jsme dosáhly podobných hodnot jako u měření jednotlivých prstů. Jelikož se v tomto úchopu na měřicí sondu působí jen konečky prstů, je velmi obtížné dosáhnout velké síly. Taktéž byly nízké naměřené síly jednotlivých prstů. Nejvyšší síly se podařilo dosáhnout Anežce s prsty pravé ruky.



Graf 4: První měření – výsledky

Kritickou sílu jsme v domácích podmínkách poprvé měřily 17. ledna. V grafu 5 můžete vidět naměřené hodnoty a jejich srovnání s hodnotami, které jsme získaly z měření na FTVS. Byla měřena kritická síla silnější ruky – u Anežky a Pavlína tedy pravé, u Malvíny pak levé.

Hodnoty naměřené v domácím prostředí byly u Anežky a Pavlína podobné výsledkům all-out test z FTVS. U Malvíny byla naměřená kritická síla o 27,1 N nižší. Je ale také pravda, že síla naměřená all-out testem na FTVS byla (zejména právě u Malvíny) mnohem vyšší než síla naměřená stupňovým testem. Proto nemusí být problém nepřesnost domácího testu, ale nepřesnost all-out testu jako takového. Může se ovšem také jednat o chybu v našem měření – například byl použit trochu jiný úchop. I drobná změna úchopu může vést k úplně rozdílným výsledkům.

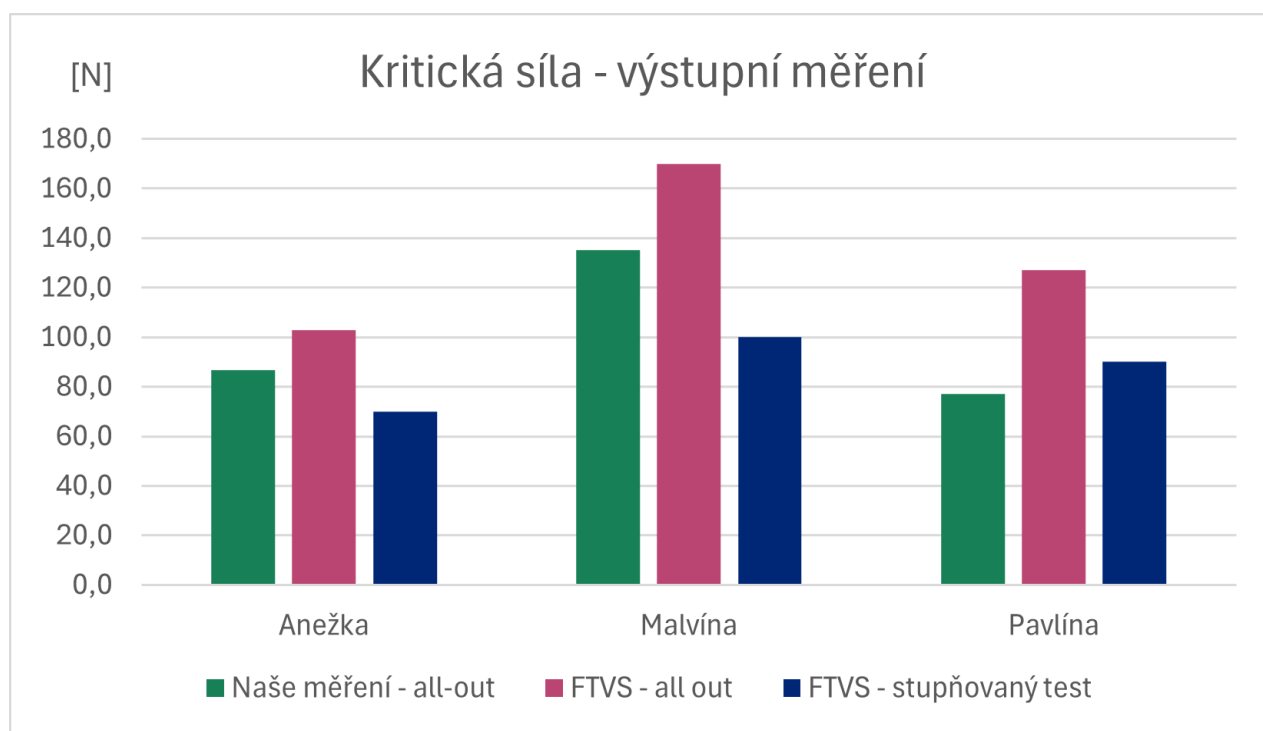


Graf 5: Kritická síla – vstupní testy

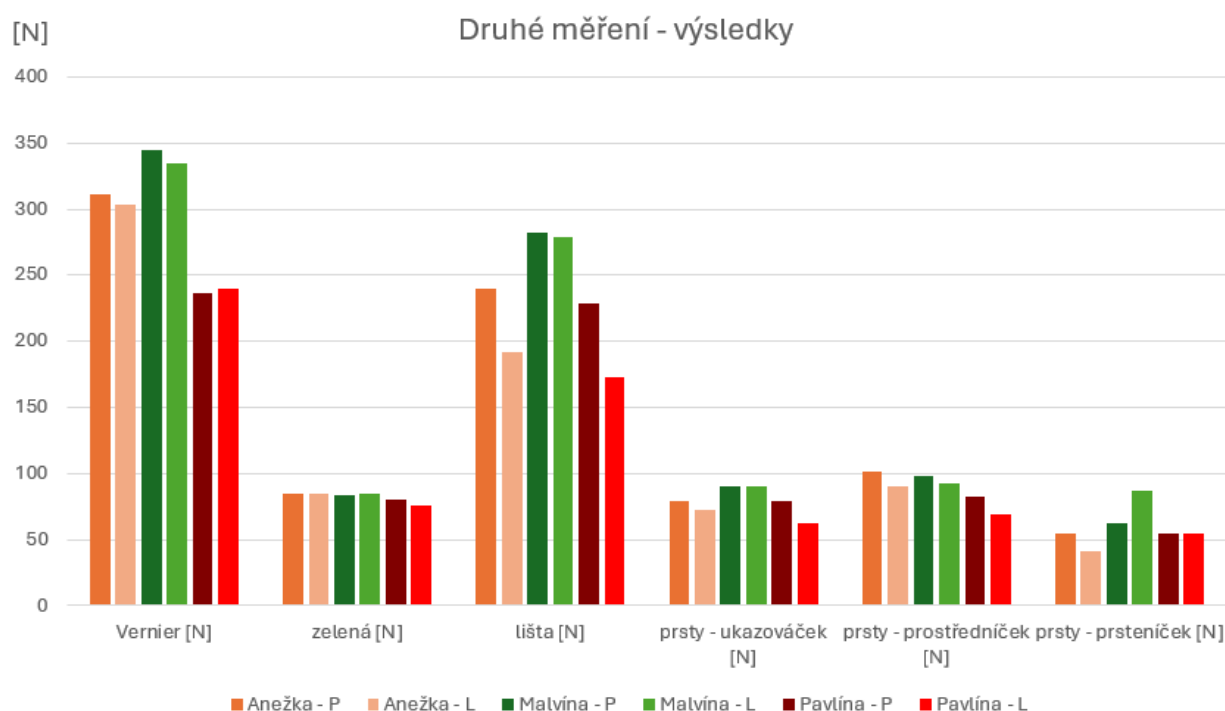
12.5 Výstupní měření

Výstupní měření maximální síly proběhlo 7. února. Kritickou sílu jsme měřily 11. února. Obě měření tedy proběhla 26 dnů po vstupním měření. V tuto chvíli tréninkový plán ještě neskončil. Od předchozího měření jsme se dvakrát věnovaly těžkému lezení, sedmkrát aerobnímu lezení a pětkrát aerobnímu běhu. Naměřené hodnoty jsou znázorněny v grafu 6.

V grafu 6 dále vidíme srovnání výstupních hodnot měření kritické síly v domácích podmínkách a na FTVS. Měření na FTVS proběhla až po dokončení plnění tréninkového plánu, tedy 18 dnů po našem měření. Proto je hodnota měřená all-out testem v domácích podmínkách nižší než hodnota, jež byla naměřena v laboratoři.



Graf 6: Kritická síla – výstupní měření



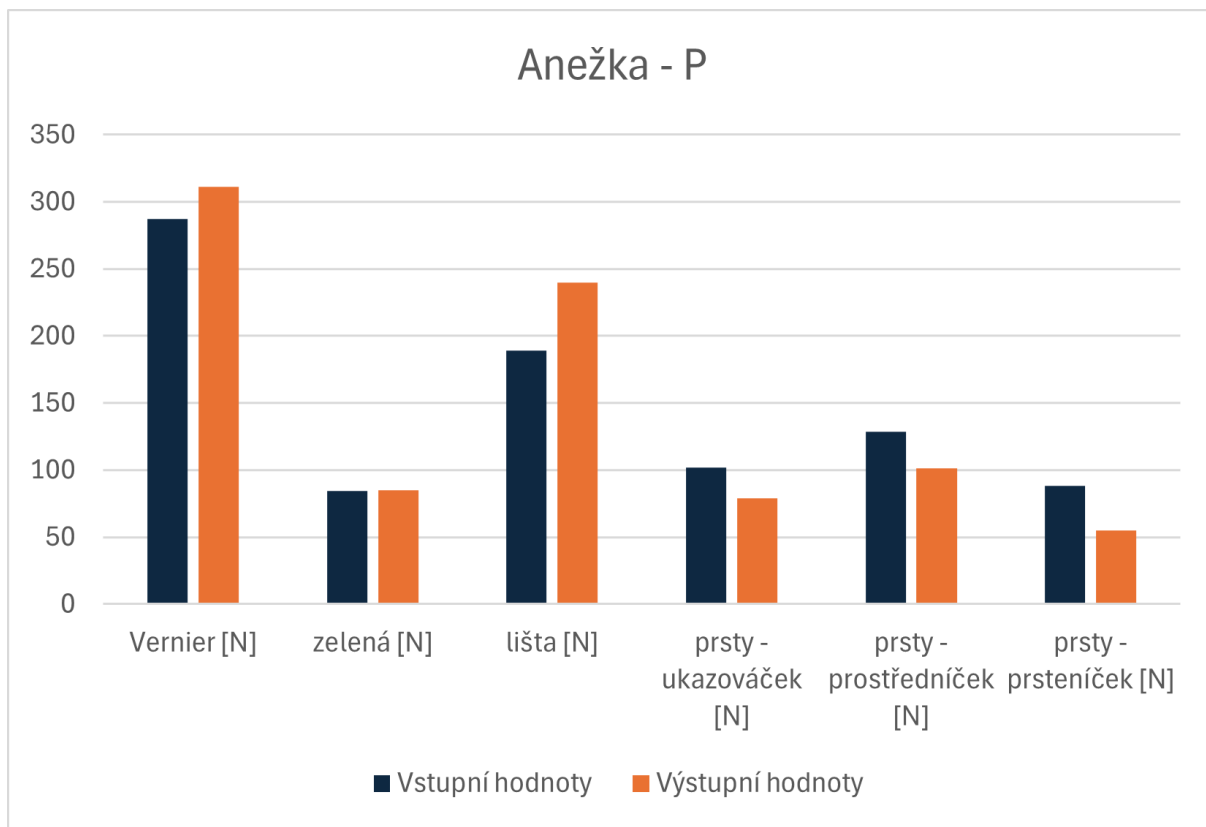
Graf 7: Druhé měření – výsledky

12.6 Vyhodnocení měření

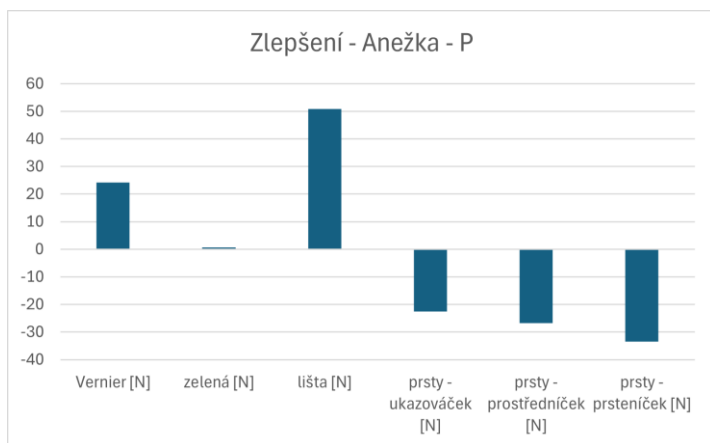
Nyní se blíže zaměříme na konkrétní zlepšení v jednotlivých úchopech. Na následujících grafech je znázorněno srovnání vstupních a výstupních hodnot. V prvním grafu jsou přímo

srovnávány hodnoty maximální síly (v Newtonech). Ve druhém je pak ukázáno, o kolik síla v daném úchopu zvětšila (případně zmenšila). Dále je součástí také tabulka srovnávající průměr ve všech úchopech a průměr síly prstů.

12.6.1 Anežka – pravá ruka



Graf 8: Anežka – P



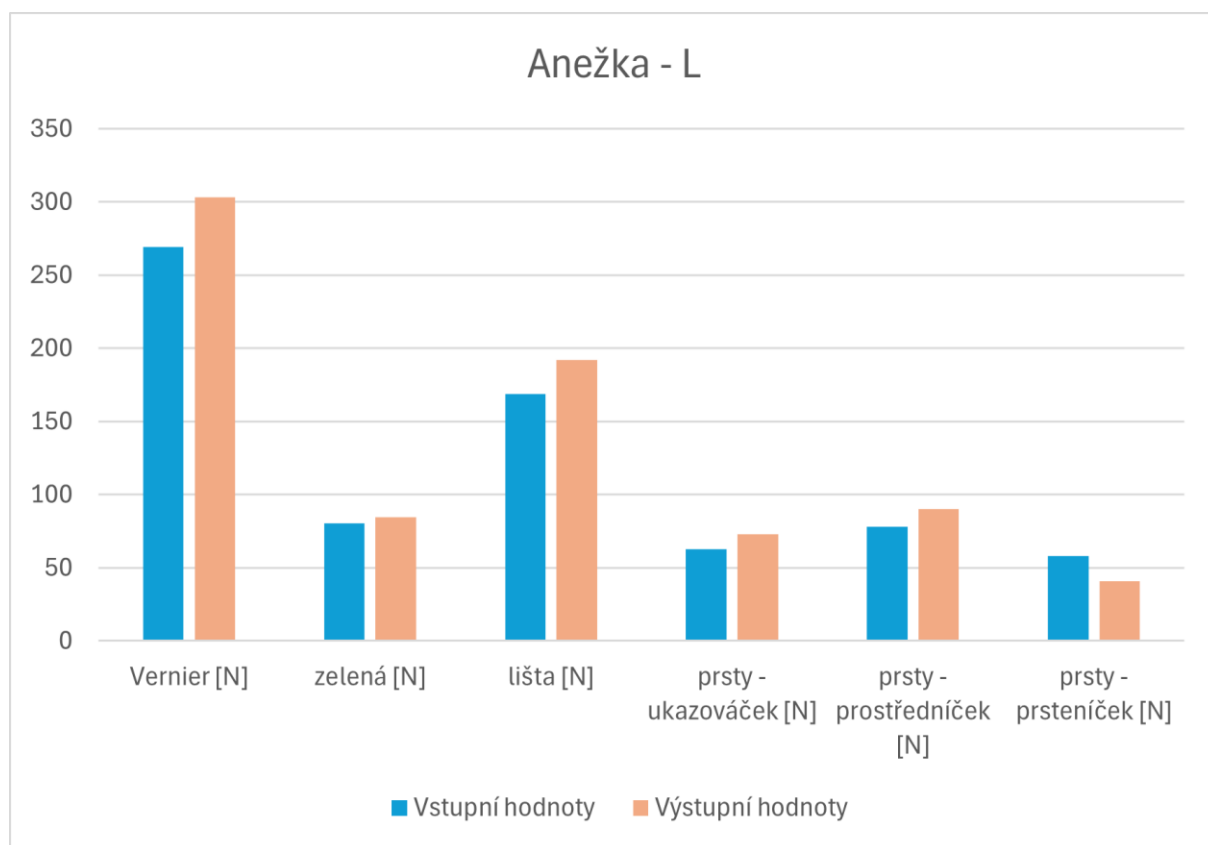
Graf 9: Zlepšení – Anežka – P

	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Anežka – P		
Vstupní hodnoty	146,4	106,0
Výstupní hodnoty	145,2	78,4
zlepšení	-1,2	-27,6

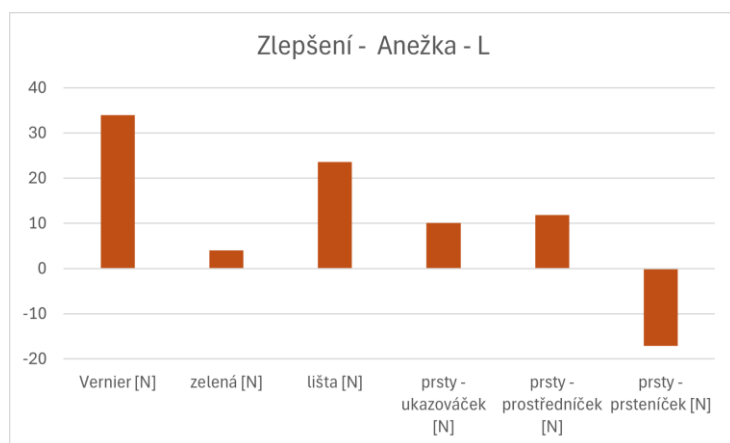
Tabulka 3: Anežka – P

U Anežky došlo ke zlepšení v úchopech Vernier a lišta. V úchopu zelená se její síla skoro nezměnila. Síla celé ruky, zejména prstů, se v průměru zhoršila.

12.6.2 Anežka – levá ruka



Graf 10: Anežka – L



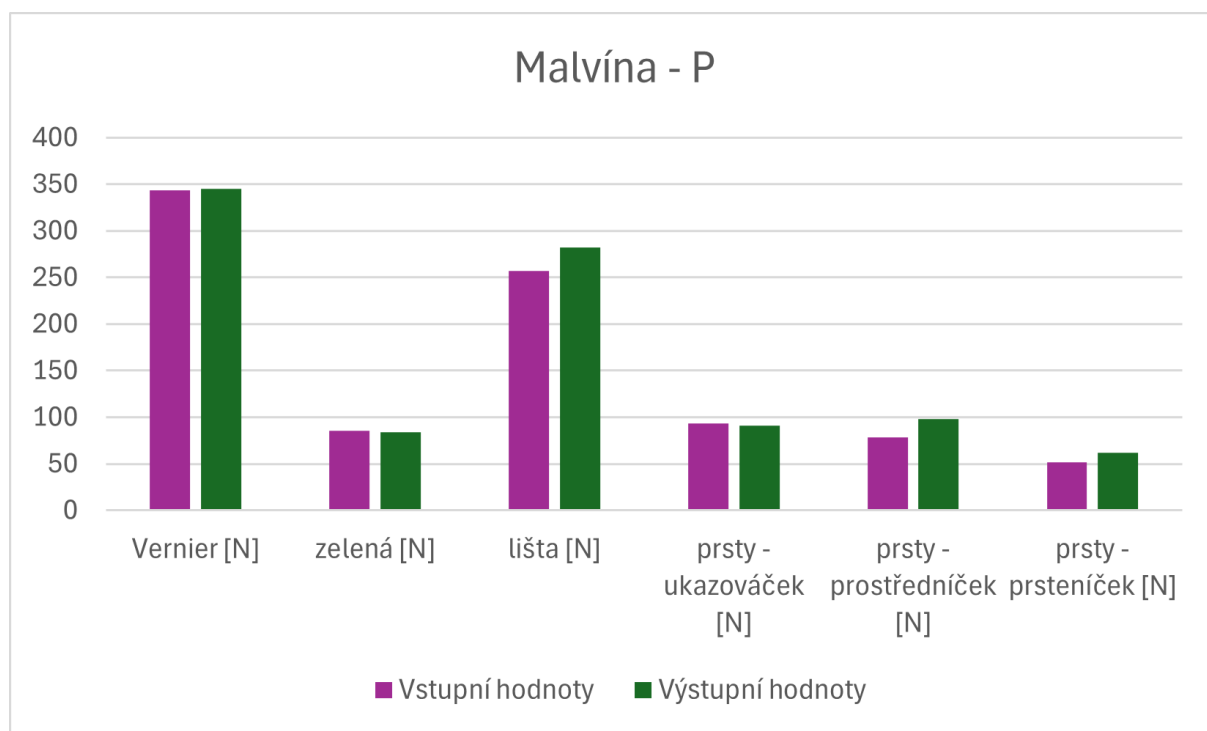
Graf 11: Zlepšení – Anežka – L

	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Anežka – L		
Vstupní hodnoty	119,6	66,3
Výstupní hodnoty	130,7	68,0
zlepšení	11,1	1,6

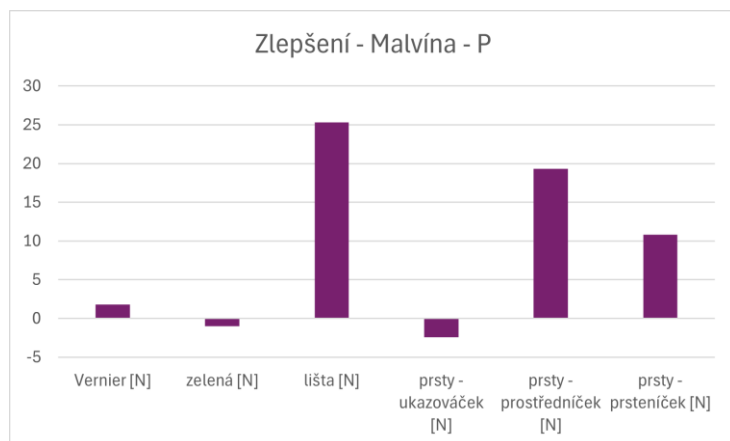
Tabulka 4: Anežka – L

Anežčina levá ruka se celkově zlepšila. Ke zhoršení došlo jen u prsteníčku.

12.6.3 Malvína – pravá ruka



Graf 12: Malvína – P



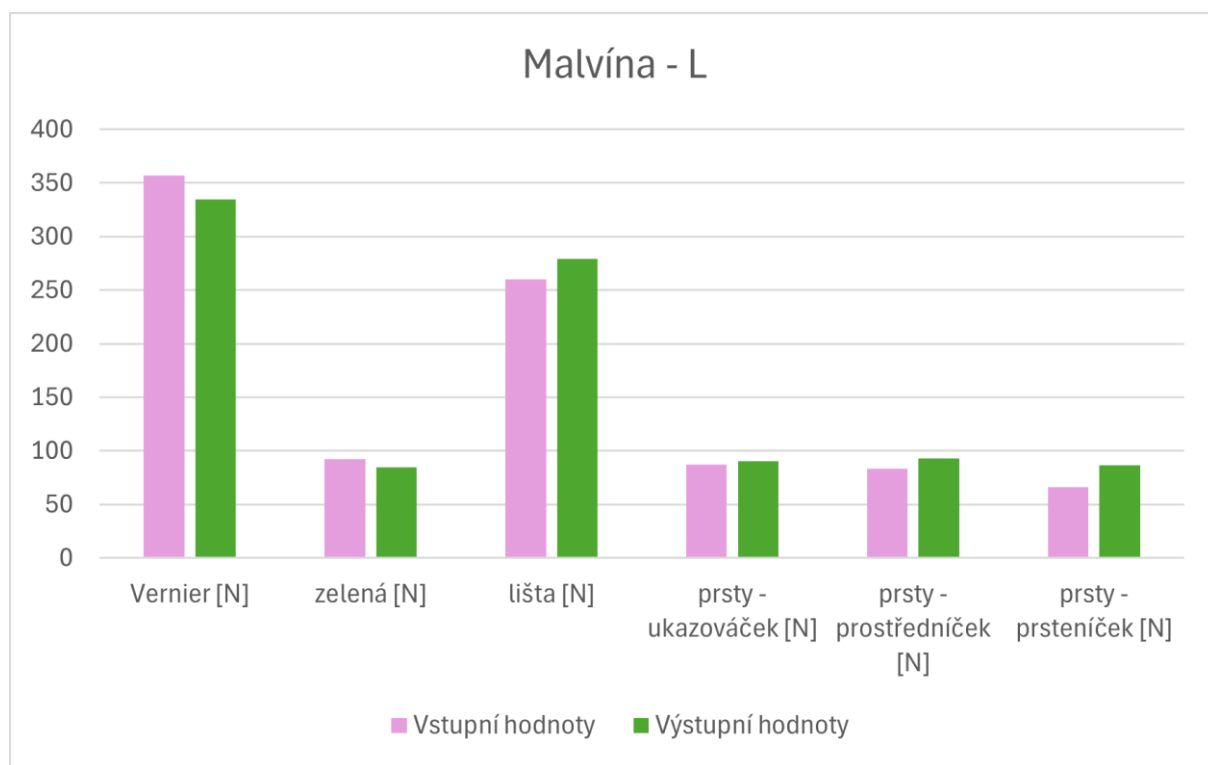
Graf 13: Zlepšení – Malvína – P

	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Malvína – P		
Vstupní hodnoty	151,5	74,3
Výstupní hodnoty	160,4	83,6
zlepšení	9,0	9,2

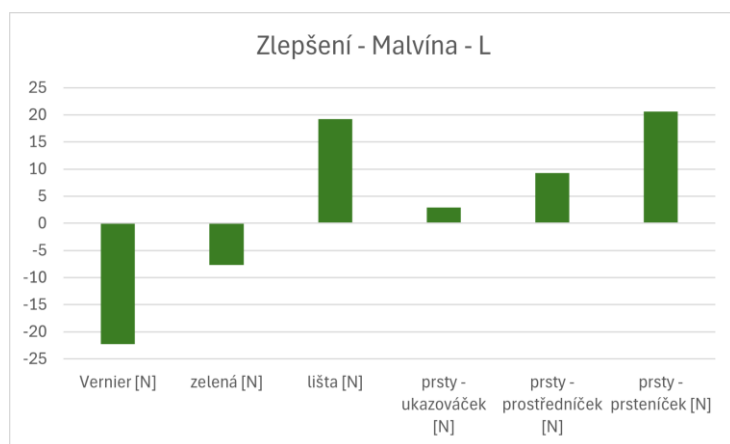
Tabulka 5: Malvína – P

U Malvíny pravé ruky došlo ke zlepšení v úchopech lišta, prostředníček a prsteníček. Ostatní úchopy se změnily jen málo.

12.6.4 Malvína – levá ruka



Graf 14: Malvína – L



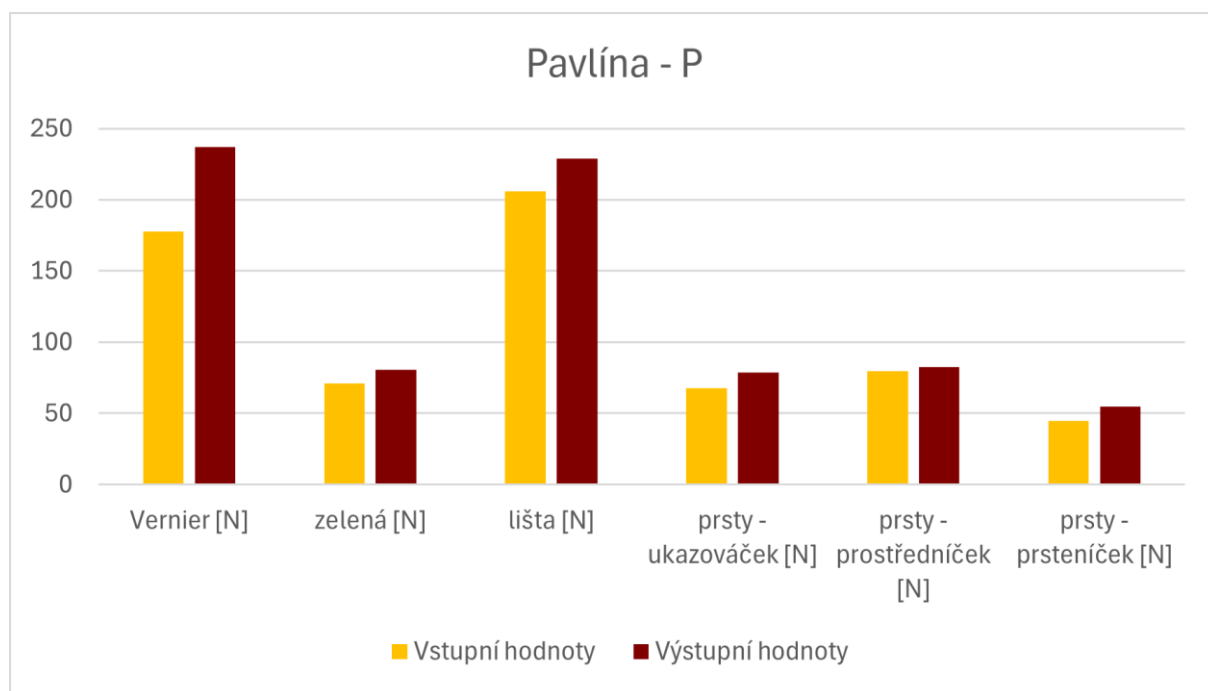
Graf 15: Zlepšení – Malvína – L

Malvína – L	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Vstupní hodnoty	157,7	78,9
Výstupní hodnoty	161,4	89,8
zlepšení	3,7	10,9

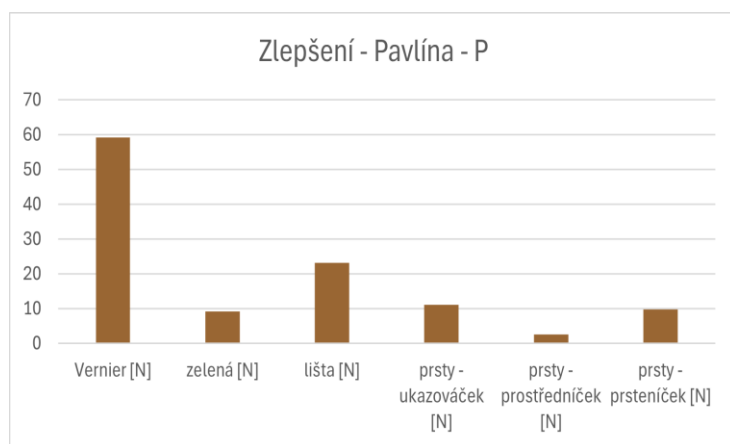
Tabulka 6: Malvína – L

U levé ruky došlo ke zlepšení síly prstů, zejména prsteníčku. V úchopu Vernier se Malvínina levá ruka zhoršila.

12.6.5 Pavlína – pravá ruka



Graf 16: Pavlína – P



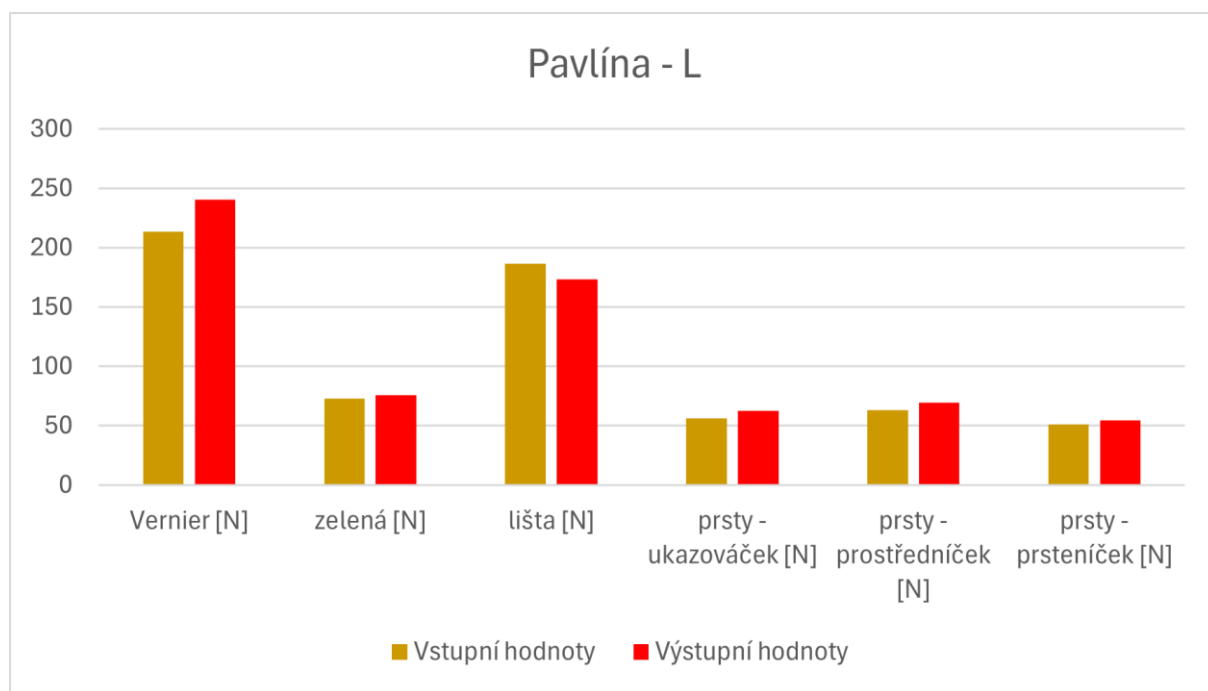
Graf 17: Zlepšení – Pavlína – P

	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Pavlína – P		
Vstupní hodnoty	107,9	64,2
Výstupní hodnoty	127,0	71,9
zlepšení	19,1	7,7

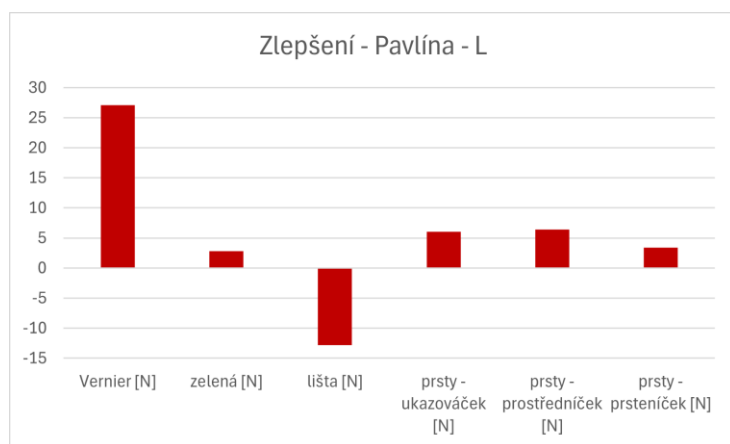
Tabulka 7: Pavlína – P

Pavlínina pravá ruka se zlepšila celkově. K největšímu zlepšení došlo v úchopu Vernier.

12.6.6 Pavlína – levá ruka



Graf 18: Pavlína – L



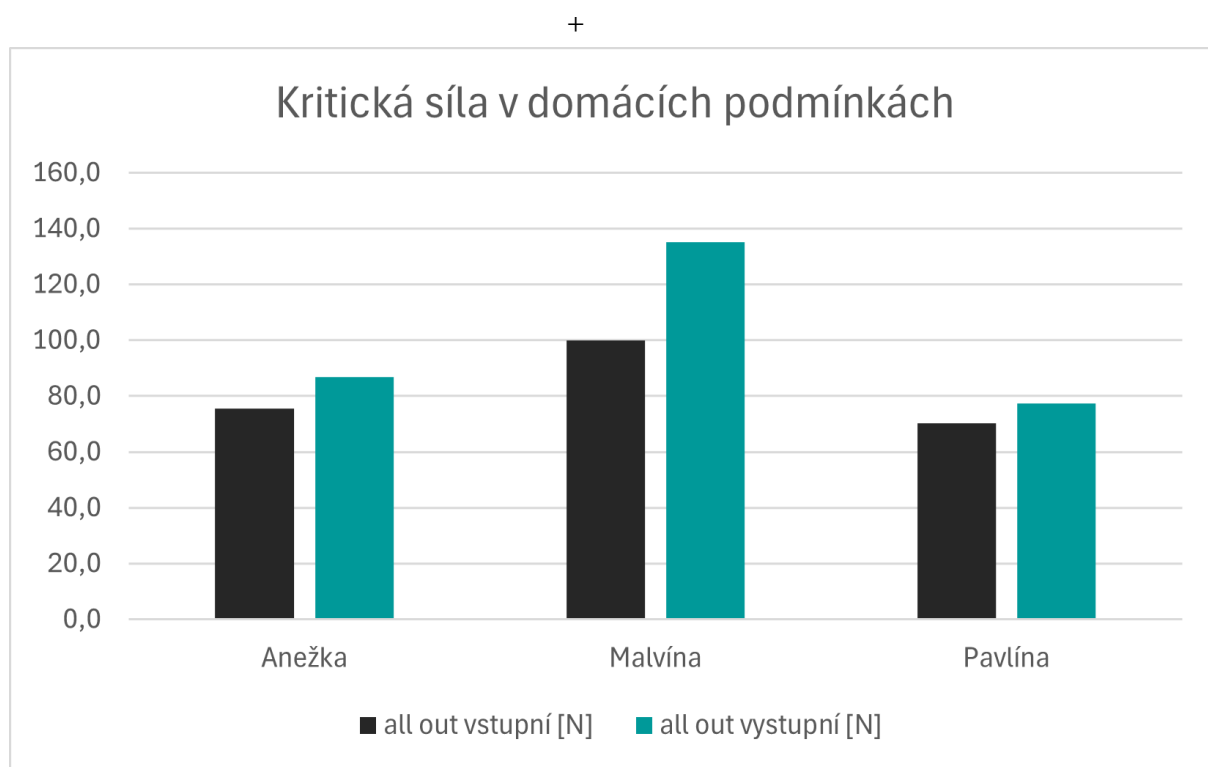
Graf 19: Zlepšení – Pavlína – L

Pavlína – L	průměr všech úchopů	průměr úchopů prstů
Vstupní hodnoty	107,0	56,6
Výstupní hodnoty	112,5	61,9
zlepšení	5,5	5,3

Tabulka 8: Pavlína – L

Levá ruka se také zlepšila – opět nejvíce v úchopu Vernier. Došlo ke zhoršení síly v úchopu lišta.

12.6.7 Kritická síla



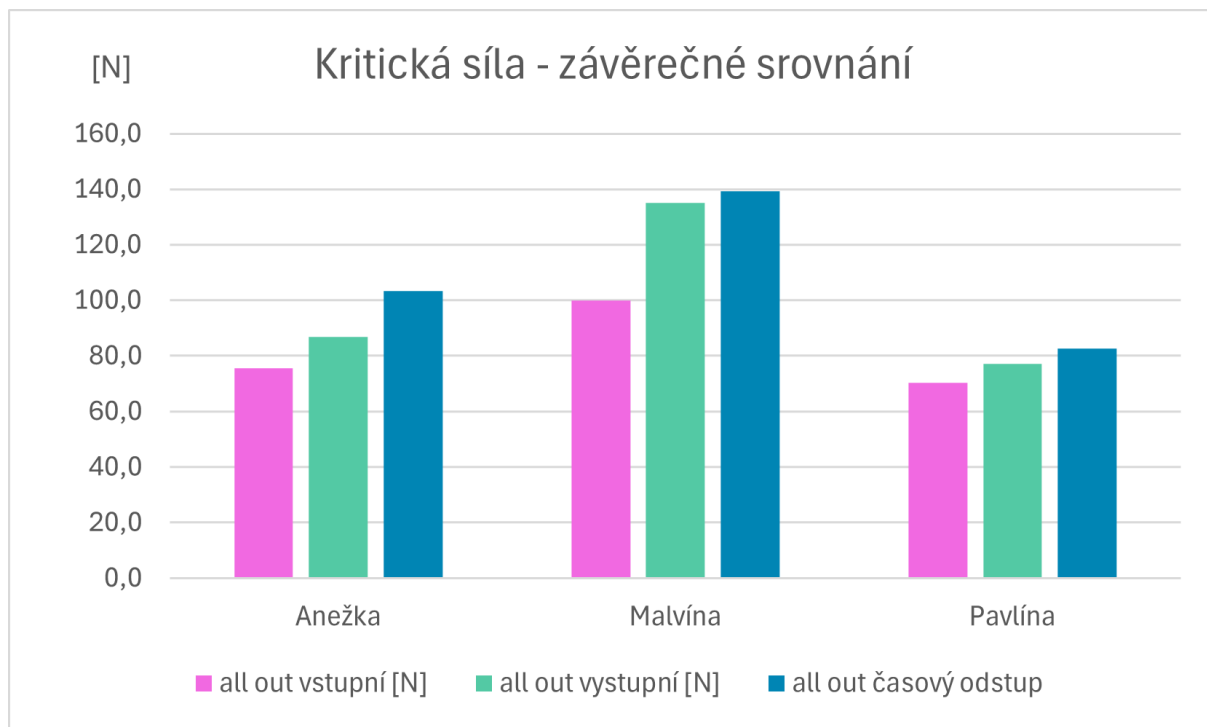
Graf 20: Kritická síla v domácích podmínkách

	all out vstupní [N]	all out výstupní [N]	%
Anežka	75,4	86,7	15,0
Malvína	99,9	135,2	35,3
Pavlína	70,2	77,2	9,9

Tabulka 9: Srovnání vstupní a výstupní kritické síly

Výsledné hodnoty kritické síly jsou zaznamenány v grafu 20. Graf porovnává vstupní a výstupní hodnoty. U všech testovaných došlo ke zlepšení. Lze tedy říci, že trénink byl úspěšný a cíle bylo dosaženo. Pavlínina kritická síla se zlepšila o 9,9 %, Anežčina o 15 % a Malvínina o 35,3 %.

Poslední přeměření kritické síly proběhlo 28. března (5 týdnů po skončení tréninkového plánu). V grafu 21 je znázorněno srovnání vstupního, výstupního a závěrečného měření. Po 5 týdnech nedošlo ke zhoršení kritické síly, ale naopak k jejímu zlepšení.

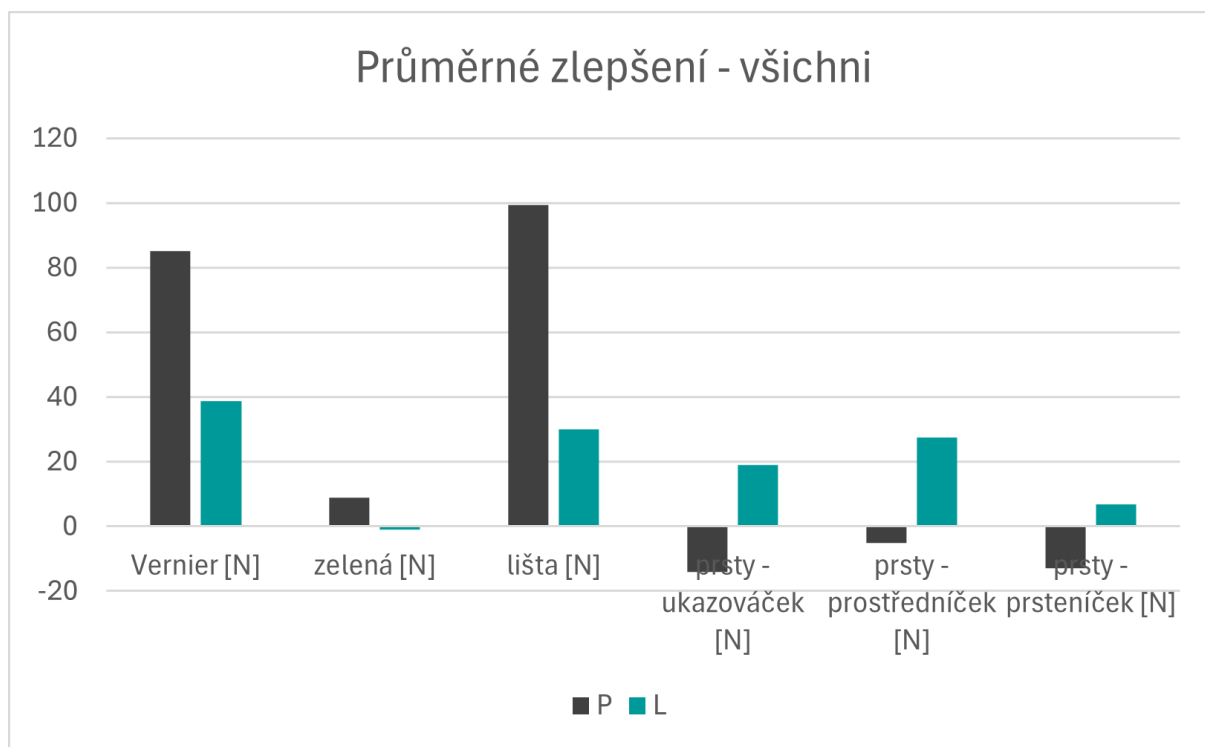


Graf 21: Kritická síla – závěrečné srovnání

Předpokládáme, že příčinou je to, že při měření výstupních hodnot tréninkový plán ještě neskončil, proto měla naše kritická síla možnost se ještě zvýšit.

12.7 Diskuse

Z našich testů vyplynulo, že se nám podařilo zlepšit naši kritickou sílu. Nejméně se zlepšila Pavlína. To nás překvapilo, jelikož je nejméně zkušený lezec z týmu, proto jsme očekávaly větší zlepšení. Nejvíce se zlepšila Malvína, a to o více než 35 %. Když ale srovnáme námi provedené vstupní měření a měření na FTVS, zjistíme, že kritická síla, kterou jsme Malvíně změřily na začátku, byla mnohem nižší než ta, kterou změřili na FTVS.



Graf 22: Průměrné zlepšení – všichni

Otázkou však zůstává, zda bylo chybné naše měření, nebo měření na FTVS. Naše měření probíhalo za pomoci přístrojů, které, na rozdíl od přístrojů na univerzitě, nebyly pro toto měření přímo určeny. Proto by se dalo usoudit, že byla chyba v našem měření. Je ale také zvláštní, že Malvínina kritická síla změřená na FTVS all-out testem, byla mnohem vyšší než ta, která vyšla při využití stupňovaného testu – u Anežky a Pavlínky byla sice také vyšší, ale rozdíl nebyl tak dramatický. Proto je také možné, že je chyba na straně měření FTVS. Je možné, že tento typ měření pro Malvínu není vhodný. Stálo by za prozkoumání, proč její testy vychází tak nečekaně.

Dále se nám podařilo naměřit naše maximální síly v různých úchopech. Některé se po plnění tréninkového plánu zlepšily, jiné se naopak zhoršily anebo se nezměnily vůbec. K největšímu zlepšení došlo u pravé ruky, a to v úchopech lišta a Vernier. Tyto úchopy se zlepšily pravděpodobně proto, že se v nich aktivně zapojuje musculus flexor digitorum profundus, na nějž se soustředil tréninkový plán. Nejenže se tedy jeho kritická síla opravdu zvětšila, ale zvýšila se i hodnota jeho maximální síly.

12.8 Závěr

V rámci praktické části naší práce se nám podařilo navrhnout způsob, jak zjistit kritickou sílu svalu musculus flexor digitorum profundus v domácím prostředí. Srovnáním jsme zjistily, že 2 ze 3 naměřených vstupních hodnot jsou velmi podobné těm, které byly naměřeny na FTVS. Nepřesnost může být způsobena tím, že se poloha těla nebo ruky na měřicím přístroji při měření doma mírně lišila od polohy, ve které probíhalo měření na FTVS.

Co se týče výstupního měření, byly námi naměřené hodnoty nižší než hodnoty naměřené na FTVS. Předpokládáme, že příčinou byla osmnáctidenní prodleva mezi měřeními. V tomto osmnáctidenním období jsme ještě absolvovaly dalších 5 lezeckých tréninků, proto došlo ještě k dalšímu zvýšení naší kritické síly.

Jak jsme předpokládaly, k největšímu zlepšení maximální síly došlo u Pavlínky. K největšímu zlepšení kritické síly došlo ale u Malvíny.

Hypotéza, že se s časovým odstupem od ukončení tréninku kritická síla zmenší, se nepotvrdila. To nás mile překvapilo, předpokládaly jsme, že k udržení zvýšené hodnoty kritické síly bude pravděpodobně nutný neustálý trénink. Zjištění, že se zvýšená hodnota kritické síly drží na stejné úrovni i po ukončení tréninku, by mohlo být významné v praxi – znamená to, že je pro sportovce výhodné svoji kritickou sílu zvýšit – i po přerušení tréninku nějak výrazně nemění svou hodnotu. Ve chvíli, kdy si sportovec kritickou sílu tréninkem zvýší, se může zaměřit na trénink dalších aspektů fyzické výkonnosti a kritická síla by měla přinejmenším po určité době setrvat na zvýšené hodnotě. Do budoucna by stálo za to provést měření s ještě větším časovým odstupem od ukončení tréninku. Dalo by se tak určit, po jaké době začne hodnota kritické síly klesat a kdy je tedy potřebné opětovně ji navýšit dalším tréninkem.

13 ZÁVĚR

V teoretické části naší práce jsme se pokusily o komplexní shrnutí základních znalostí týkajících se anatomie a fyziologie svalstva vztažené k lezení. Zvláštní kapitolu jsme věnovaly kritické síle, neboť ta byla základním kamenem pro výstavbu naší praktické části. V té jsme se spojily s doc. Jiřím Balášem z Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy a na základě jeho doporučení jsme se zapojily do výzkumu Bc. Michala Běhounka a Bc. Alberta Musila.

V úvodu práce jsme si vytyčily tři základní cíle: navrhnout způsob měření kritické síly v domácím prostředí, který by byl srovnatelný s měřením v profesionální laboratoři; zjistit, zda je možné kritickou sílu pomocí tréninku zvýšit; a prozkoumat, co se se zvýšenou kritickou silou děje po ukončení tréninku. Všech tří cílů se nám podařilo dosáhnout. Zjistily jsme, že kritickou sílu lze tréninkem poměrně značně navýšit. Rovněž jsme zjistily, že po ukončení tréninkového období se kritická síla navzdory očekávání nezačne zmenšovat, ale přinejmenším nějakou dobu zůstane stejně velká, což by mohl být poměrně důležitý objev pro sestavování tréninků pro sportovce.

Rovněž se nám úspěšně podařilo sestavit vlastní měřicí aparát, pomocí nějž jsme byly schopné získat výsledky srovnatelné s hodnotami získanými v laboratoři na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

V budoucnu bychom rády pokračovaly s pozorováním vývoje hodnot kritické síly po ukončení specifického tréninku. Chtěly bychom provést další měření, pomocí kterých bychom mohly pozorovat, kdy začne kritická síla klesat směrem k původní hodnotě, tj. ke stavu před započítáním tréninkového plánu. Rovněž by mohlo přinést zajímavé výsledky, kdybychom po snížení

hodnot kritické síly započaly opětovný trénink a pozorovaly vývoj kritické síly v jeho průběhu, zda se například začne zvyšovat rychleji.

14 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČESKÝ OLYMPIJSKÝ TÝM a ČESKÝ HOROLEZECKÝ SVAZ. Stavba kosterního svalstva. Online. Dostupné z: <https://www.olympijskym.cz/sport/95>. [cit. 2025-02-14].
- [2] ÚSTAV PRO JAZYK ČESKÝ AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY. Horolezectví. Online. Akademický slovník současné češtiny. Dostupné z: <https://www.slovníkcestiny.cz/heslo/horolezectvi%C3%AD/0/36024>. [cit. 2025-02-14].
- [3] KUBLÁK, Tomáš a POLTIER, Martin. *Horolezectví a sport*. Online. Horolezecká metodika. Dostupné z: <https://horolezeckametodika.cz/horolezectvi-a-sport>. [cit. 2025-02-14].
- [4] PÁRTL, Lukáš. *Materiál jako limitující faktor horolezeckého výkonu v historickém kontextu*. Online, vedoucí Mgr. Radek Lienerth. Brno, 2006. Dostupné z: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://is.muni.cz/th/y3evw/BAKALARKA.pdf>. [cit. 2025-02-14].
- [5] JESENSKÝ, Ondřej. *Český terminologický slovník z oblasti horolezectví a sportovního lezení*. Online, Diplomová práce, vedoucí Mgr. Jiří Baláš, Ph.D. Praha: UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU, 2015. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/66245/DPTX_2013_2_11510_0_423143_0_154705.pdf?sequence=1. [cit. 2025-02-14].
- [6] VÁLKOVÁ, Martina. *SONDA DO SOUČASNÝCH POZNATKŮ O HISTORICKÉM VÝVOJI BOULDERINGU VE SVĚTĚ A V ČESKÝCH ZEMÍCH*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Mgr. Tomáš Michalica. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta tělesné kultury, 2023. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://theses.cz/id/ee53z6/BP_-_Martina_Valkova.pdf. [cit. 2025-02-14].
- [7] SCHWARZOVÁ, Veronika. *Vnitřní umělé lezecké stěny v Praze*. Online, Bakalářská práce, vedoucí PhDr. PaedDr. Ladislav Kašpar, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova v Praze Pedagogická fakulta, 2012. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/41822/DPTX_2011_2_0_84842_0_121393.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2025-02-14].
- [8] KOOLMAN, Jan a RÖHM, Klaus-Heinrich. *Barevný atlas biochemie*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-2977-0.
- [9] SILBERNAGL, Stefan a DESPOPOULOS, Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání*. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.
- [10] NOVOTNÝ, Ivan a HRUŠKA, Michal. *Biologie člověka*. 4., upravené vyd. Praha: Fortuna, 2010. ISBN 9788073730079.
- [11] *Horolezectví a sport*. Online. Dostupné z: <https://www.apexforclimbing.cz/slovník/uiaa/>. [cit. 2025-02-14].
- [12] UIAA. *Inside the UIAA*. Online. Dostupné z: <https://www.theuiaa.org/>. [cit. 2025-02-14].

- [13] ČESKÝ HOROLEZECKÝ SVAZ. *Sportovní lezení*. Online. Dostupné z: <https://www.horosvaz.cz/>. [cit. 2025-02-14].
- [14] FONTANA, Josef a LAVŘÍKOVÁ, Petra. *Metabolismus svalové tkáně*. Online. Fblt.cz. 2024. Dostupné z: <https://fblt.cz/skripta/iv-pohybova-soustava/7-metabolismus-svalove-tkane/>. [cit. 2025-02-12]
- [15] BEDŘICH, Ladislav. *Energetický metabolismu svalových vláken, energetické systémy*. Online. In: MASARYKOVA UNIVERZITA. Informační systém Masarykovy univerzity. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1451/podzim2017/bk2101/Energetika_I.pdf. [cit. 2025-02-15].
- [16] *Energetické krytí svalové práce*. Online. In: FAKULTA SPORTOVNÍCH STUDIÍ MASARYKOVY UNIVERZITY. Fsp.s.muni.cz. Dostupné z: <https://www.fsp.s.muni.cz/emuni/data/reader/book-3/04.html>. [cit. 2025-02-15].
- [17] IFSC. *Climbing*. Online. Dostupné z: <https://www.ifsc-climbing.org/>. [cit. 2025-02-14].
- [18] KITTNAR, Otomar. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4. Dostupné také z: http://toc.nkp.cz/NKC/201102/contents/nkc20112162700_1.pdf.
- [19] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ ČR A ÚSTAV ZDRAVOTNICKÝCH INFORMACÍ A STATISTIKY ČR. *Kreatinfosfát*. Online. Národní zdravotnický informační portál. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/5892>. [cit. 2025-02-12].
- [20] *Základy biochemie*. 3. české vydání. Praha: Academia, 1981.
- [21] NOMAD. *What is bouldering?* Online. Dostupné z: <https://www.nomadbouldering.com.au/bouldering-blog/what-is-bouldering>. [cit. 2025-02-14].
- [22] THE ACCESS FUND. *Bouldering: Understanding and Managing Climbing on Small Rock Formations*. Online. 2004, 2006. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20131029190025/http://www.accessfund.org/atf/cf/%7B1F5726D5-6646-4050-AA6E-C275DF6CA8E3%7D/BoulderingPaper.pdf>. [cit. 2025-02-14].
- [23] CAMBRIDGE DICTIONARY. *Sport climbing*. Online. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS AND ASSESSMENT. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/sport-climbing>. [cit. 2025-02-14].
- [24] ARTHUR, Charles. *A Glossary of Climbing terms: from Abseil to Zawn*. Online. UK Climbing. 2006. Dostupné z: https://www.ukclimbing.com/articles/features/a_glossary_of_climbing_terms_from_abseil_to_zawn-33. [cit. 2025-02-14].
- [25] ARTHUR, Charles. *A Beginner's Guide to Lead Climbing*. Online. Outside. 2023. Dostupné z: <https://www.climbing.com/skills/how-to-lead-climb/>. [cit. 2025-02-14].
- [26] *A Beginner's Guide to Lead Climbing*. Online. Walltopia. 2023. Dostupné z: <https://walltopia.com/products/rope-walls/>. [cit. 2025-02-14].
- [27] NELSEN, Matt. *Don't blink: Everything you need to know about the lightning-quick world of speed climbing*. Online. Olympics. 2023. Dostupné z: <https://www.olympics.com/en/news/everything-you-need-to-know-about-speed-climbing>. [cit. 2025-02-14].
- [28] BISHARAT, Andrew. *What Is Big-Wall Climbing?* Online. National Geographic. 2017. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20210305095519/https://www.nationalgeographic.com/adventure/article/what-is-big-wall-climbing>. [cit. 2025-02-14].

- [29] MARKOŠ, Anton. Akumulátorky života - objasnění mechanismu syntézy ATP. Online. *Vesmír*. 1998, roč. 77, č. leden, s. 23-25. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1441/jaro2012/Bi2MP_BZZL/um/32299699/32299701/akumulatorky_zi_vota.pdf. [cit. 2025-02-15].
- [30] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1 ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a FEJFAR, Oldřich (ed.). Anatomie. 1. Třetí, upravené a doplněné vydání, dotisk. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024738178.*
- [31] HAMPTON, Lucina. *Myofibril*. Online. Physiopedia. Dostupné z: <https://www.physio-pedia.com/Myofibril>. [cit. 2025-02-14].
- [32] 1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA UK. *Mechanické charakteristiky svalů*. Online. WikiSkripta. 2020. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Mechanick%C3%A9_charakteristiky_sval%C5%AF. [cit. 2025-02-14].
- [33] HALADOVÁ, Eva a NECHVÁTALOVÁ, Ludmila. *Vyšetřovací metody hybného systému*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1997. ISBN 80-7013-237-X.
- [34] *Difference Between Flexor and Extensor Muscles*. Online. TestBook. 3. 10. 2023. Dostupné z: <https://testbook.com/key-differences/difference-between-flexor-and-extensor-muscles>. [cit. 2025-02-14].
- [35] MALÝ, Stanislav, KRÁL, Miroslav a HANÁKOVÁ, Eva. *ABC ergonomie*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2010. 386 s. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [36] DANI, Anurag. *Comparison between adductor and abductor Machines*. Online. Aroleap. 14. 10. 2024. Dostupné z: <https://www.aroleap.com/blogs/health-and-fitness/comparison-between-adductor-and-abductor-machines>. [cit. 2025-02-14].
- [37] *Hip Abductors*. Online. Physiopedia. Dostupné z: https://www.physio-pedia.com/Hip_Abductors. [cit. 2025-02-14].
- [38] *Hip Adductors*. Online. Physiopedia. Dostupné z: https://www.physio-pedia.com/Hip_Abductors. [cit. 2025-02-14].
- [39] HOUŠKA, Martin. *Vliv sportovního lezení na dysbalanci prsních svalů u dětí a mládeže do 16 let*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Mgr. Luboš Charvát. Plzeň: ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI FAKULTA PEDAGOGICKÁ, 2021. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcagpcglclefindmkaj/https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/41822/DPTX_2011_2__0_84842_0_121393.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [cit. 2025-02-14].
- [40] RŮŽIČKA, Martin. *Styly přelezu (OS, RP, TR, ...)*. Online. Horoakademie. Dostupné z: <https://www.horoakademie.cz/styly-prelezu-os-rp-tr/>. [cit. 2025-02-14].
- [41] DYLEVSKÝ, Ivan. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1649-7.
- [42] VÖLKER, Christoph. *Diese Muskeln beanspruchst du beim Klettern*. Das Klettermagazin. 2018, 2005-03-18.
- [43] HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0.
- [44] WILKINSON, Freddie. *Rock climbing will be a 2020 Olympic sport. Here's what to expect*. Online. National Geographic. 2019. Dostupné z:

- <https://web.archive.org/web/20190810141313/https://www.nationalgeographic.com/adventure/2019/04/rock-climbing-added-to-olympics-2020/>. [cit. 2025-02-14].
- [45] GARTNER, Hannah. *Olympic Committee Unanimously Votes to Include Sport Climbing in Paris 2024 Games*. Online. Climbing.com. 2019. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20190704153145/https://www.climbing.com/competition/olympic-committee-unanimously-votes-to-include-sport-climbing-in-paris-2024-games/>. [cit. 2025-02-14].
- [46] BUHAY, Corey. *Vertical Triathlon: The Future of Climbing in the Olympics*. Online. Climbing.com. 2016, 31. 5. 2018. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20190810145152/https://www.climbing.com/news/vertical-triathlon-the-future-of-climbing-in-the-olympics/>. [cit. 2025-02-14].
- [47] 1. lékařská fakulta UK. Stavba kosterního svalstva. Online. WikiSkripta. 2020. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Stavba_kostern%C3%ADho_svalstva [cit. 2025-02-14].
- [48] Galen (c.130 AD - c.210 AD). Online. BBC. c2014. Dostupné z: https://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/galen.shtml. [cit. 2024-12-30].
- [49] *Andreas Vesalius*. Online. BBC BITESIZE. 2025. Dostupné z: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z8yd8hv/revision/2>. [cit. 2024-12-30].
- [50] *Giovanni Alfonso Borelli*. Online. Encyclopedia Britannica. 2025, 2025-01-25. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/locomotion/Bottom-locomotion>. [cit. 2025-02-10].
- [51] *Elektromyografie (EMG)*. Online. Krajská nemocnice Liberec a.s. Dostupné z: <https://www.nemlib.cz/elektromyografie-emg/>. [cit. 2025-02-15].
- [52] *Herbert S. Gasser – Facts*. Online. Nobel Prize Outreach. 2025. Dostupné z: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1944/gasser/facts/>. [cit. 2025-02-15].
- [53] *History of the Study of Skeletal Muscle Function with Emphasis on Kinesiological Electromyography*. Online. *The Open Rehabilitation Journal*. Roč. 2010, č. 3, s. 84-93. Dostupné z: <https://benthamopen.com/contents/pdf/TOREHJ/TOREHJ-3-84.pdf>. [cit. 2025-02-10].
- [54] JUŘICOVÁ, Lenka. *Svalový test: historie až současnost*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Mgr. Jana Tomšová. Olomouc: UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI, 2012. Dostupné z: https://theses.cz/id/tztjm1/TISK-BP_final.pdf. [cit. 2025-02-13].
- [55] *The early history of the biochemistry of muscle contraction*. Online. National Library of Medicine. 2004. Dostupné z: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2234565/>. [cit. 2025-02-14].
- [56] *Measuring critical force in sport climbers: a validation study of the 4 min all-out test on finger flexors*. Online. Springer Nature Link. 2024. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-024-05490-7>. [cit. 2025-02-12].
- [57] *Critical Power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology*. Online. 2016. Dostupné z: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2016/11000/critical_power_an_important_fatigue_threshold_in.29.aspx. [cit. 2025-02-16].
- [58] *The Determination of Finger-Flexor Critical Force in Rock Climbers*. Online. National Library of Medicine. 2019. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30676817/>. [cit. 2025-02-13].

- [59] *Diagnostika kritické síly flexorů prstů u sportovních lezců*. Online, Bakalářská práce, vedoucí Doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova, 2024. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/190855/130392571.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [cit. 2025-02-12].
- [60] *An All-Out Test to Determine Finger Flexor Critical Force in Rock Climbers*. Online. ResearchGate. 2020. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/343601001_An_All-Out_Test_to_Determine_Finger_Flexor_Critical_Force_in_Rock_Climbers. [cit. 2025-02-12].
- [61] *Monitoring v neurointenzivní péči*. Online. WikiSkripta. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Monitoring_v_neurointenzivn%C3%AD_p%C3%A9%C4%8Di. [cit. 2025-02-10].
- [62] *Hand Dynamomert*. Online. Vernier. Dostupné z: <https://www.vernier.com/product/hand-dynamometer/?srsltid=AfmBOopeoleZ28ACjAj-Iet4BJInmYOd5r-Sg6-TD0bSiNqw8HgXlaz>. [cit. 2025-02-14].

15 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

15.1 Seznam obrázků

- Obrázek 1: Stavba svalu až po svalové vlákno a sarkomeru (1. lékařská fakulta UK. Stavba kosterního svalstva. Online. WikiSkripta. 2020. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Stavba_kostern%C3%ADho_svalstva) 16
- Obrázek 2: Sval a jeho úseky: 1. začátek svalu (origo), 2. hlava svalu (caput musculi), 3. břicho svalu (venter musculi), 4. ohon svalu (cauda musculi), 5. úpon svalu (insertio) (ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a FEJFAR, Oldřich (ed.). *Anatomie*. 1. Třetí, upravené a doplněné vydání, dotisk. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024738178)..... 18
- Obrázek 3: Tvar svalů – A vřetenovitý tvar, B dvojhlavý sval, C trojhlavý sval, D čtyřhlavý sval, E plochý sval s plochou aponeurosou, F dvojbřiškovitý sval, G kruhovitý sval (ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a FEJFAR, Oldřich (ed.). *Anatomie*. 1. Třetí, upravené a doplněné vydání, dotisk. Praha: Grada, 2015. ISBN 9788024738178)..... 19
- Obrázek 4: Svaly užívané při lezení: červená – primární skupina (90-100 %), žlutá – sekundární (50 až 90 %), modrá – méně až zřídka používané (méně než 50 %) (VÖLKER, Christoph. *Diese Muskeln beanspruchst du beim Klettern*. *Das Klettermagazin*. 2018, 2005-03-18)..... 22
- Obrázek 5: Úchop sondy, typ „Vernier“. Foto autora..... 24
- Obrázek 6: M. biceps brachii, pravá a levá paže, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0) 24
- Obrázek 7: M. flexor carpi radialis, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. *Memorix anatomie*. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0) 25

Obrázek 8: M. palmaris longus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	26
Obrázek 9: M. flexor carpi ulnaris, pravé a levé předloktí, pohled zepředu, 1. caput humerale, 2. caput ulnare (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	27
Obrázek 10: M. flexor digitorum superficialis pravé a levé předloktí, pohled zepředu, 1. caput humeroulnare, 2. caput radiale (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	28
Obrázek 11: M. flexor digitorum profundus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	29
Obrázek 12: M. flexor pollicis longus, pravé a levé předloktí, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	30
Obrázek 13: M. abduktor pollicis longus pravé a levé předloktí, pohled zezadu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	31
Obrázek 14: Mm. lumbricales, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	32
Obrázek 15: Mm. interossei palmares levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	33
Obrázek 16: Mm. interossei dorsales levá a pravá ruka, pohled zezadu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	34
Obrázek 17: M. abduktor pollicis brevis, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	35
Obrázek 18: M. opponens pollicis, levá a pravá ruka, pohled zepředu (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0)	36
Obrázek 19: M. flexor pollicis brevis, levá a pravá ruka, pohled zepředu, 1. caput superficiale, 2. caput profundum (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	37
Obrázek 20: Úchop sondy, typ „zelená“. Foto autora.....	38
Obrázek 21: M. extensor carpi radialis longus, pravé a levé předloktí, pohled zezadu, (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	38
Obrázek 22: M. extensor carpi radialis brevis, pravé a levé předloktí, pohled zezadu, (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	39
Obrázek 23: Úchop sondy, typ „lišta“. Foto autora.	40

Obrázek 24: M. trapezius – 1. pars descendens, 2. pars transversa, 3. pars ascendens (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	41
Obrázek 25: Mm. rhombodei (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	42
Obrázek 26: M. serratus anterior (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	43
Obrázek 27: M. deltoideus, pravé rameno pohled zepředu a zezadu – 1. pars spinalis, 2. pars acromialis, 3. clavicularis (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	44
Obrázek 28: M. supraspinatus (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	45
Obrázek 29: m. pectoralis major – 1. pars clavicularis, 2. pars sternocostalis, 3. pars abdominalis (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	46
Obrázek 30: M. pectoralis minor (HUDÁK, Radovan a KACHLÍK, David. Memorix anatomie. 4. vydání. Praha: Triton, 2017. ISBN 978-80-7553-420-0).....	47
Obrázek 31: Stavba sarkomery (SILBERNAGL, Stefan a DESPOPOULOS, Agamemnon. Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.).....	48
Obrázek 32: Otevření iontových kanálů po navázání acetylcholinu na receptor. Po navázání acetylcholinu na obě podjednotky nikotinového acetylcholinového receptoru se otevře iontový kanál a do buňky začnou pronikat sodné ionty, zatímco ven z buňky (v mnohem menší míře) proudí ionty draselné.....	55
Obrázek 33: Otevřený úchop lišty (Diagnostika kritické síly flexorů prstů u sportovních lezců. Online, Bakalářská práce, vedoucí Doc. Mgr. Jiří Baláš, Ph.D. Praha: Univerzita Karlova, 2024. Dostupné z: https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/190855/130392571.pdf?sequence=1&isAllowed=y).....	61
Obrázek 34: Go Direct Hand Dynamometer (<i>Hand Dynamometer</i> . Online. Vernier. Dostupné z: https://www.vernier.com/product/hand-dynamometer/?srsltid=AfmBOopeoleZ28ACjAj-Iet4BJInmYOd5r-Sg6-TD0bSiNqw8HgXlaz_).....	65
Obrázek 35: Držák a sonda. Foto autora.	67

15.2 Seznam grafů

Graf 1: Zlepšení – FTVS	63
Graf 2: Kritická síla – FTVS	64
Graf 3: Maximální síla – FTVS.....	64
Graf 4: První měření – výsledky	68
Graf 5: Kritická síla – vstupní testy	69
Graf 6: Kritická síla – výstupní měření	70
Graf 7: Druhé měření – výsledky	70
Graf 8: Anežka – P	71
Graf 9: Zlepšení – Anežka – P	71

Graf 10: Anežka – L	72
Graf 11: Zlepšení – Anežka – L	72
Graf 12: Malvína – P	73
Graf 13: Zlepšení – Malvína – P	73
Graf 14: Malvína – L	74
Graf 15: Zlepšení – Malvína – L	74
Graf 16: Pavlína – P	75
Graf 17: Zlepšení – Pavlína – P	75
Graf 18: Pavlína – L	76
Graf 19: Zlepšení – Pavlína – L	76
Graf 20: Kritická síla v domácích podmínkách	77
Graf 21: Kritická síla – závěrečné srovnání	78
Graf 22: Průměrné zlepšení – všichni	79

15.3 Seznam tabulek

Tabulka 1: Kritická síla naměřená na FTVS	62
Tabulka 2: Maximální síla naměřená na FTVS	62
Tabulka 3: Anežka – P	71
Tabulka 4: Anežka – L	72
Tabulka 5: Malvína – P	73
Tabulka 6: Malvína – L	74
Tabulka 7: Pavlína – P	75
Tabulka 8: Pavlína – L	76
Tabulka 9: Srovnání vstupní a výstupní kritické síly	77

16 PŘÍLOHY

16.1 Příloha 1 – tréninkový plán

Pilot		
Den	Hlavní náplň tréninku	Sekundární trénink
1/1/2025		
1/2/2025		
1/3/2025		
1/4/2025		
1/5/2025		
1/6/2025		
1/7/2025		
1/8/2025		
1/9/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/10/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
1/11/2025	Rest	
1/12/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/13/2025	Rest	
1/14/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/15/2025	Rest	
1/16/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/17/2025	Rest	
1/18/2025	Těžké lezení na max 1h na boulderu	Aerobní lezení 3x10min
1/19/2025	Rest	
1/20/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
1/21/2025	Rest	
1/22/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/23/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
1/24/2025	Rest	
1/25/2025	Aerobní lezení 3x10min	
1/26/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
1/27/2025	Rest	
1/28/2025	Aerobní lezení 4x10min	
1/29/2025	Rest	
1/30/2025	Aerobní lezení 4x10min	
1/31/2025	Rest	
2/1/2025	Těžké lezení na max 1h na boulderu	Aerobní lezení 3x10min
2/2/2025	Rest	
2/3/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
2/4/2025	Rest	
2/5/2025	Aerobní lezení 4x10min	
2/6/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
2/7/2025	Rest	
2/8/2025	Aerobní lezení 4x10min	
2/9/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
2/10/2025	Rest	
2/11/2025	Aerobní lezení 4x10min	
2/12/2025	Rest	
2/13/2025	Aerobní lezení 4x10min	
2/14/2025	Rest	
2/15/2025	Těžké lezení na max 1h na boulderu	Aerobní lezení 3x10min
2/16/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
2/17/2025	Rest	
2/18/2025	Aerobní lezení 4x10min	
2/19/2025	Aerobní běh (tep 120-140) 30min	
2/20/2025	Rest	
2/21/2025	Aerobní lezení 4x10min	

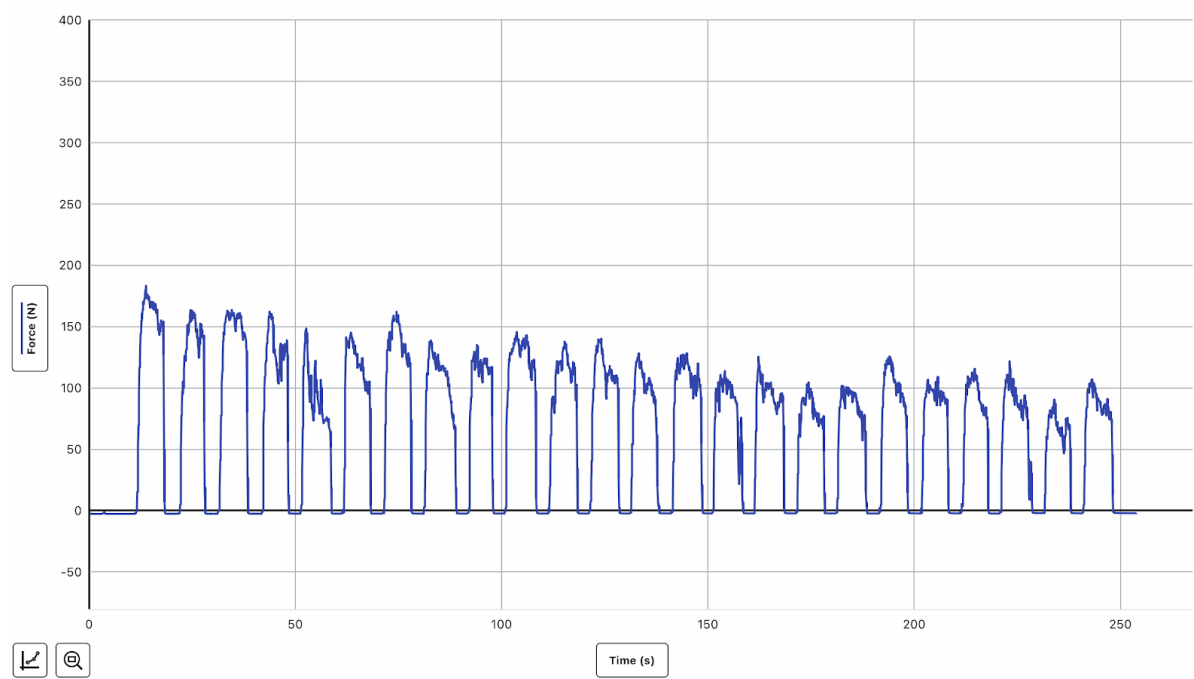
16.2 Příloha 2 – tabulka námi naměřených vstupních hodnot maximální síly v jednotlivých úchopech

dynamometr - max. síla						
typ úchopu	Vernier [N]	zelená [N]	lišta [N]	prsty - ukazováček [N]	prsty - prostředníček [N]	prsty - prsteníček [N]
Anežka - P	287,1	84,5	188,9	101,7	128,3	88,1
Anežka - L	269,3	80,6	168,6	62,9	78,2	57,9
Malvína - P	343,5	85,2	257,1	93,1	78,6	51,3
Malvína - L	357	92,5	259,9	87,4	83,3	66
Pavčina - P	177,9	71,2	205,7	67,8	79,8	44,9
Pavčina - L	213,2	72,8	186,2	56,2	62,8	50,9

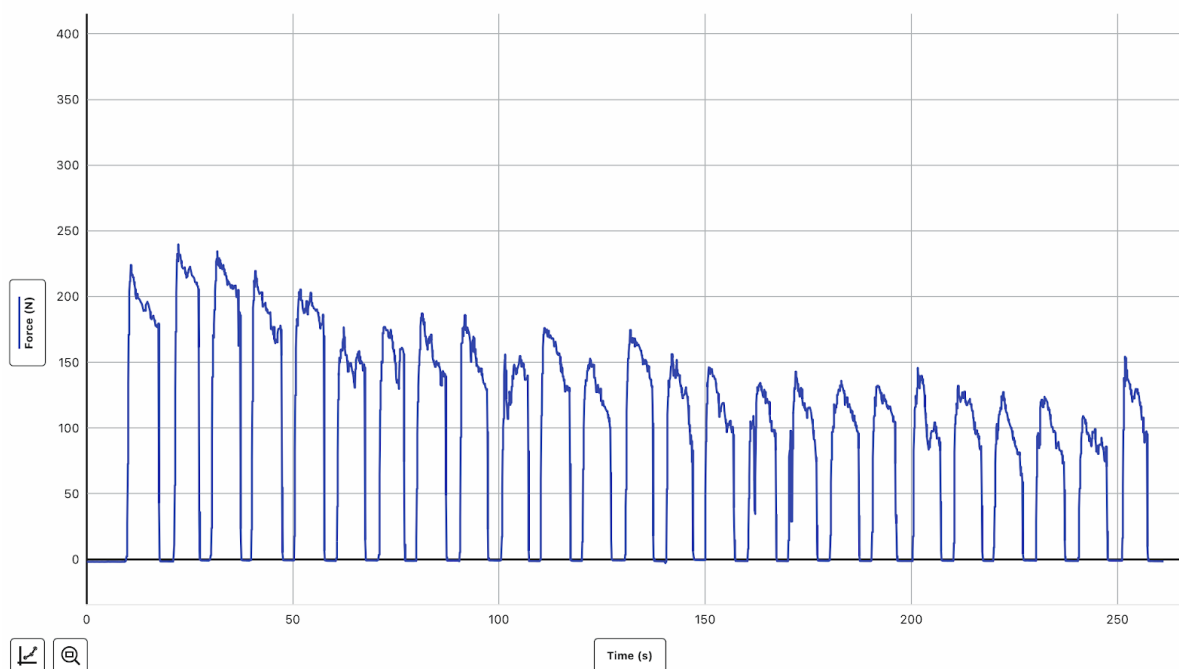
16.3 Příloha 3 – tabulka námi naměřených výstupních hodnot maximální síly v jednotlivých úchopech

dynamometr - max. síla						
typ úchopu	Vernier [N]	zelená [N]	lišta [N]	prsty - ukazováček [N]	prsty - prostředníček [N]	prsty - prsteníček [N]
Anežka - P	311,3	85,1	239,7	79,1	101,5	54,7
Anežka - L	303,3	84,6	192,2	73	90,1	40,8
Malvína - P	345,3	84,2	282,4	90,7	97,9	62,1
Malvína - L	334,7	84,8	279,1	90,3	92,6	86,6
Pavčina - P	237,1	80,4	228,9	78,8	82,3	54,6
Pavčina - L	240,3	75,6	173,4	62,2	69,2	54,3

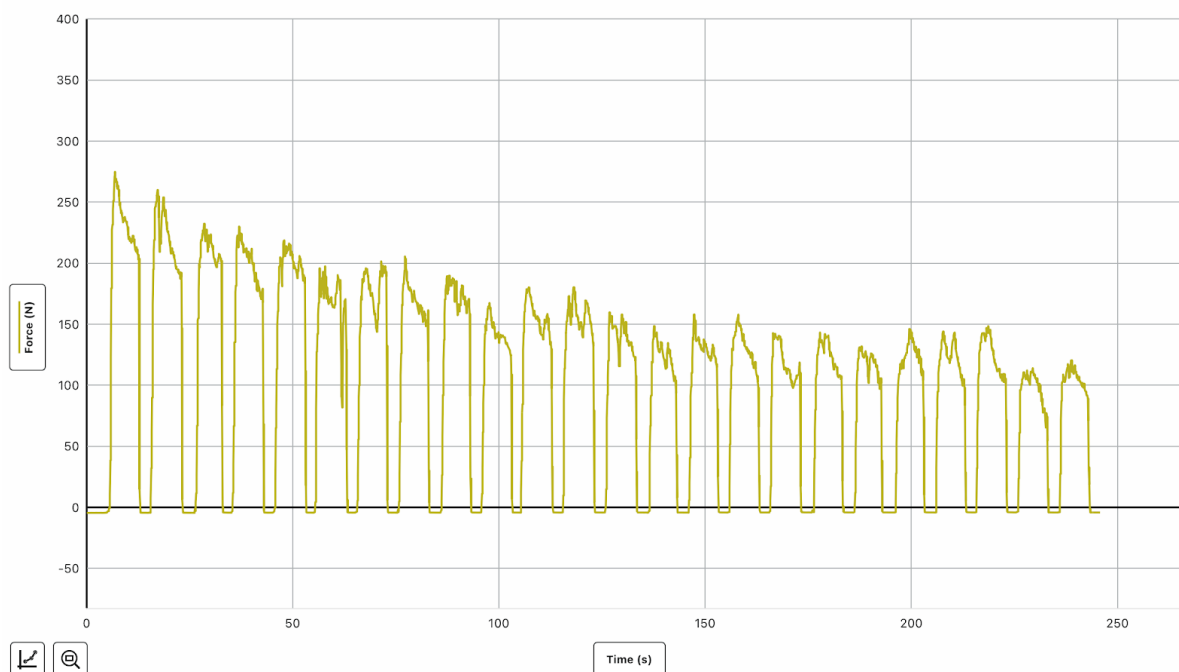
16.4 Příloha 4 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Anežka



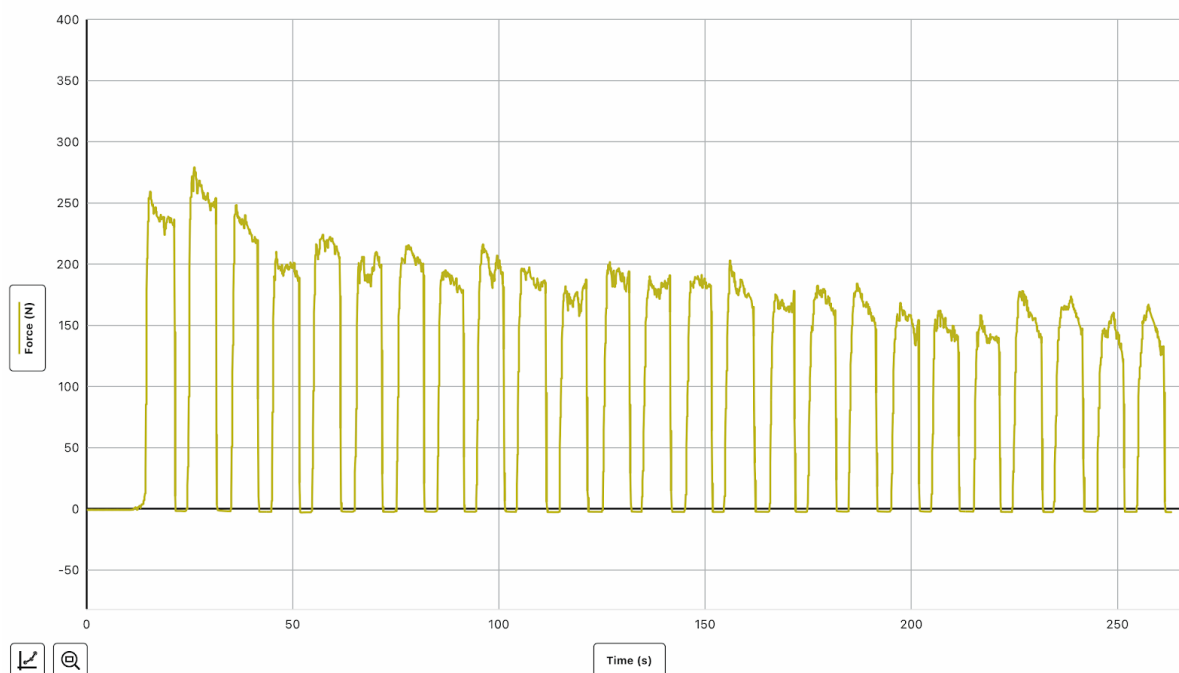
16.5 Příloha 5 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Anežka



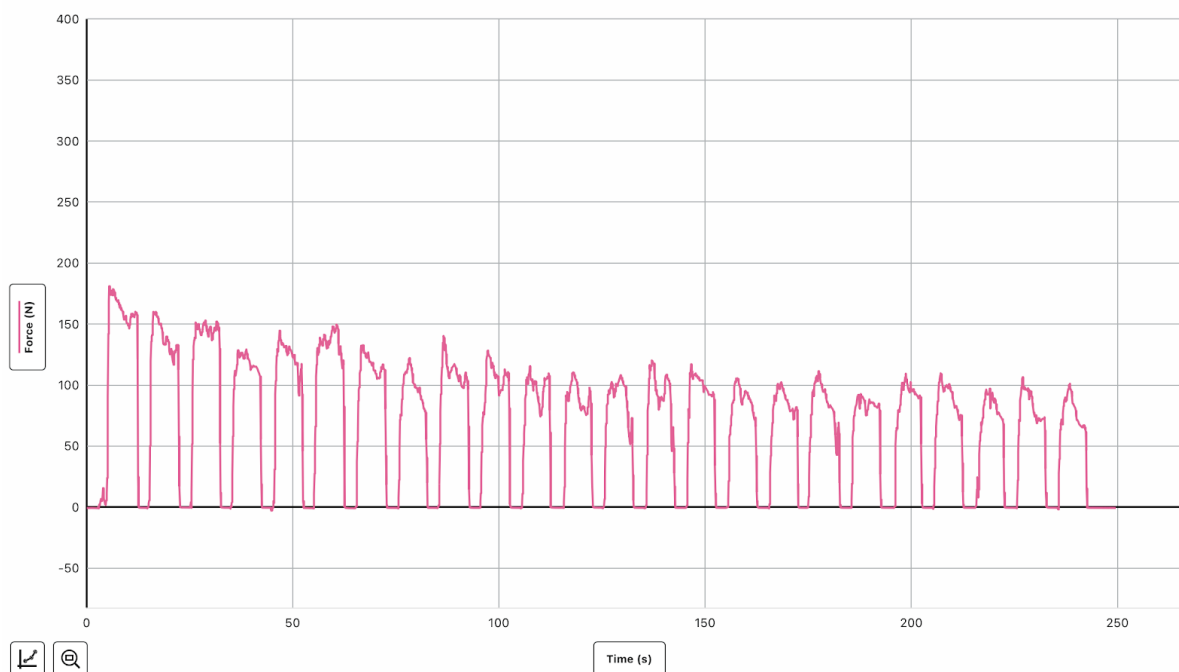
16.6 Příloha 6 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Malvína



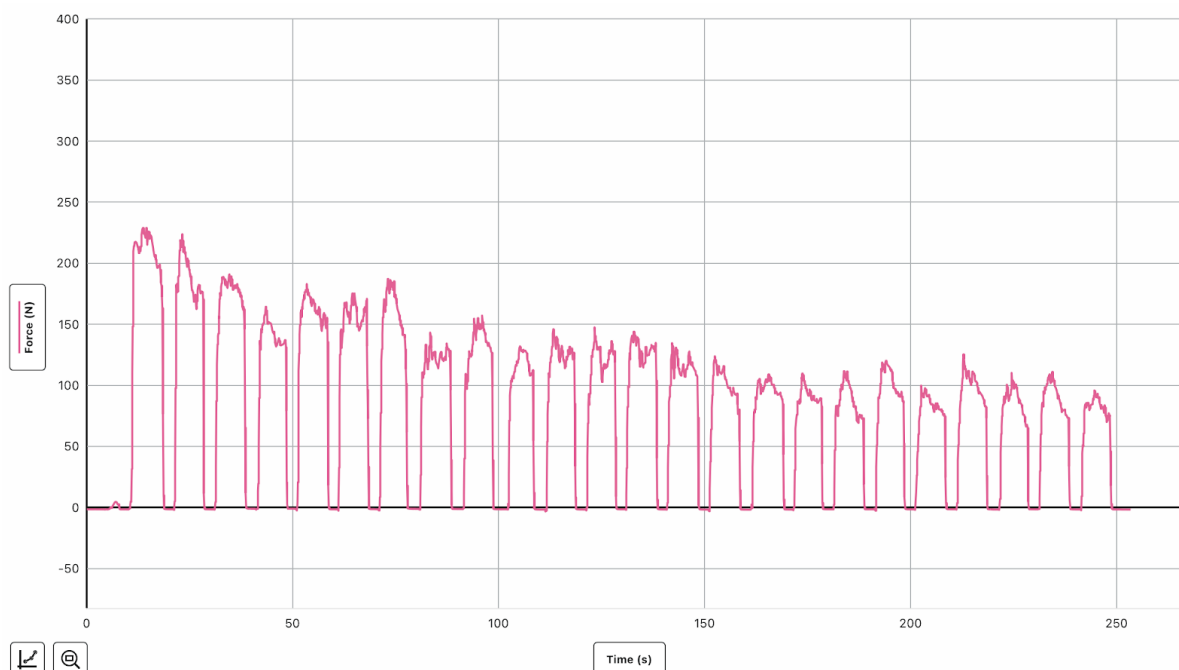
16.7 Příloha 7 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Malvína



16.8 Příloha 8 – vstupní graf all-out testu (naše měření) – Pavlína



16.9 Příloha 9 – výstupní graf all-out testu (naše měření) – Pavlína



16.10 Příloha 10 – tabulky vyhodnocující námi naměřené all-out testy

A	all out vstupní [N]	all out výstupní [N]
	79,719	88,39
	59,889	91,411
	86,721	80,379
průměr [N]	75,443	86,72666667
průměr [kg]	7,690417941	8,840638804

M	all out vstupní [N]	all out výstupní [N]
22.	110,684	141,801
23.	91,994	139,152
24.	96,919	124,531
průměr [N]	99,86566667	135,1613333
průměr [kg]	10,17998641	13,77791369

P	all out vstupní [N]	all out výstupní [N]
22.	66,61	77,953
23.	74,691	80,572
24.	69,419	73,152
průměr [N]	70,24	77,22566667
průměr [kg]	7,160040775	7,872137275

16.11 Příloha 11 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Anežka

Test	Type	Strength(F Ref.(F)		Up limit	Dn limit													
		[kg]	[%]	[kg]	[kg]													
All out 4 m	All-Out Set	Fm %	100	F+10.F/10	0													
Name	Surname	Date	Hand	Weight kg	Set No:	Fm [kg]	TFm [ms]	T05Fm [ms]	Favg [kg]	Frel [kg/kg]	FTI [kg.s]	FTI_rel [kg.s/kg]	GS [kg/s]	GA [kg/s]	Ies [kg/s]	RC [kg/s.kg]	Ttarget_zc [ms]	Tcontact [ms]
Anezka	Noskova	12-Dec-24	Right hand	52.0		1	22	4250	870	18 43.43		12 0.24	XII.68	53.14		III.26 0.10	7000	6770
						2	21	1300	170	18 41.47		11 0.22	60.54	165.90	09.XI	0.32	7000	6280
						3	20	5010	300	17 38.66		10 0.21	33.10	40.13	02.XI	0.08	7000	6280
						4	21	2920	230	17 41.55		10 0.21	46.06	73.99	III.94	0.14	7000	6340
						5	21	4950	230	18 40.78		11 0.22	44.97	42.84	II.19	0.08	7000	6320
						6	19	3520	220	15 37.04		9 0.19	42.34	54.71	II.82	0.11	7000	6250
						7	16	3850	140	14 31.28		7 0.15	56.70	42.24	II.14	0.08	7000	5460
						8	16	4060	230	13 31.68		8 0.17	35.51	40.57	II.13	0.08	7000	6630
						9	17	2480	460	13 33.18		8 0.16	18.47	69.57	IV.21	0.13	7000	6080
						10	16	2170	640	12 31.39		7 0.14	XII.48	75.22	V.22	0.14	7000	5910
						11	14	5130	310	11 27.48		6 0.13	22.54	27.86	I.45	0.05	7000	6000
						12	15	2340	620	11 29.30		7 0.13	XI.80	65.10	IV.25	0.13	7000	6140
						13	15	4010	440	11 29.31		7 0.14	17.16	38.01	02.XII	0.07	7000	5940
						14	12	3830	250	9 23.33		5 0.10	23.99	31.68	I.68	0.06	7000	5310
						15	10	2320	200	8 19.38		5 0.10	24.32	43.43	II.29	0.08	7000	6380
						16	11	3150	290	8 21.73		5 0.10	19.21	35.88	I.95	0.07	7000	6040
						17	11	3790	250	9 21.17		5 0.10	21.21	29.IV	I.50	0.06	7000	5800
						18	12	3360	530	8 24.48		5 0.10	XI.85	37.89	II.22	0.07	7000	6030
						19	11	4880	1860	8 21.96		5 0.10	03.VII	23.40	I.89	0.05	7000	6190
						20	10	4630	180	9 20.14		5 0.10	27.79	22.62	01.XII	0.04	7000	5850
						21	11	3360	370	9 22.17		5 0.10	15.56	34.32	I.92	0.07	7000	5910
						22	10	2630	70	8 20.32		5 0.11	73.98	40.18	02.II	0.08	7000	6290
						23	10	2570	320	7 19.93		5 0.10	16.00	40.33	II.28	0.08	7000	6610
						24	9	2040	0	7 18.53		0 0.00	0.00	47.24	0.00	0.09	7000	6120

16.12 Příloha 12 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Malvína

Test parameters																		
Test	Type	Strength	F Ref.(F)	Up limit	Dn limit													
		[kg]	[%]	[kg]	[kg]													
All out 4 m	All-Out Set	Fm %	100	F+10.F/10	0													
Name	Surname	Date	Hand	Weight kg	Set No:	Fm [kg]	TFm [ms]	T05Fm [ms]	Favg [kg]	Frel [kg/kg]	FTI [kg.s]	FTI_rel [kg.s/kg]	GS [kg/s]	GA [kg/s]	Ies [kg/s]	RC [kg/s.kg]	Ttarget_zc [ms]	Tcontact [ms]
Malvina	Bruothova	12-Dec-24	Left hand	65.0		1	32	4850	270	29 49.55		18 0.28	59.19	66.40		III.49 0.10		7000 6370
						2	30	5460	360	27 47.45		15 0.24	41.72	56.49		II.94 0.09		7000 5710
						3	29	5340	290	26 45.28		17 0.27	48.71	55.12		II.80 0.08		7000 6770
						4	28	6850	230	24 43.28		15 0.24	60.37	41.07		02.X 0.06		7000 6210
						5	26	4930	1220	21 40.94		13 0.21		X.90 53.98		III.59 0.08		7000 6500
						6	28	6180	630	23 44.61		14 0.23	22.86	46.92		II.59 0.07		7000 6360
						7	28	3950	430	22 43.83		15 0.23	33.11	72.12		04.IV 0.11		7000 6640
						8	23	6860	250	20 35.95		12 0.19	46.02	34.07		I.74 0.05		7000 6100
						9	24	3110	200	21 37.49		13 0.21	58.44	78.35		04.II 0.12		7000 6170
						10	20	4350	440	18 32.06		12 0.19	23.23	47.91		II.61 0.07		7000 6640
						11	22	2360	540	17 33.89		11 0.17	20.21	93.33	6.00	0.14		7000 6320
						12	20	1980	310	16 30.84		10 0.16	31.55	101.24		V.86 0.16		7000 6140
						13	16	3060	560	13 24.66		7 0.12	13.92	52.38		03.XII 0.08		7000 5710
						14	15	2460	770	12 23.43		8 0.13		IX.84 61.90		IV.48 0.10		7000 6460
						15	15	5070	220	13 24.13		8 0.12	35.64	30.94		I.62 0.05		7000 5900
						16	15	2920	190	13 23.72		8 0.13	39.85	52.80		II.77 0.08		7000 6490
						17	15	3480	370	13 24.XI		8 0.13	20.87	45.04		II.48 0.07		7000 6050
						18	16	4430	230	13 24.80		8 0.13	34.83	36.39		I.91 0.06		7000 6120
						19	18	3370	400	14 28.28		8 0.13	22.65	54.54		03.V 0.08		7000 5890
						20	16	3770	380	13 25.16		8 0.13	21.49	43.38		II.41 0.07		7000 6000
						21	15	3120	400	12 24.28		7 0.12		19.VI 50.59		II.80 0.08		7000 6010
						22	15	4620	320	13 23.46		7 0.12		23.V 33.00		I.72 0.05		7000 5940
						23	15	3570	240	13 23.16		8 0.14	31.11	42.16		II.24 0.06		7000 6790
						24	15	4810	310	12 23.19		8 0.13	23.68	31.33		I.63 0.05		7000 6470

16.13 Příloha 13 – tabulka s daty získanými z all-out testu z FTVS – Pavlína

Test parameters																			
Test	Type	Strength	F Ref.(F)	Up limit	Dn limit														
		[kg]	[%]	[kg]	[kg]														
All out 4 n	All-Out Se	Fm %	100	F+10.F/10	0														
Name	Surname	Date	Hand	Weight	Set	Fm	TFm	T05Fm	Favg	Frel	FTI	FTI_rel	GS	GA	Ies	RC	Ttarget_zc	Tcontact	
				kg	No:	[kg]	[ms]	[ms]	[kg]	[kg/kg]	[kg.s]	[kg.s/kg]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s]	[kg/s.kg]	[ms]	[ms]	
Pavlina	Dvorakova	12-Dec-24	Right hand	54.0		1	18	4150	0	15	34.50	0	0.00	0.00	44.89	0.00	0.08	7000	7000
					2	22	4580	830	17	41.30	12	0.22	13.VII	48.69	II.89	0.09	7000	6710	
					3	21	2180	280	16	39.17	10	0.20	36.73	97.04	V.41	0.18	7000	6690	
					4	18	5210	1190	14	34.94	8	0.17	VII.92	36.21	II.34	0.07	7000	6070	
					5	19	1820	690	15	36.27	10	0.19	13.95	107.62	VIII.52	0.20	7000	6710	
					6	18	5890	700	14	34.85	9	0.18	13.38	31.95	I.80	0.06	7000	6680	
					7	15	6230	160	12	29.13	6	0.13	47.77	25.25	I.26	0.05	7000	5730	
					8	17	4020	160	14	32.69	9	0.18	53.38	43.91	II.21	0.08	7000	6710	
					9	15	3800	190	12	29.X	8	0.16	41.19	41.35	II.17	0.08	7000	6800	
					10	13	2720	450	11	25.42	7	0.14	14.90	50.47	II.95	0.09	7000	6720	
					11	12	1600	170	9	23.XI	6	0.12	36.67	78.01	IV.36	0.14	7000	6800	
					12	11	2880	1070	8	20.93	5	0.11	05.IV	39.24	II.98	0.07	7000	6700	
					13	10	3630	160	8	19.75	5	0.11	31.96	29.38	I.47	0.05	7000	6690	
					14	9	4790	740	7	18.14	5	0.10	VI.61	20.45	I.21	0.04	7000	6580	
					15	10	2210	180	8	19.00	5	0.11	27.75	46.42	II.46	0.09	7000	6960	
					16	10	5060	150	8	19.35	5	0.09	34.70	20.65	01.VI	0.04	7000	6160	
					17	11	3320	1590	8	20.93	4	0.09	III.54	34.04	III.25	0.06	7000	6000	
					18	10	5400	880	7	19.16	4	0.08	V.80	19.16	I.13	0.04	7000	5370	
					19	11	5490	160	9	20.53	5	0.10	34.09	20.19	01.II	0.04	7000	5810	
					20	9	2630	170	7	17.92	5	0.09	28.19	36.79	I.95	0.07	7000	6670	
					21	10	4250	1260	7	18.69	5	0.09	III.77	23.75	I.59	0.04	7000	6460	
					22	9	3390	170	7	17.59	5	0.10	27.65	28.II	I.46	0.05	7000	6510	
					23	8	6990	940	6	16.59	4	0.08	IV.74	XII.82	0.74	0.02	7000	6490	
					24	11	3930	600	8	21.38	4	0.09	IX.49	29.37	I.71	0.05	7000	5810	

16.14 Příloha 14 – vyhodnocení all-out testu z FTVS – Anežka

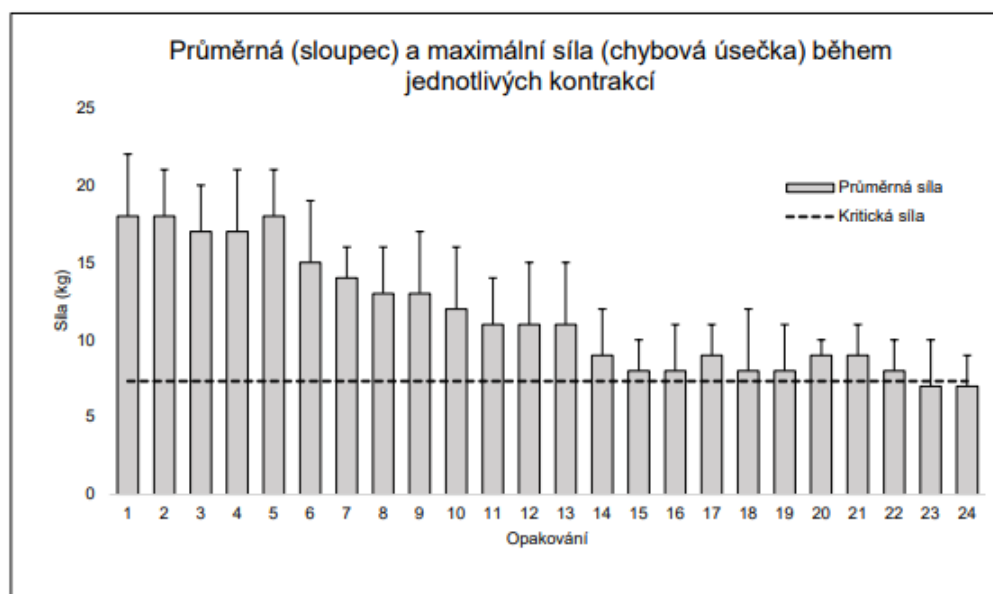
All-out 4 minutový test

s vyklepáváním

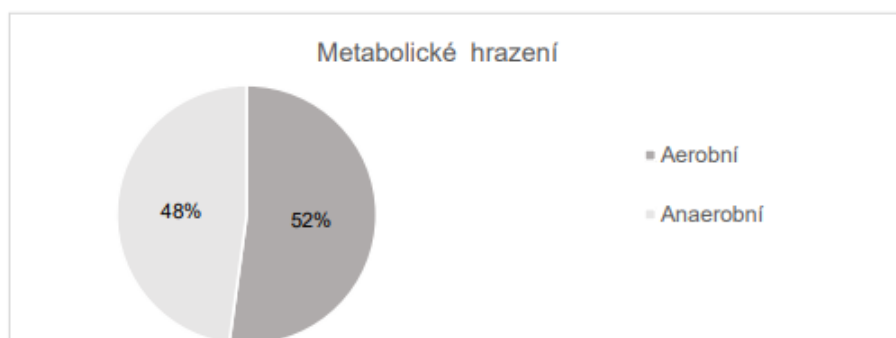
Jméno **Anežka**
Příjmení **Noskova**

Datum **12/12/2024**
Hmotnost (kg) **52**

Right hand
1



Maximální síla (kg)	22	Kritická síla (kg)	7,3
Maximální síla (% TH)	42%	Kritická síla (%TH)	14%
Celková práce (kg.s)	1710,8	Kritická síla (% Fmax)	33%
Celková práce (kg.s) na TH (kg)	32,9	Dosažení kritické síly (opakování)	14
W' (kg.s)	595,4	Index únavy (%)	67%



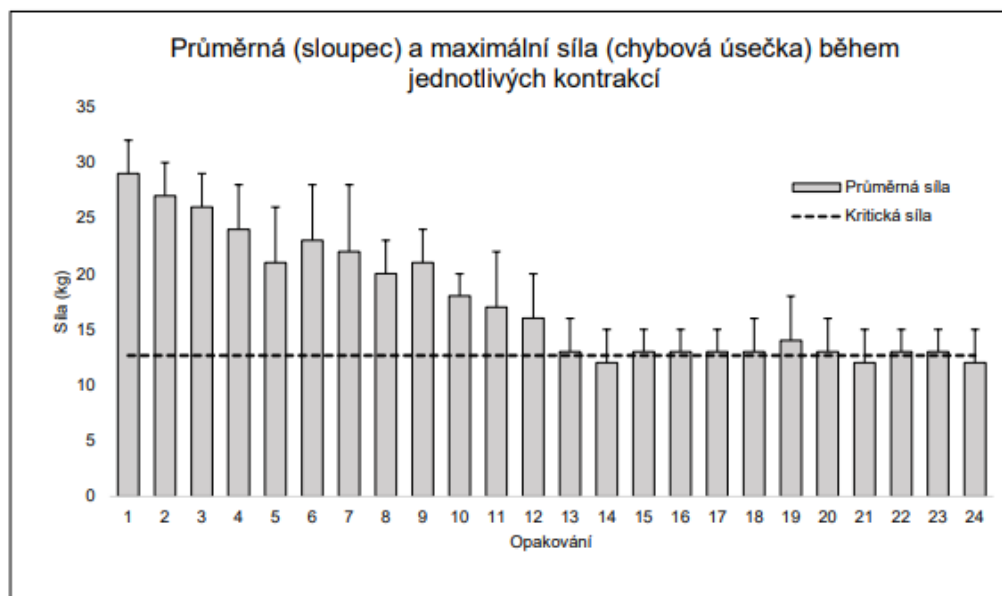
16.15 Příloha 15 – vyhodnocení all-out testu z FTVS – Malvína

All-out 4 minutový test s vyklepáváním

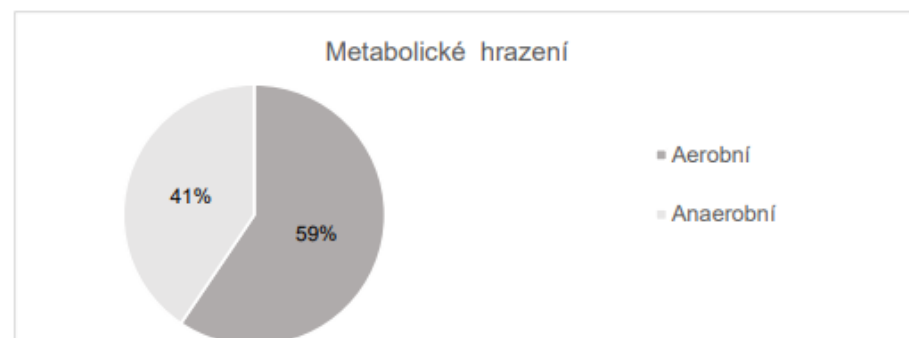
Jméno **Malvína**
Příjmení **Bruothova**

Datum **12/12/2024**
Hmotnost (kg) **65**

Left hand **1**



Maximální síla (kg)	32	Kritická síla (kg)	12,7
Maximální síla (% TH)	49%	Kritická síla (%TH)	19%
Celková práce (kg.s)	2616,3	Kritická síla (% Fmax)	40%
Celková práce (kg.s) na TH (kg)	40,3	Dosažení kritické síly (opakování)	13
W' (kg.s)	671,3	Index únavy (%)	60%



16.16 Příloha 16 – vyhodnocení all-out testu z FTVS - Pavlína

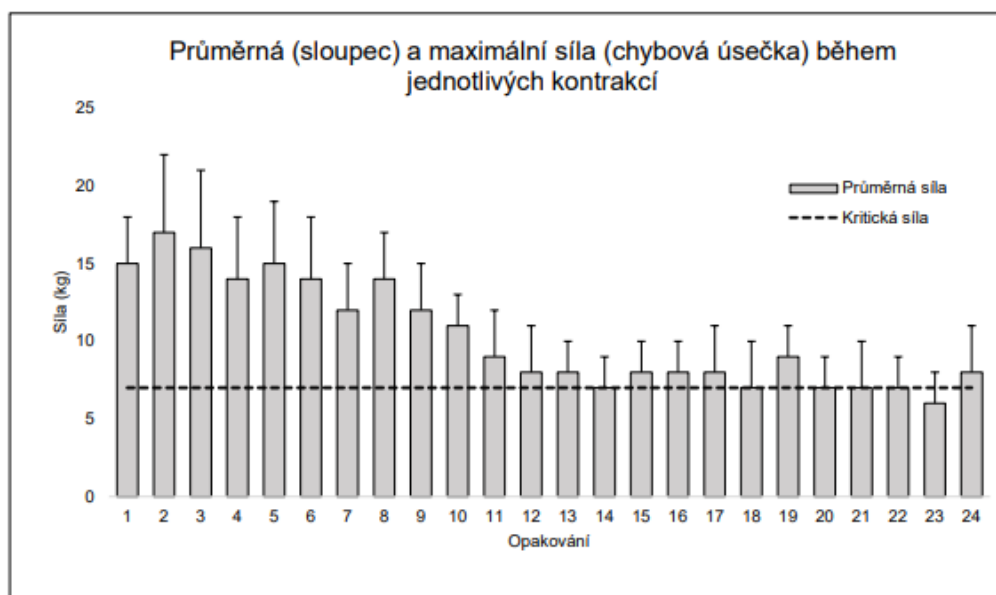
All-out 4 minutový test

s vyklepáváním

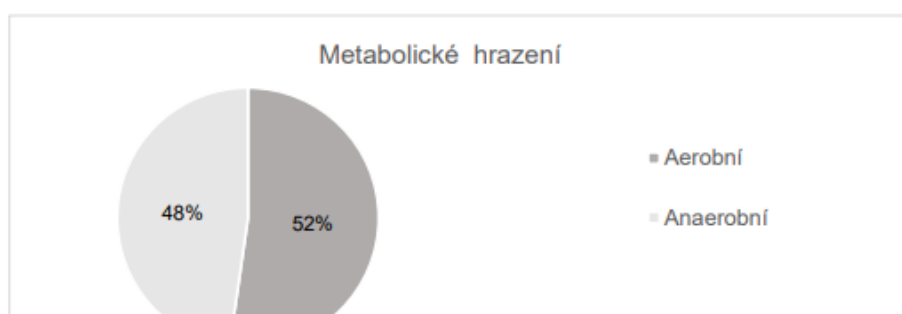
Jméno **Pavlina**
Příjmení **Dvorakova**

Datum **12/12/2024**
Hmotnost (kg) **54**

Right hand
1



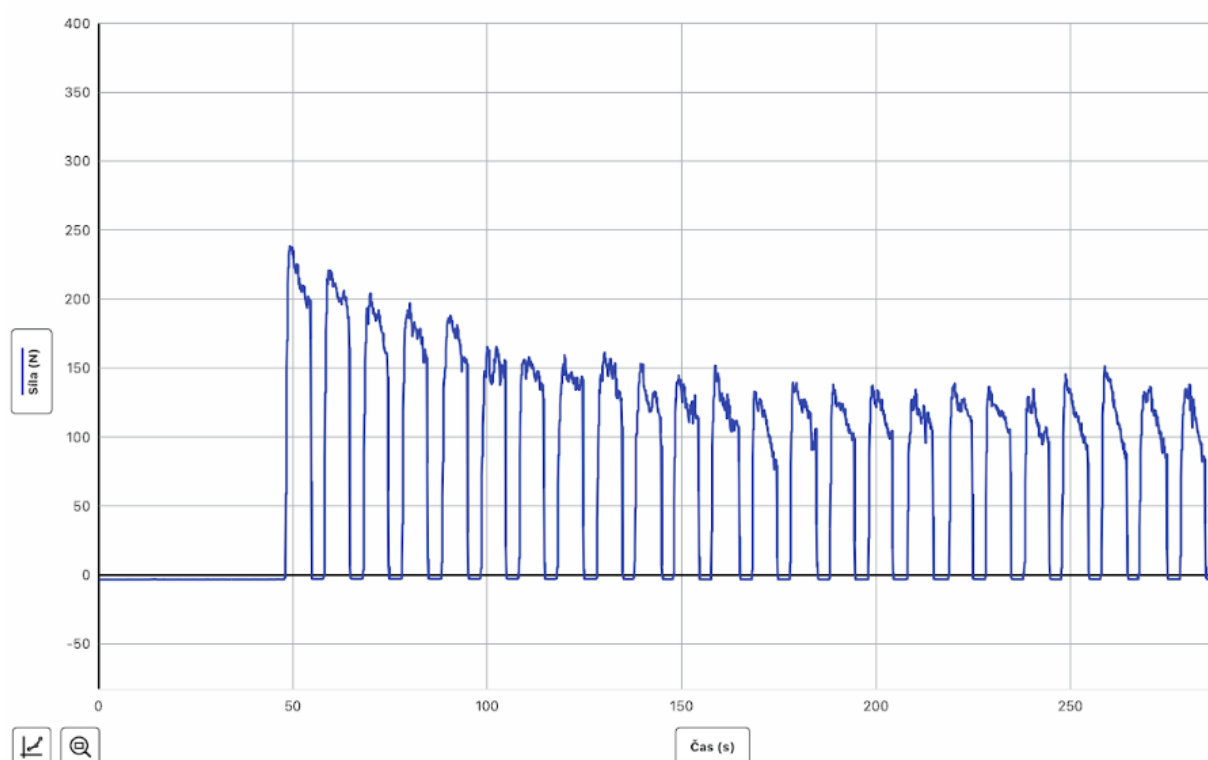
Maximální síla (kg)	22	Kritická síla (kg)	7,0
Maximální síla (% TH)	41%	Kritická síla (%TH)	13%
Celková práce (kg.s)	1603,6	Kritická síla (% Fmax)	32%
Celková práce (kg.s) na TH (kg)	29,7	Dosažení kritické síly (opakování)	14
W' (kg.s)	555,7	Index únavy (%)	68%



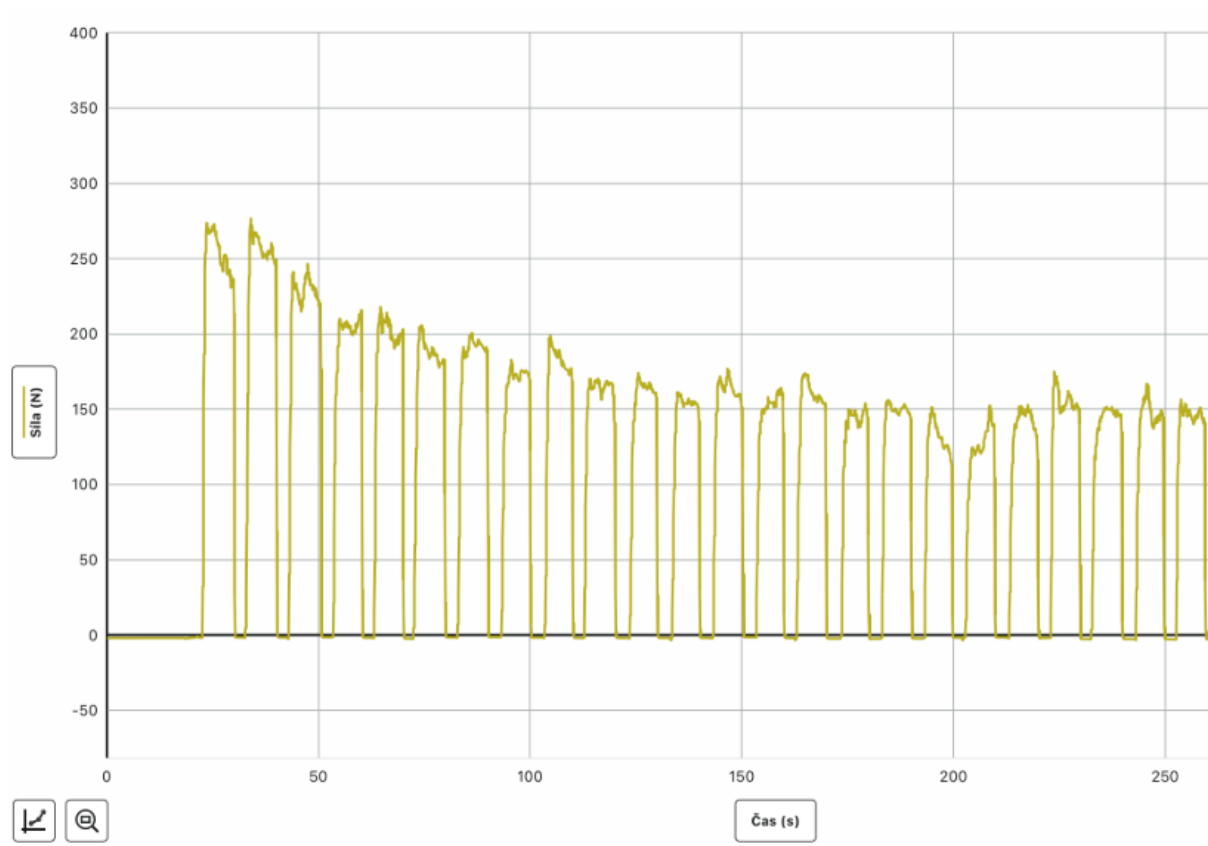
16.17 Příloha 17 – tabulka základních hodnot naměřených ve vstupním měření na FTVS – maximální síla, kritická síla podle all-out testu a kritická síla podle stupňovaného testu

	maximální síla [N]	kritická síla podle all-out testu [N]	kritická síla podle stupňovaného testu [N]
Anežka	180	70	50
Malvína	330	127	60
Pavčina	230	73	50

16.18 Příloha 18 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Anežka



16.19 Příloha 19 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Malvína



16.20 Příloha 20 – graf konečného měření all-out testu (naše měření) – Pavlína

