

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

SÍLA STISKU RUKY - VZTAH MEZI ANTROPOMETRICKÝMI ROZMĚRY
HORNÍ KONČETINY A VZDÁLENOSTÍ STISKANÝCH PLOCH
Závěrečná diplomová práce

Autor: Veronika Ptáčková, fyzioterapie
Olomouc 2011

Jméno a příjmení autora: Veronika Ptáčková

Název závěrečné písemné práce: Síla stisku ruky - vztah mezi antropometrickými rozměry horní končetiny a vzdáleností stiskáných ploch

Pracoviště: Katedra biomechaniky

Vedoucí: Prof. PhDr. František Vaverka, CSc.

Rok obhajoby: 2011

Abstrakt: Diplomová práce řeší problém síly stisku ruky a její vztah k antropometrickým charakteristikám testovaných osob a vzdálenostem stiskáných ploch.

Cílem práce bylo najít optimální vzdálenosti stiskáných ploch pro měřený soubor dospělých osob a vztah mezi silou stisku ruky a vybranými antropometrickými charakteristikami v různých vzdálenostech stiskáných ploch.

U souboru 36 dospělých mužů byly změřeny vybrané antropometrické charakteristiky a maximální síla stisku ruky. Síla stisku ruky byla měřena pomocí dynamometru s nastavitelnou polohou rukojetí v šesti vzdálenostech stiskáných ploch (40 mm; 47 mm; 54 mm; 61 mm; 67 mm a 75 mm). K řešení daného problému byly použity statistické metody (Pearsonův korelační koeficient, ANOVA pro opakovaná měření).

Z výsledků měření plyne, že velikost síly stisku ruky výrazně koreluje s parametry robusticity probanda (šířkové a obvodové parametry ruky a tělesná hmotnost). Bylo zjištěno, že s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch roste význam délky prstů, hlavně délky prvního až třetího prstu, které se převážnou měrou podílí na úchopové funkci ruky. Z výsledků měření je možné stanovit optimální hodnotu vzdálenosti stiskáných ploch dynamometru pro měření síly stisku ruky měřeného souboru mužů. Tato optimální vzdálenost leží mezi hodnotami 47-54 mm a bude se blížit k jedné nebo druhé hranici podle hodnot parametrů robusticity konkrétního jedince.

Klíčová slova: Síla stisku ruky - rozpětí stiskáných ploch - antropometrie ruky - kineziologie ruky - biomechanika ruky

Souhlasím s půjčováním závěrečné písemné práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and Surname: Veronika Ptáčková

Title of the thesis: Handgrip strength - the relation between anthropometric dimensions of the upper extremity and grip spans

Department: Department of Biomechanics

Supervisor: Prof. PhDr. František Vaverka, CSc.

The year of presentation: 2011

Abstract: The diploma thesis solves the problem of hand grip strength and its relation to anthropometric characteristics of tested persons and to grip spans.

The aim of the thesis was to find optimal grip spans for measured set of adult persons and to find relation between hand grip strength and chosen anthropometric characteristics in different grip spans.

On the set of 36 adult men the chosen anthropometric characteristics and the maximal hand grip strength were measured. Hand grip strength was measured by dynamometer with adjustable handles at six grip spans (40 mm; 47 mm; 54 mm; 61 mm; 67 mm a 75 mm). Statistical methods were used to solve the problem (Pearson's correlation coefficient, ANOVA for repeated measurements).

From the results we can assume that the hand grip strength correlates in a long scale to robust parameters of probands (width and circumferential hand parameters and body weight). It was found out that with growing grip span grows the importance of finger lengths, especially lengths of the first to the third finger, who mainly participate on hand grip function. From the measured results it is possible to set on optimal dynamometer grip span value for measuring hand grip strength of measured set of men. The optimal span lies between 47-54 mm and will near to one or the other limit depending on sizes of individual robust parameters.

Keywords: Hand grip strength - grip spans - Hand Anthropometry - Hand Kinesiology - Hand Biomechanics

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí Prof. PhDr. Františka Vaverky, CSc., uvedla všechny použité literární zdroje a řídila se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne 20. 4. 2011

.....

Děkuji Prof. PhDr. Františku Vaverkovi, CSc., za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování závěrečné diplomové práce. Zároveň děkuji panu Bartošovi za pomoc při statistickém zpracování dat a cenné rady v průběhu psaní diplomové práce.

Použité zkratky a symboly:

ABD - abdukce

ADD - addukce

ADL - Activity of Daily Living (běžné denní aktivity)

art. - articulatio

artt. - articulationes

ASHT - American Society of Hand Therapists

CMC kloub - karpometakarpální kloub

CMP - cévní mozková příhoda

DIP kloub - distální interphalangeový kloub

DM - diabetes mellitus

EKG - Elektrokardiogram

EX - extenze

FL - flexe

HK - horní končetina

IADL - Instrumental Activity of Daily Living (běžné denní aktivity za použití nástrojů)

IP kloub - interphalangeový kloub

LOK - loketní kloub

m. - musculus

MCP kloub - metakarpophalangeový kloub

mm. - musculi

MMSE - Mini Mental State Examination (dotazník hodnotící duševní zdraví)

OA - osteoartróza

PIP kloub - proximální interphalangeový kloub

RA - revmatoidní artritida

RAM - ramenní kloub

SR - standardní rozpětí

WHO - World Health Organisation (světová zdravotnická organizace)

\bar{X} - průměrná hodnota

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA	10
2.1 Anatomie	10
2.1.1 Kostí ruky	11
2.1.2 Klouby ruky	14
2.1.3 Svalový aparát ruky	16
2.2 Kineziologie ruky	23
2.3 Řízení svalové kontrakce	25
2.3.1 Časová a prostorová sumace z pohledu biomechaniky	26
2.4 Biomechanika ruky	27
2.4.1 Kinematika kloubů ruky	28
2.4.2. Rozsahy pohybů	28
2.5 Měření síly stisku ruky	29
2.5.1 Přístroje na měření síly stisku ruky	30
2.5.2 Reliabilita	33
2.5.3 Protokol pro měření maximální síly stisku	33
3. LITERÁRNÍ PŘEHLED	36
3.1 Síla stisku a rehabilitace	36
3.2 Síla stisku a antropometrie	41
3.3 Síla stisku a vzdálenosti stiskáných ploch	45
3.4 Shrnutí použité literatury	50
4. CÍLE A ÚKOLY	52
4.1 Cíle	52
4.2 Úkoly	52
5. HYPOTÉZY	53
6. METODA	54
6.1 Měřený soubor osob	54
6.2 Použitá měřicí aparatura	54
6.3 Měření antropometrických charakteristik	56
6.4 Průběh a organizace měření	57
6.5 Statistika	59
7. VÝSLEDKY	60

7.1 Základní statistické charakteristiky, normalita rozložení dat a reliabilita.....	60
7.2 Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru	62
7.2.1. Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru pro celý soubor	62
7.2.2 Rozdíly mezi silou stisku ruky v různých vzdálenostech úchopových ploch dynamometru pro jednotlivé profesní skupiny.....	63
7.2.3 Rozdíly v antropometrických rozměrech jednotlivých profesních skupin.....	67
7.2.4 Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch u jednotlivých profesních skupin.	70
7.3 Vztah mezi silou stisku ruky a antropometrickými charakteristikami testovaných osob ..	71
8. DISKUSE	75
9. SOUHRN	81
10. SUMMARY	82
11. ZÁVĚR.....	83
12. REFERENČNÍ SEZNAM.....	85
13. PŘÍLOHY.....	89

1. ÚVOD

U lidí dosáhl vývoj ruky nejvyššího stupně. Umožnil celou řadu jejích jedinečných funkčních a kreativních schopností. Speciálně k ovládnutí ruky, obzvláště palce, se vyvinula relativně velká oblast centrálního nervového systému. Vývoj opozice palce a tím pádem pevného úchopu přispěly k zjemnění kontroly ruky, což byl nejdůležitější faktor vedoucí k nadvládě lidského druhu na celém světě. Kvalita výkonu v běžných denních činnostech, profesních činnostech a rekreačních aktivitách je ovlivněna velkou měrou funkčností a obratností ruky. Ruka je schopna předvést extrémně pěkné a citlivé pohyby, ale musí být zároveň schopna plnit silové úkoly. Ruka je nejdůležitější a nejaktivnější částí horní končetiny. (Carmeli, Coleman, & Patish, 2003)

Ruka hraje v životě člověka důležitou roli. Slouží jako důležitý tvůrčí nástroj, rozvoj intelektu, prostředek mimoverbální komunikace a hlavní senzorický taktilní orgán. V této práci se budeme zabývat úchopovou funkcí ruky. Zaměříme se na úchop silový, kde nás bude zajímat síla stisku ruky. Síla stisku ruky je komplexní parametr zahrnující například trénovanost jednotlivých svalů, svalovou koordinaci, schopnost jedněch svalů plnit funkci stabilizační a druhých svalů plnit funkci fázičnou, vlastní volní úsilí probanda a řadu dalších. Síla stisku ruky je významným faktorem určujícím míru rizika úmrtnosti lidí, je předpokladem artrotických změn kloubů ruky, je důležitá pro sebeobsluhu lidí každého věku. Velikost maximální možné síly stisku se mění vzhledem k velikosti stiskávaného předmětu, jeho tvaru a materiálu.

V této práci chceme zjistit, jestli mají vybrané antropometrické charakteristiky ruky, věk, tělesná výška a tělesná hmotnost testovaného jedince a vzdálenost stiskávaných ploch vliv na sílu stisku ruky. Chceme (pokud existuje) najít vztah mezi 12 antropometrickými charakteristikami, vzdáleností stiskávaných ploch a silou stisku ruky na dominantní horní končetině u mužů v reprodukčním věku 15-49 let (Čerba, n.d.). Tuto hranici jsme zúžili na osoby ve věku 18-45 let, což je období největší svalové síly (Conley, Esselman, Jubrias, & Odderson, 1997; Perič, 2008; Bechtol, 1954).

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Anatomie

Pohyblivost a anatomické uspořádání 19 kostí a 14 kloubů ruky poskytují strukturální základ pro mimořádnou funkční přizpůsobivost ruky.

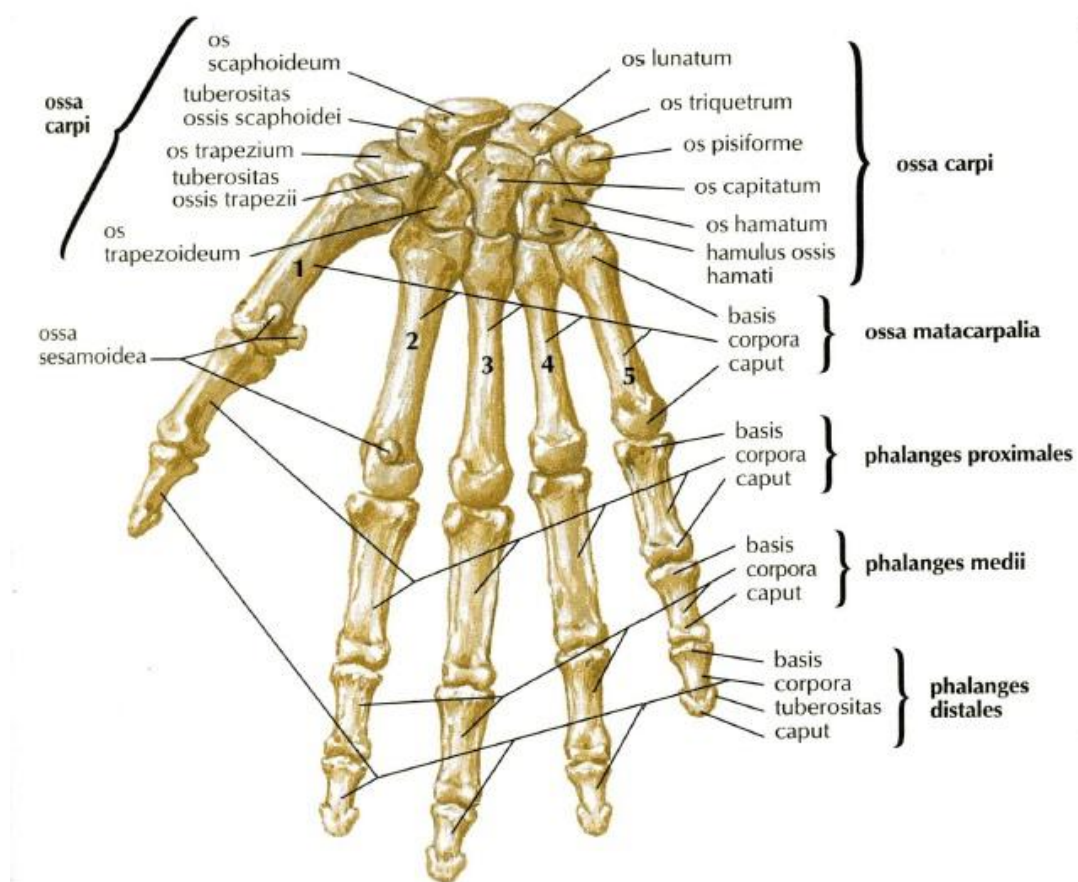
Prsty a palec jsou základními prvky ruky. Prsty se skládají ze 3 článků (proximální, střední a distální článek), palec pouze ze 2 článků (proximální a distální článek). Mezi proximálním a prostředním článkem prstu je proximální interphalangeální kloub (PIP) a mezi prostředním a distálním článkem prstu je distální interphalangeální kloub (DIP). Mezi dvěma články palce leží interphalangeální kloub (IP). Každý prst je proximálně kloubně spojen s metakarpy pomocí metakarpophalangeálního kloubu (MCP). Všech pět metakarpů je pak pomocí karpometakarpálních kloubů (CMC) spojeno s kostmi karpu.

Na kosti ruky se upínají svaly o různých délkách a funkcích. Svaly ruky doplňují funkce předloketních svalů, jejichž šlachy se upínají na metakarpy a kosti prstů. Ruka má vlastní svaly na své palmární straně, ale nikoliv na straně dorsální, kde se upínají svaly předloktí. Na palmární straně vytváří vlastní (označované také krátké) svaly ruky charakteristické skupiny. Část těchto svalových skupin utváří reliéf dlaně. Řadíme sem svalovou skupinu palce (tzv. thenar), malíku (tzv. hypothenar), mm. lumbricales a mm. interossei. V oblasti prvního metakarpu na palmární straně je thenarová eminence tvořena vlastními svaly palce. Je to radiální protějšek hypothenarové eminence tvořené vlastními svaly malíku. Mezi thenarem a hypothenarem se nachází vkleslá dlaň (tzv. palma manus) vyztužená tuhou vazivovou palmární aponeurosou. (Čihák, 2006)

2.1.1 Kostí ruky

Kostra ruky (Obrázek 1) se skládá z osmi kostí zápěstních (*ossa carpi*), pěti kostí záprstních (*ossa metacarpi*) a čtrnácti článků prstů (*ossa digitorum*). Do kostěného aparátu ruky se počítají i sezamské kůstky (*ossa sesamoidea*) - drobné kůstky uložené ve šlachách některých svalů. Lidská ruka obsahuje alespoň dvě sezamské kůstky uložené při metakarpophalangeovém kloubu palce. (Čihák, 2006)

Karpální kůstky a jejich skloubení tvoří asi jednu šestinu délky ruky, záprstní kosti dvě šestiny a prsty tři šestiny délky ruky (Dylevský, 2009).



Obrázek 1. Kostí zápěstí a ruky (Netter, 2006, 439)

Ossa carpi

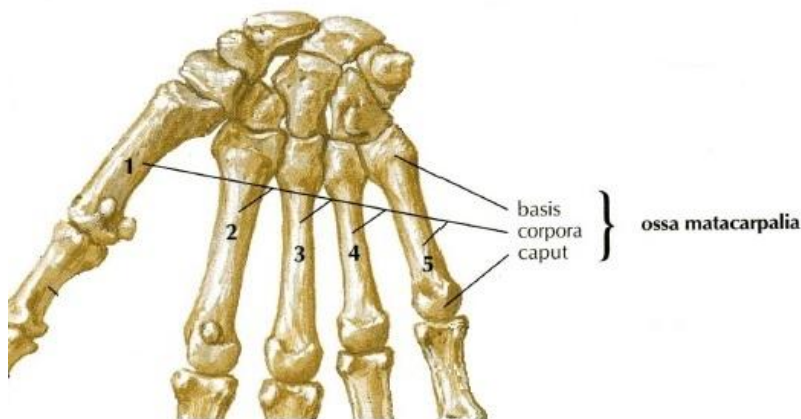
Skupinu kostí zápěstních tvoří dvě řady menších kostí nepravidelného tvaru. Proximální řada karpálních kostí je tvořena čtyřmi kostmi - mediolaterálně jsou to os pisiforme, os triquetrum, os lunatum a os scaphoideum. Distální řada je tvořena taktéž čtyřmi kostmi - v mediolaterálním směru to jsou os hamatum s palmárně vyčníhujícím hamulus ossis hamati, os capitatum, os trapezoideum a os trapezium. Na obou bočních (pokud se jedná

o okrajové kůstky, pak pouze na vnitřní boční straně), proximálních a distálních stranách jsou kloubní plošky pro styk s ostatními kostmi.

Výše zmíněné kůstky jsou uspořádány do dorsálně se vyklenujícího celku nazývaného zápěstí (carpus). Na mediální a laterální straně karpu jsou okrajové vyvýšeniny, takzvaná eminentia carpi radialis (složená z tuberculum ossis scaphoidei a tuberculum ossis trapezii) a eminentia carpi ulnaris (tvořená z os pisiforme a hamulus ossis hamati). Tyto vyvýšeniny jsou napříč spojeny pomocí ligamenta karpí transversa. Jde o silné ligamentum často nazývané také retinaculum musculorum flexorum. Spolu s dorsálně se vyklenujícím karpem tvoří toto ligamentum takzvaný karpální tunel (canalis carpi), kterým prochází nervus medianus, některé cévy a šlachy ohýbačů zápěstí a prstů jdoucích z dlaňové strany předloktí do dlaně a k prstům. (Čihák, 2006)

Ossa metacarpalia

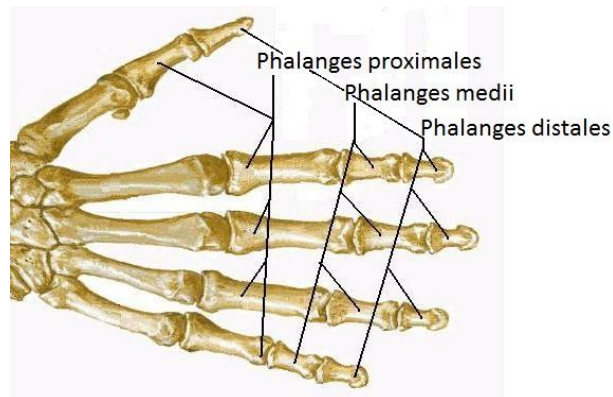
Kosti záprstní jsou tvořeny pěti kostmi, které distálním směrem navazují na karpus (Obrázek 2). Zjednodušeně je nazýváme, směrem od palcové strany k malíkové, jako I.-V. metakarp. Tvoří oblast hřbetu a dlaně ruky. Každou záprstní kost dělíme na basis (širší proximální část, která se kloubí na příslušnou karpální kůstku), corpus (střední užší část) a caput (distální zaoblená část, která se kloubí s příslušným phalangem). I. metakarp je nejkratší a proximálně navazuje na os trapezium, II. metakarp je nejdelší a navazuje na os trapezoideum, III. metakarp proximálně navazuje na os capitatum, IV. a V. metakarp se proximálně kloubí s os hamatum. Na sousedních ploškách metakarpů v jejich basální části jsou po stranách plošky pro skloubení se sousedními metakarpy. Jednotlivé metakarpy jsou vyklenuty mírně dorsálně.



Obrázek 2. Kosti zápěstí a ruky (přepřacováno autorem dle Nettera, 2006, 439)

Ossa digitorum

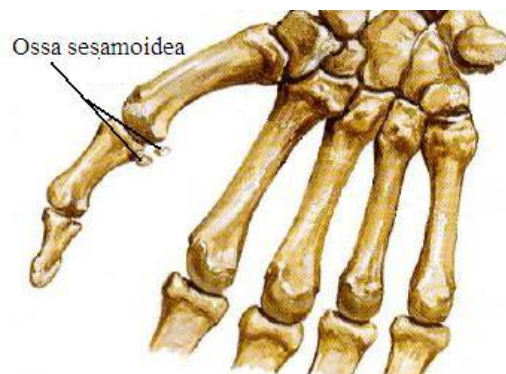
Kostru prstů tvoří jednotlivé články prstů, čili phalagy (Obrázek 3). Palec se skládá ze dvou článků, ostatní prsty ze tří článků. Každý článek prstu má pak, stejně jako metakarp, basi (širší proximální část, která se kloubí na příslušný metakarp), corpus (střední užší část) a caput (hlavici, distální zaoblenou část). Proximální phalanga je nejdelší, nasedá přímo na příslušný metakarp. Mediální phalanga je kratší a distální phalanga (poslední článek prstu) je nejkratší.



Obrázek 3. Články prstů (přepřacováno autorem dle Nettera, 2006, 439)

Ossa sesamoidea manus

Sesamské kůstky ruky jsou malé kůstky při metakarpophalangových kloubech (Obrázek 4). Dvě sesamské kůstky se nacházejí po stranách metakarpophalangového (MCP) kloubu palce, ale mohou být i při dalších MCP kloubech ruky. Vytváří se ve šlachách svalů, které se v těchto místech upínají na kost. U palcového MCP kloubu bývají osifikovány, u II.-V. MCP kloubu jsou často pouze chrupavčité. Za původně sesamskou kůstku se považuje i os pisiforme. (Čihák, 2006)



Obrázek 4. Sesamské kůstky palce (přepřacováno autorem dle Nettera, 2006, 436)

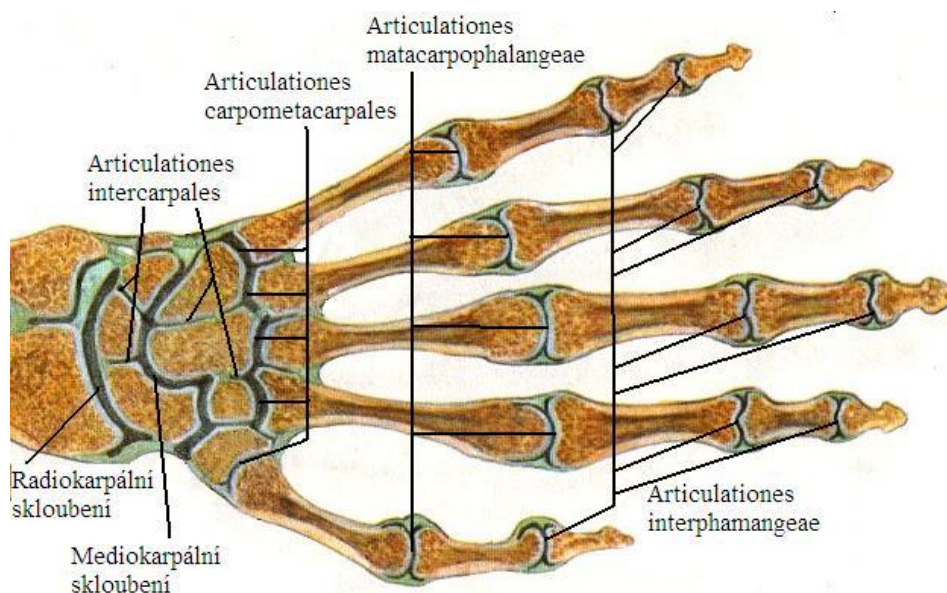
2.1.2 Klouby ruky

Kombinace pohybů kloubů ruky a zápěstí umožní ruce zformovat se podle tvaru hmataného nebo uchopovaného objektu. Skvělá pohyblivost ruky je způsobena kloubní formou, pozicí kostí, jejich vzájemným vztahem a aktivitou systému vnitřních svalů. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

Kloubní systém ruky je tvořen několika za sebou jdoucími řadami kloubů, které umožňují pohyblivost zápěstí, ruky jako celku i jednotlivých prstů (Obrázek 5). Řadíme sem *articulatio (art.) radiocarpalis*, *art. mediocarpalis*, *articulationes (artt.) intercarpales*, *artt. carpometacarpales*, *artt. intermetacarpales*, *artt. metacarpophalangeae* a *artt. interphalangeae manus*.

Různé tvary CMC, MCP a IP kloubů prstů jsou zodpovědné za rozdílné stupně volnosti těchto kloubů. Jedinečná orientace palce, velký meziprstní prostor a speciální konfigurace palcového CMC kloubu dovoluje tomuto prstu obrovskou pohyblivost a všestrannost. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

Pro úchopovou funkci ruky má klenutí, tvar a rozsah kloubních ploch karpálních kostí velký význam. Pouze hrášková kost (*os pisiforme*) je v tomto směru bezvýznamná, neboť se pohybu ruky neúčastní. (Dylevský, 2009)



Obrázek 5. Klouby ruky (přepřacováno autorem dle Čiháka, 2006, 247)

Articulatio radiocarpalis

Radiokarpální kloub je neúplný vejčitý složený kloub. Jde o skloubení mezi distálním koncem předloktí a proximální řádkou karpálních kůstek. Jamku skloubení tvoří na distálním

konci radia facies articularis carpalis ulnárně pokračující jako discus articularis, který je vložen mezi hlavicí ulny a karpus. Hlavici skloubení tvoří os scaphoideum, os lunatum a os triquetrum. Discus articularis je trojúhelníkovitá vazivově chrupavčitá destička jdoucí od radia k processus styloideus ulnae a tvarově dotváří konkávní plochu radia. Obvykle je velmi pružná a tudíž funkci „opěrné jamky“ při pohybu úplně neplní. Proto je asi 80 % tlakového zatížení přenášeno na os radii a pouze 20 % zatížení na discus articularis. (Čihák, 2006; Dylevský, 2009)

Articulatio mediocarpalis

Je to složený kloub mezi proximální a distální řádkou karpálních kůstek. Vzhledem k uspořádání první a druhé řady karpálních kostí má štěrbina mediokarpálního kloubu tvar příčně položeného písmene S. Jde o takřka nepohyblivý kloub, tudíž je jeho účast na kinetice zápěstí nepřímá. K articulatio mediocarpalis patří i articulatio ossis pisiformis mezi os pisiforme a os triquetrum. (Čihák, 2006; Dylevský, 2009)

Articulationes intercarpales

Jde o málo pohyblivé klouby, které navzájem spojují karpální kůstky proximální nebo distální řady.

Articulationes carpometacarpales (CMC)

Jedná se o skloubení spojující distální řádku karpálních kůstek s bazemi jednotlivých metakarpů. Jsou doplněny o intermetakarpální skloubení, které navzájem spojuje base II.-V. metakarpu. Až na CMC kloub palce jsou artt. carpometacarpales funkčně méně významná. Jejich kulovitá skloubení jsou takřka nepohyblivá, pohyb je prováděn především v zápěstních kloubech. (Dylevský, 2009)

Jamku CMC kloubu palce tvoří os trapezium, hlavicí pak baze I. metakarpu. Na rozdíl od ostatních CMC kloubů, jde o kloub sedlový, který dovoluje palci pohyb do palmární a dorzální flexe, abdukce a addukce a mírnou rotaci. Kombinací těchto pohybů je možné opoziční postavení palce proti ostatním prstům ruky. (Čihák, 2006)

Articulationes metacarpophalangeae

Představují spojení hlavic metakarpálních kostí a proximálních článků prstů. Jde o klouby kulovitého tvaru. Umožňují pohyb do flexe a extenze a při nataženém prstu umožňují i pohyb do abdukce a addukce. Při ohnutí prstu dojde k posunu kulovitého úseku

hlavice v úsek válcový a napnutí kolaterálních vazů, čímž dojde ke znemožnění pohybů do abdukce a addukce. Při nataženém prstu můžeme kombinacemi pohybů do flexe, extenze, abdukce a addukce dosáhnout cirkumdukce. (Čihák, 2006)

Articulationes interphalangeae

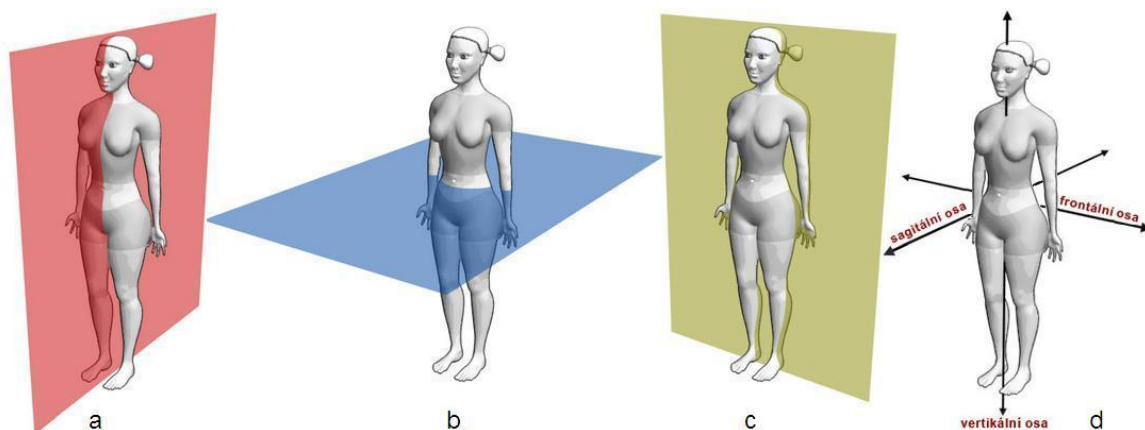
Jedná se o klouby kladkového až válcového tvaru mezi jednotlivými články prstů. Na bazích středních a distálních článků prstů jsou kloubní jamky opatřeny vodící lištou. Hlavice s vodící rýhou jsou pak na hlavicích proximálních a středních článků. (Dylevský, 2009)

2.1.3 Svalový aparát ruky

Základem svalové soustavy je smrštitelná příčně pruhovaná svalová tkáň, která je funkčně spjata s pasivním pohybovým aparátem (kosti, klouby, vazy). Svalový aparát lidského těla je tvořen 600 příčně pruhovanými svaly a tvoří asi 40-45 % hmotnosti lidského těla. Svaly jsou řízeny nervy a tvoří funkční složku pohybového aparátu. Jsou generátory pohybu, hybnou složkou, která mění polohu jednotlivých segmentů těla. Základní morfologickou jednotkou příčně pruhované svalové tkáně je jedno svalové vlákno (tzv. mikrostruktura). Různé množství svalových vláken (10-100 vláken) je obaleno vazivovou vrstvou a vytváří primární svalový svazek. Více těchto svazků tvoří sekundární svazek až svazky vyšších řádů, které tvoří svalové snopce a ty tvoří sval (tzv. makrostruktura). (Čihák, 2006; Janura, 2003)

Dle anatomické funkce dělíme svaly na flexory, extensory, abduktory, adduktory a rotátory (včetně supinátorů a pronátorů). Tyto pohyby jsou popsány v základním anatomickém postavení. Tedy ve vzpřímeném postavení těla, kdy je hlava držena vzpříma, oči směřují vpřed, horní končetiny visí podél těla s dlaněmi vytočenými vpřed a nataženými prsty, dolní končetiny jsou těsně u sebe, chodidla paralelně (Janda & Pavlů, 1993). V tomto postavení jsou tělem vedeny 3 pomyslné roviny - sagitální (Obrázek 6a), transverzální (Obrázek 6b) a frontální (Obrázek 6c), kterými jsou proloženy 3 osy (Obrázek 6d). Kolem těchto os jsou vykonávány všechny pohyby:

- kolem předozadní (sagitální) osy jsou v rovině frontální vykonávány abdukce a addukce.
- kolem příčné (frontální) osy jsou v rovině sagitální vykonávány pohyby flexe a extenze.
- kolem svislé (vertikální) osy jsou v rovině transverzální vykonávány pohyby rotační.



Obrázek 6. Roviny a osy lidského těla (přepracováno autorem dle Beránkové, Bernacikové a Kalichové, n.d.)

Ve vztahu k určitému pohybu pak rozeznáváme pět svalových skupin - agonisty, antagonisty, synergisty, svaly neutralizační a svaly fixační (Tabulka 1).

Tabulka 1. Rozdělení svalů do svalových skupin podle funkce (Janda, 1996; Janura, 2003)

Svalová skupina	Funkce svalové skupiny
Agonisté (hlavní svaly)	Na pohybu se účastní největším dílem.
Antagonisté	Svaly s opačnou funkcí než agonisté, při pohybu jsou natahovány.
Synergisté (pomocné svaly)	Nejsou schopny provést pohyb samy, ale pomáhají svalům hlavním, někdy je mohou částečně nahradit.
Svaly fixační	Pohyb přímo neprovádí, ale drží pohybujícího se segment v takové poloze, aby mohl být pohyb dobře proveden. Stabilizují kost, pletenec či celou část těla tak, aby mohl být daný pohyb proveden.
Svaly neutralizační	Oslabují nebo ruší vlivy, které působí proti směru pohybu způsobenému kontrakcí hlavních a pomocných svalů. Neutralizují druhou směrovou komponentu pohybu hlavního svalů.

Svaly ruky

Mezi vlastní svaly horní končetiny, tedy ty, které začínají a zároveň se upínají na kostře horní končetiny, počítáme svaly ramenní a lopatkové, svaly paže, předloktí a ruky. Pro naši práci, tedy sílu stisku ruky, jsou důležité svaly pohybující zápěstím a prsty. Můžeme si je rozdělit na dlouhé svaly ruky a prstů a na krátké svaly prstů. Jejich funkční anatomii si zde blíže popíšeme. Při dělení svalů ruky na dlouhé svaly ruky, dlouhé svaly prstů a krátké svaly prstů a při jejich anatomickém popisu vycházíme z Dylevského (2009) a Čiháka (2006), pokud není uvedeno jinak.

Dlouhé svaly ruky

Bejjani a Landsmeer (1989) tyto svaly spolu s dlouhými svaly prstů nazývají zevní svaly ruky a to podle jejich anatomického uložení.

Patří sem svaly začínající na kosti pažní a upínající se v oblasti karpů a metakarpů (Obrázek 7). Jejich funkcí je pohyb v zápěstí a extenze prstů. Patří sem m. flexor carpi ulnaris et radialis, m. palmaris longus, m. extensor carpi radialis longus et brevis a m. extensor carpi ulnaris.

Musculus flexor carpi ulnaris začíná na mediálním epikondylu humeru a na ulně. Jeho šlacha prochází karpálním tunelem, zabírá do sebe os pisiforme a upíná se na bazi malíkového metakarpu. Jeho funkcí je palmární flexe ruky spojená s ulnární dukcí, je pomocným flexorem v loketním kloubu.

Musculus flexor carpi radialis jde od mediálního epikondylu humeru, uprostřed předloktí přechází ve šlachu jdoucí karpálním tunelem a upíná se na bazi II. a III. metakarpu. Jeho funkcí je palmární flexe ruky spojená s radiální dukcí a stejně jako m. flexor carpi ulnaris je pomocným flexorem v loketním kloubu.

Musculus palmaris longus je variabilní štíhlý sval ležící mezi oběma výše zmíněnými svaly. Jde z mediálního epikondylu humeru, hlubokými snopci se upíná na retinaculum musculorum flexorum a povrchové snopce přechází do začátku palmární aponeurózy. Jeho funkcí je pomocná flexe ruky.

Musculus extensor carpi radialis longus je dlouhý zevní extensor ležící na laterální straně předloktí. Začíná nad zevním epikondylem humeru a upíná se na bazi druhého metakarpu. Jeho funkcí je dorsální flexe a radiální dukce ruky, natažené předloktí supinuje a následně ohýbá v loketním kloubu, ale flektované předloktí pronuje.

Musculus extensor carpi radialis brevis je krátký zevní extensor začínající na zevním epikondyly humeru (těsně pod m. extensor carpi radialis longus) a upíná se na bazi třetího metakarpu. Jeho funkce je obdobná jako funkce m. extensor carpi radialis longus.

Musculus extensor carpi ulnaris je vnitřní extensor zápěstí začínající na zevním epikondyly humeru. Jeho krátká silná šlacha podbíhá retinaculum extensorum a upíná se na bazi pátého metakarpu. Jeho funkcí je extenze a ulnární dukce ruky.

Dlouhé svaly prstů

Řadíme sem svaly jdoucí z paže či předloktí na články prstů. Provádí pohyb jednotlivými prsty. Patří sem m. flexor digitorum superficialis et profundus, m. extensor digitorum, m. extensor digiti minimi, m. extensor indicis, m. abductor pollicis longus, m. extensor pollicis longus et brevis (Obrázek 7).

Musculus flexor digitorum superficialis je široký sval jdoucí od mediálního epikondyly humeru a od os radii. Postupně přechází ve čtyři svalové cípy, jejichž šlachy podbíhají retinaculum musculorum flexorum a rozbíhají se ke tříčlankovým prstům. U proximálního článku prstu se šlachy vidlicovitě štěpí a upínají se po stranách prostředního článku prstu. Jeho funkcí je silová flexe prstů v metakarpophalangeových a proximálních interphalangeových kloubech druhého až pátého prstu. Dále provádí pomocnou volární flexi ruky, je aktivní při rychlém sevření prstů.

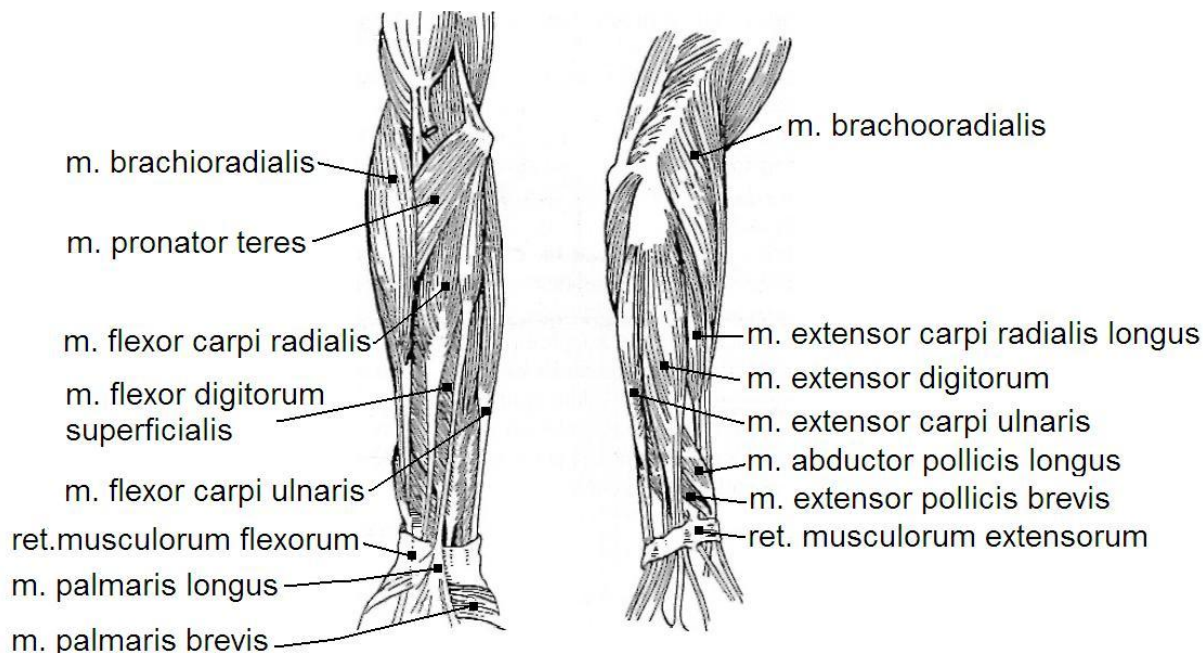
Musculus flexor digitorum profundus začíná od takřka celé délky loketní kosti a přilehlé membrány interossei. Jeho šlacha se štěpí na čtyři šlachy, které běží karpálním tunelem, rozbíhají se ke tříčlankovým prstům, probíhají rozštěpením šlach m. flexor digitorum superficialis a upínají se na palmární straně distálních článků druhého až pátého prstu. Jeho funkcí je flexe v distálních interphalangeálních kloubech 2.-5. prstu a pomocná flexe ruky. Na rozdíl od m. flexor digitorum superficialis je aktivnější při pomalých flekčních pohybech.

Musculus extensor digitorum je mohutný sval začínající od laterálního epikondyly humeru a přilehlých vazů loketního kloubu. V distální polovině předloktí přechází svalové břicho ve čtyři cípy, jejichž šlachy podbíhají retinaculum musculorum extensorum, vějířovitě se rozbíhají k tříčlankovým prstům, přechází v dorsální aponeurosu prstů a upínají se na distálních člancích 2.-5. prstu. Jeho funkcí je natažení 2.-5. prstu a extenze ruky. Provádí pomocnou abdukci 2., 4. a 5. prstu.

Musculus extensor digiti minimi je štíhlý sval začínající na laterálním epikondyly humeru. Jeho šlacha podbíhá retinaculum musculorum extensorum, na hřbetu ruky

se rozdvouje, příkládá k šlaše m. extensor digitorum pro V. prst a upíná se do dorsální aponeurosy malíku. Jeho funkcí je extenze malíku a ruky.

Musculus extensor indicis je štíhlý sval začínající na dorzální straně ulny a přilehlé části membrány interossei, jde šikmo po zadní straně předloktí, podbíhá retinaculum musculorum extensorum a upíná se do dorsální aponeurózy ukazováku. Jeho funkcí je extenze ukazováku a ruky.



Obrázek 7. Svaly předloktí (přepřacováno autorem dle Dylevského, 2009, 123)

Musculus abductor pollicis longus začíná na zadní straně ulny a radia a přilehlé části membrána interossea distálně od úponů m. anconeus a m. supinator. V dolní části předloktí jeho šlacha předbíhá mm. extensores carpi radiales, podbíhá retinaculum musculorum extensorum a míří k palci, kde se upíná na bazi prvního metakarpu. Jeho funkcí je abdukce palce.

Musculus extensor pollicis longus začíná na zadní ploše ulny. Sestupuje pod retinaculum musculorum extensorum, odkud jde jeho šlacha laterálně na hřbet ruky, kde překračuje šlacha obou mm. extensores carpi radiales a jde na hřbetní stranu palce, kde se upíná na hřbetní stranu distálního článku palce. Jeho funkcí je extenze zejména IP kloubu palce a pomáhá při abdukci palce z krajní abdukce.

Musculus extensor pollicis brevis začíná na distální třetině dorsální plochy radia a přilehlé části membrány interossei. Distálním směrem přechází v dlouhou šlachu, která se upíná na dorsální plochu proximálního článku palce. Jeho funkcí je extenze

v MCP kloubu palce. Šlacha m. extensor pollicis brevis tvoří spolu se šlachou m. extensor pollicis longus nad bází palcového metakarpu trojúhelníkovou jamku, tzv. fovea radialis, kde je hmatný puls a. radialis.

Krátké svaly prstů

Bejjani a Landsmeer (1989) je nazývají vnitřními svaly ruky podle jejich anatomického uložení.

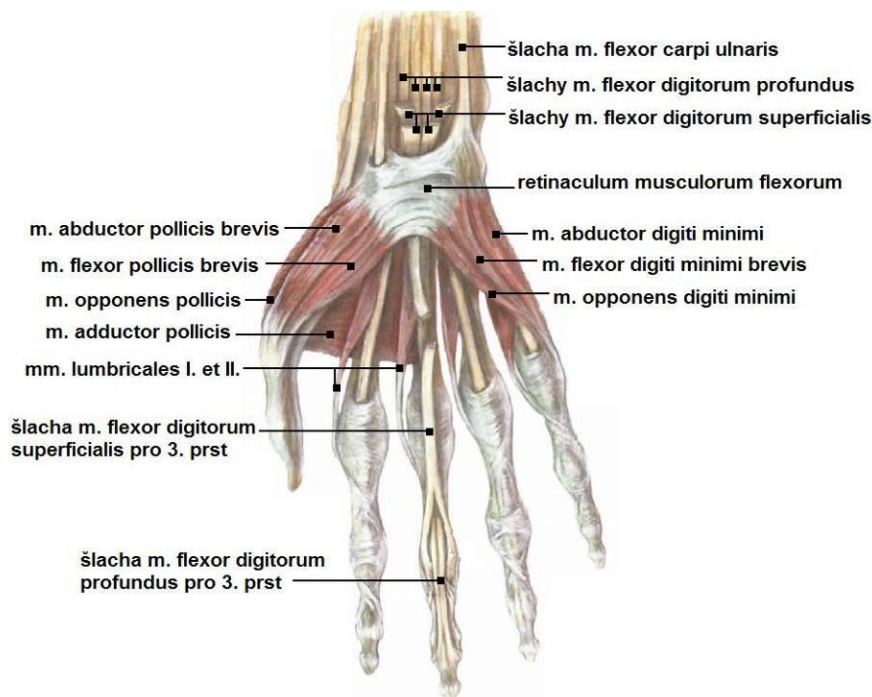
Počítáme sem svaly jdoucí z karpálních kostí a kostí ruky na metakarpy a články prstů (Obrázek 8). Doplnují funkce svalů jdoucích z předloktí, jejichž šlachy se na ruku a prsty upínají. Provádí pohyb jednotlivými prsty. Patří sem svaly thenaru (m. abductor et adductor pollicis brevis, m. flexor pollicis brevis a m. opponens pollicis), hypothenaru (m. palmaris brevis, m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis a m. opponens digiti minimi), mm. lumbricales a mm. interossei palmares et dorsales.

Musculus abductor pollicis brevis tvoří zevní okraj thenaru. Začíná na os scaphoideum a přilehlé části retinaculum musculorum flexorum a upíná se na radiální sesamskou kůstku palce a bází proximálního článku palce. Jeho funkcí je abdukce palce.

Musculus adductor pollicis brevis má dvě hlavy - caput obliquum, začínající na bází II. a III. metakarpu, os trapezium a os capitatum, a caput transversum, začínající na palmární straně III. metakarpu. Obě hlavy se upínají na ulnární sesamskou kůstku palce a pouzdro MCP kloubu palce. Funkcí tohoto svalu je addukce palce.

Musculus flexor pollicis brevis má také dvě hlavy - caput superficiale a caput profundum, přičemž mezi oběma hlavami probíhá šlacha m. flexor pollicis longus. Začíná na karpálních kostech při eminencia carpi radialis a na přilehlém okraji retinaculum musculorum flexorum, přičemž se obě hlavy sbíhají na radiální sesamskou kůstku palce a na bází proximálního článku palce. Jeho funkcí je flexe MCP kloubu palce.

Musculus opponens pollicis začíná na tuberculum trapezii a přilehlém retinaculu musculorum flexorum. Upíná se na celou délku hrany radiálního kraje prvního metakarpu. Jeho funkcí je oposice palce, čili jeho postavení do úchopové polohy proti ostatním prstům.



Obrázek 8. Svaly ruky (přepracováno autorem dle Čiháka, 2006, 418)

Musculus palmaris brevis je podkožní sval uložený na povrchové fascii hypothenaru. Začíná na ulnárním okraji palmární aponeurózy a upíná se do kůže napříč hypothenarem. Tento sval svažuje kůži na ulnární straně ruky a zpevňuje dlaň během úchopu. Je aktivován zejména během úchopu válcového, kulového a při dostatečné síle stisku i při špetce.

Musculus abductor digiti minimi, musculus flexor digiti minimi brevis a musculus opponens digiti minimi patří k vlastním svalům hypothenaru. Všechny tři svaly začínají na eminentia carpi ulnaris a přilehlé části retinaculum musculorum flexorum. Upínají se na pátý metakarp (m. opponens digiti minimi) a basi proximálního článku pátého prstu ve směru své funkce. Funkcí m. abductor digiti minimi je abdukce malíku. Funkcí m. flexor digiti minimi brevis je flexe malíku a funkcí m. opponens digiti minimi je spíše addukce než oposice.

Musculi lumbricales I.-IV. jsou krátké štíhlé svaly začínající od radiálních a ulnárních okrajů šlach m. flexor digitorum profundus a upínají se do dorzální aponeurózy 2.-5. prstu. Jejich funkcí je flexe proximálních (MCP kloubů) a extenze ostatních článků 2.-5. prstu.

Musculi interossei palmares I.-III. jsou svaly uložené spíše na dlaňové straně metakarpů. Začínají na II., IV. a V. metakarpu na stranách přivrácených k třetímu prstu a upínají se do dorzální aponeurózy. Jejich funkce je addukce druhého, čtvrtého a pátého prstu, flexe proximálních a extenze distálních článků těchto prstů.

Musculi interossei dorsales I-IV. jsou dvouhlavé svaly začínající od těl sousedních metakarpů a upínají se do dorzální aponeurózy. Mm. interossei I. a II jdou k radiálním stranám druhého a třetího prstu, kdežto mm. interossei III. a IV. jdou k ulnárním stranám třetího a čtvrtého prstu. Jejich funkcí je abdukce druhého až čtvrtého prstu, flexe jejich proximálního a extenze ostatních článků prstů.

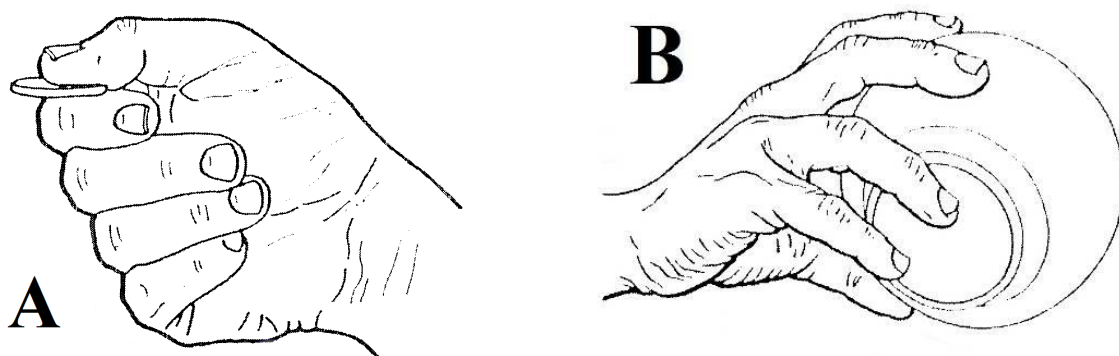
2.2 Kineziologie ruky

Anatomické a fyziologické uspořádání ruky velkou měrou přispívá ke kvalitě úchopu. Existuje celá řada úchopů, které lze rozdělit do tří kategorií: statický úchop, antigravitační úchop a dynamické úchopy. Při popisu a dělení úchopů v této kapitole vycházíme z Kapandjiho (1982).

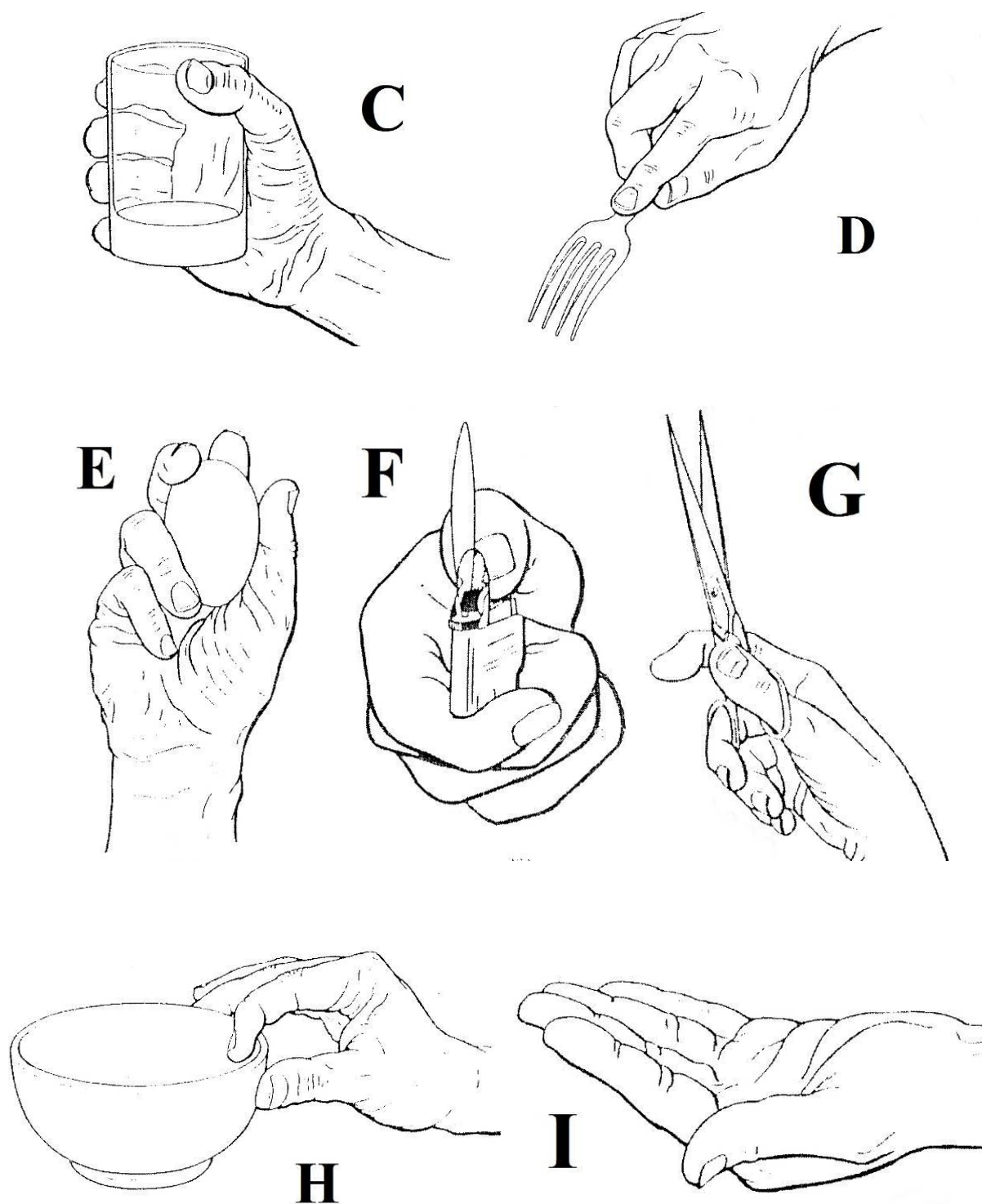
Statický úchop se dělí na prstový, dlaňový a symetrický. Jde o uchopení předmětu, na kterém se už dál žádná činnost nevyvíjí. Například úchop vajíčka, sklenice, vidličky atd. (Obrázek 9A-9E).

Dynamický úchop je úchop, při kterém není cílem předmět pouze uchopit, ale s uchopeným nebo na uchopeném předmětu provádět další činnosti. Například úchop zapalovače a jeho zapálení, chycení nůžek a stříhání s nimi, uchopení a nakrmení se čínskými hůlkami atd. (Obrázek 9F a 9G).

Antigravitační úchop je úchop, kdy ruka působí jako podpurná plocha. Například při nesení tácu, nabrání vody do misky z ruky atd. Další možností tohoto úchopu je antigravitační držení mísy třemi prsty, kdy palec a prostředníček fungují jako vidlice, o které se mísa zapírá a ukazovák vytváří hák, který mísu tiskne k této vidlici (obr. 9H a 9I).



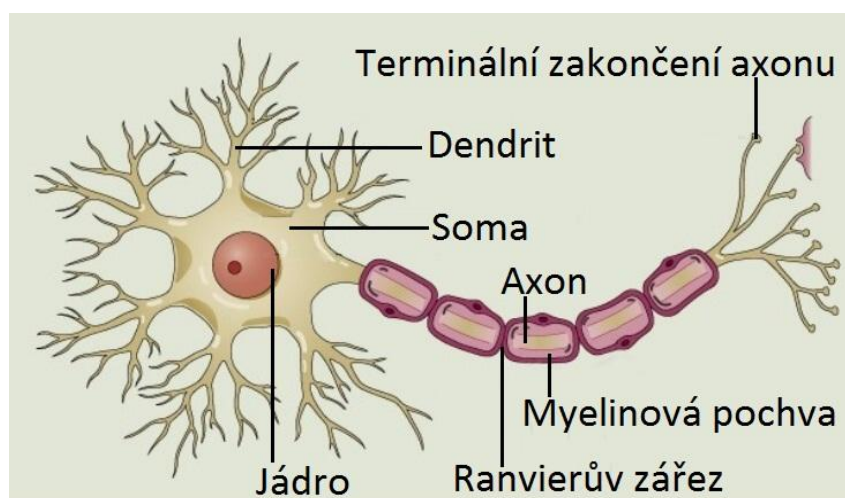
Obrázek 9. Ukázka úchopů dle Kapandjiho (1982), první část



Obrázek 9. Ukázka úchopů dle Kapandjiho (1982), druhá část

2.3 Řízení svalové kontrakce

Základní stavební jednotkou nervového systému je neuron (Obrázek 10). Neuron přijímá a předává informace ve formě vzruchů. Skládá se z těla a výběžků. Výběžky přijímající vzruchy nazýváme dendrity. Výběžek předávající informace dál je jeden, má různou délku a zpravidla je obalen myelinovou pochvou - nazývá se axon. Neuron přijímá informace nejen dendrity, ale i prostřednictvím povrchu svého těla. Přijaté informace se zpracovávají a podle principu všechno nebo nic buď zaniknou, nebo jsou odeslány dál. (Ambler, 2007)

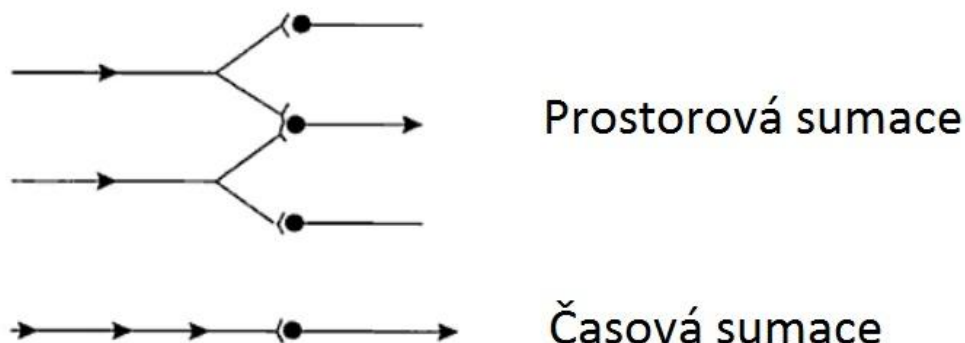


Obrázek 10. Nervová buňka - neuron (přepřacováno autorem dle Moussy, 2010)

Neurony vytváří sítě, které představují velké množství spojů. Rozeznáváme 3 základní morfologické a funkční vztahy mezi neurony - divergenci, konvergenci a sumaci. Při divergenci se jeden axon rozvětví a svými terminálními zakončeními se napojí na více dalších neuronů. Nesená informace se tím rozšíří na více neuronů. Opakem divergence je konvergence, kdy se několik axonů napojuje na jeden neuron a nesená informace se tím koncentruje na jedno místo (neuron). Pod pojmem sumace se rozumí fakt, že méně dráždivý neuron (mající vyšší práh dráždivosti) potřebuje ke svému podráždění několik vzruchových impulzů. Toho je možné dosáhnout dvěma způsoby - tzv. časovou nebo prostorovou sumací. O časovou sumaci jde v okamžiku, kdy vzruchy přijdou za sebou po jednom axonu za určitou časovou jednotku. Prostorovou sumací nazýváme děj, kdy vzruchy na jeden neuron přijdou z více axonů různých neuronů. (Mourek, 2005)

Jinak řečeno, jednotlivé vzruchy jsou většinou podprahové a samy další vzruch neuronu nevygenerují. Podprahové potenciály se ale mohou sčítat a to až do prahové úrovně,

kdy postsynaptický neuron vzruch vybaví. Sčítají-li se účinky několika vzruchů jdoucích z různých axonů, jde o prostorovou sumaci. Přejde-li několik vzruchů v rychlém časovém sledu po témže axonu, jde o časovou sumaci. (Langmeier et al., 2009)



Obrázek 11. Schéma prostorové a časové sumace (Trojan et al., 2003, 87)

Řídícím centrem záměrných pohybových aktivit člověka je centrální nervová soustava. Časová a prostorová aktivace svalové tkáně vede ke vzniku určité úrovně svalové síly, která se mechanicky přenáší přes subsystemy k finálnímu silovému efektu na konci segmentu. Zpracování zpětnovazebných signálů z receptorů umístěných přímo ve svalech je nedílnou součástí řízení pohybu. Tyto receptory informují o úrovni výstupní šlachové síly a délce kontrahovaného svalu. (Vaverka, 1997)

2.3.1 Časová a prostorová sumace z pohledu biomechaniky

V této subkapitole vycházíme z Janury (2003).

Pro ekonomické provedení pohybu je potřeba dosáhnout a udržet odpovídající svalové napětí v daném čase. Na pohybové aktivitě se většinou podílí více jak jeden sval, proto je potřeba posuzovat realizaci pohybu s přihlédnutím ke koordinaci a kooperaci ve skupině pracujících svalů. S rostoucími nároky na provedení pohybu roste svalové napětí a narůstá počet pracujících svalů. Pro určení zvyšování svalového napětí se vychází ze dvou základních principů a to z prostorové a časové sumace.

Prostorová sumace

Motorické jednotky daného svalu se nezkracují ve stejném okamžiku. Každý vzruch z jednoho nervového vlákna může vyvolat jen jednu kontrakční vlnu. Ta se šíří po svalových

vláknech tímto nervovým vláknem inervované motorické jednotky. Takto vyvolaný vzruch přichází k jednotlivým částem svalu fázově posunutý (každá část svalu se zapojí v trochu jiný okamžik). Nově kontrahované motorické jednotky se napojují na kontrakci jednotek již dříve aktivovaných. S rostoucími požadavky na velikost svalové síly roste i počet aktivovaných motorických jednotek. Každá nově aktivovaná motorická jednotka zůstává aktivní až do okamžiku poklesu svalové síly. K odpojení motorických jednotek dochází v opačném pořadí, než ve kterém byly napojeny. Tedy naposledy aktivovaná motorická jednotka se odpojí jako první.

Po vyčerpání prostorové sumace je dalšího nárůstu síly dosaženo zvýšením frekvence vzruchů - časovou sumací.

Časová sumace

V časové sumaci jde o zvyšování frekvence vzruchů, které přicházejí k aktivovaným motorickým jednotkám. Tedy množství vzruchů, které přijde na jedno místo za jednotku času. Dochází-li ke zvyšování frekvence od středních hodnot do maximálních, dochází k zapojování motorických jednotek, které nebyly doposud aktivní. Frekvence vzruchů nutná pro dosažení maximální svalové síly se sval od svalu liší.

2.4 Biomechanika ruky

Ruka je posledním prvkem mechanického řetězce pák začínající na rameni. Rameno, loket, zápěstí a klouby prstů mohou fungovat samostatně, nezávisle na sobě a dovolují pohyb ruky v relativně velkém prostoru. Ruka je extrémně pohyblivý orgán, který může koordinovat nekonečnou rozmanitost pohybů ve vztahu ke každé ze svých komponent. Kombinace pohybů ruky a zápěstí umožní ruce zformovat se podle tvaru uchopovaného objektu. Skvělá pohyblivost ruky je způsobena tvarem kloubu, pozicí kostí, jejich vzájemným vztahem a aktivitou systému vnitřních svalů. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

Kosti ruky jsou uspořádány do tří oblouků - dva transversální a jeden longitudinální. První oblouk je tvořen kostmi karpu, přičemž hlavní úlohu hraje os capitatum, druhý je tvořen hlavičkami metakarpů, přičemž klíčovým bodem je III. metakarp. Longitudinální oblouk je tvořen prstovými paprsky a metakarpy druhého až pátého prstu. Vnější flexory a extensory jsou odpovědní za změnu tvaru pracující ruky. Vnitřní svaly ruky jsou primárně odpovědní za udržení uspořádání tří oblouků. Zhroucení oblouků by mělo za následek zranění kostí, revmatická onemocnění atd. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

2.4.1 Kinematika kloubů ruky

Různé tvary CMC, MCP a IP kloubů prstů jsou odpovědné za rozdílné stupně volnosti těchto kloubů. Jedinečná orientace palce, velký meziprstní prostor a speciální konfigurace palcového CMC kloubu dovoluje tomuto prstu velkou pohyblivost a všestrannost. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

V CMC kloubu palce je možné provést pohyb do flexe, extenze, abdukce, addukce, oposice a reoposice. V MCP kloubech je možné provést pohyb do flexe, extenze, abdukce a addukce. V IP kloubech lze provést flexi a extenzi. (Dylevský, 2009)

2.4.2. Rozsahy pohybů

Dlaň a prsty

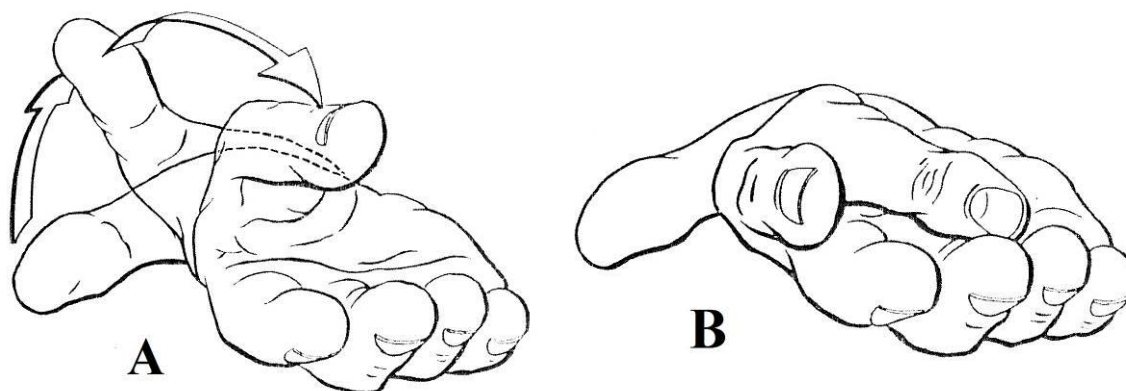
Druhý a třetí metakarp je spojen s os trapezoideum a os capitatum klouby, které jsou v podstatě nepohyblivé. Výsledkem je, že tyto kosti tvoří nepohyblivou část ruky. Čtvrtý CMC kloub tvořený čtvrtým metakarpem a os hamati umožňuje mírný pohyb ve směru flexe - extenze v rozsahu 10-15 stupňů. Pátý CMC kloub tvořený pátým metakarpem a os hamati dovoluje větší pohyb ve směru flexe - extenze v rozsahu 20-30 stupňů. Tento pohyb umožňuje prohnutí ruky a je základem pro uchopování. MCP klouby 2.-5. prstu dovolují pohyb ve třech rovinách - FL-EX (sagitální rovina), ABD - ADD (frontální) a mírnou pronaci - supinaci (transversální rovina). Rozsah pohybu do flexe MCP kloubu z nulové pozice je asi 90 stupňů, ovšem tato hodnota se mění podle konkrétního prstu. Malíček představuje největší flexi (95 stupňů) a ukazovák kolem 70 stupňů flexe. Velikost extenze (více jak 0 stupňů) závisí na dispozicích konkrétního jednotlivce, etniku a na laxicitě vaziva. PIP a DIP kloub 2.-5. prstu jsou kladkové klouby umožňující FL a EX. PIP klouby mají rozsah pohybu do 110 stupňů FL, DIP do 90 stupňů FL. Pohyb do EX za nulovou pozici (hyperxetense) závisí na laxicitě ligament, obzvláště u PIP kloubů. (Bejjani & Landsmeer, 1989)

Zápěstí

Pohyby do flexe a extenze ruky se v podstatě realizují mezi radiem, os lunatum a os capitatum. Při pohybu ruky do flexe rotuje os lunatum a os capitatum volárně a os lunatum se posouvá dorsálně. Při pohybu do extenze je tomu naopak. Při pohybu ruky do radiální dukce se distální řada karpálních kostí posouvá radiálně, kdežto proximální řada karpů ulárně. Při ulární dukci jdou pohyby opačně. (Dylevský, 2009)

Palec

Na úrovni CMC kloubu palce tvoří base palcového metakarpu spolu s os trapezium sedlový kloub. Toto postavení umožňuje palcovému metakarpu široký rozsah pohybu v kuželovém prostoru od plochy ruky v palmárním směru. Pohyb I. metakarpu může být popsán ve stupních ABD od II. metakarpu. MCP kloub a IP kloub umožňují pohyb do flexe a extenze. Funkčně je nejdůležitější pohyb palce do opozice, ve které se ABD pojí s rotací v CMC kloubu. Dochází k pohybu palce směrem ke špičce malíku. Pakliže součástí pohybu není rotační komponenta, nelze mluvit o opozici palce. Kapandji (1982) dělí opozici na maximální (palec se pohybuje směrem ke špičce malíku; Obrázek 12) a minimální (palec se pohybuje po palmární straně ruky směrem k jejímu laterálnímu okraji). Flexe MCP a IP kloubu nese palec blíže špičkám prstů. MCP kloub palce se tvarově i funkčně podobá MCP kloubům prstů. Rozsah pohybu do FL z nulové pozice se liší interindividuálně a to od 30 do asi 90 stupňů. Extenze z nulové pozice je možná asi do 15 stupňů. (Kapandji, 1982; Bejjani & Landsmeer, 1989)



Obrázek 12. Maximální a minimální opozice palce dle Kapandjiho (1982)

2. 5 Měření síly stisku ruky

Testování síly stisku je oblíbená metoda hodnocení užívaná v celé řadě klinických oborů. Jde o rychlé, jednoduše proveditelné, spolehlivé a dobře zaznamenatečné měření.

Měření síly stisku ruky je důležité u rehabilitace ruky. Určuje pacientovy prvotní limity a okamžitě ukazuje případná zlepšení během terapie. Silový stisk je výsledek flexe všech kloubů prstů maximální volní silou, kterou je osoba schopna vyvinout. Síla stisku ruky může být ovlivněna celou řadou faktorů, kdy síla svalů je jedním z nich. Synergistická akce flexorů a extenzorů a souhra svalových skupin je důležitým faktorem výsledné síly stisku. Dalšími faktory ovlivňující sílu stisku ruky jsou únava, stranová dominance, denní čas, věk,

stav výživy, bolest, spolupráce pacienta a přítomnost amputací na ruce, omezení pohybu, ztráta senzorických funkcí atd. (Ceceli, Durukan, Erdem, Incel, & Yorgancioglu, 2002)

V klinických oborech se síla stisku používá při:

- hodnocení poškození horní končetiny,
- hodnocení pracovní výkonnosti u zranění ruky,
- hodnocení lidí s jiným zraněním a postižením ruky, jako třeba revmatoidní artritida,
- určení účinnosti rozdílné léčby u pacientů s různým postižením,
- hodnocení celkové tělesné kondice,
- určení míry použitého úsilí. (Innes, 1999)

2.5.1 Přístroje na měření síly stisku ruky

Existuje celá řada přístrojů k měření síly stisku ruky a to jak statické, tak dynamické síly stisku. Přístroje, se kterými se v našich podmínkách můžeme setkat, se dají rozdělit do tří skupin dle mechanismu fungování. Řadíme sem přístroje hydraulické, pneumatické a mechanické.

Dle Jensena, Kristiansena a Solgaard (1984) by ideální dynamometr měl splňovat následující požadavky:

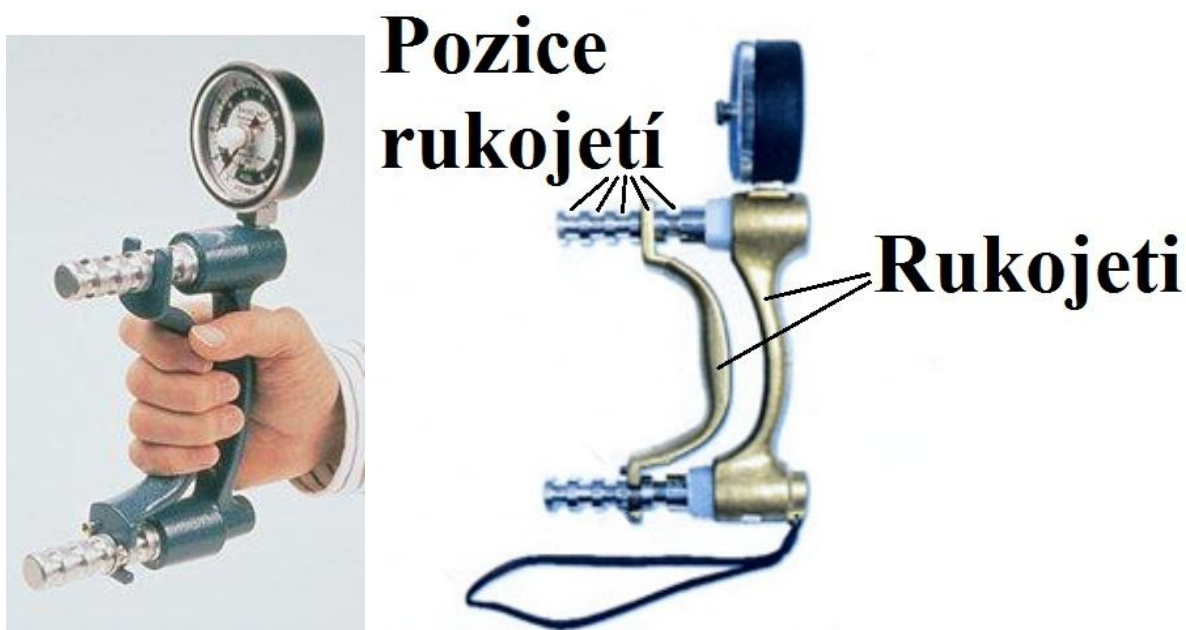
- Ukazované údaje by měly být reprodukovatelné a mít stejnou přesnost nezávisle na vysoké či nízké síle stisku.
- Měly by být nezávislé na velikosti ruky.
- Měly by být při stisku pro měřené osoby pohodlné.
- Měly by být malé a skladné pro převoz.

Pokud jde o dynamometr s posunlivou rukojetí, měl by podle Bechtola (1954) splňovat následující kritéria:

- Madla by měla být posunlivá a to na vzdálenost 1; 1,5; 2, 2,5 a 3 palce (1 palec = 2,54 cm).
- Rukojeti musí být velké a měkké tak, aby silový úchop nebyl bolestivý.
- Rukojeti se k sobě během isometrického testu mohou přiblížit maximálně o 1/8 palce (0,3 cm) proto, aby mohl být test považován za isometrický.

Hydraulické přístroje

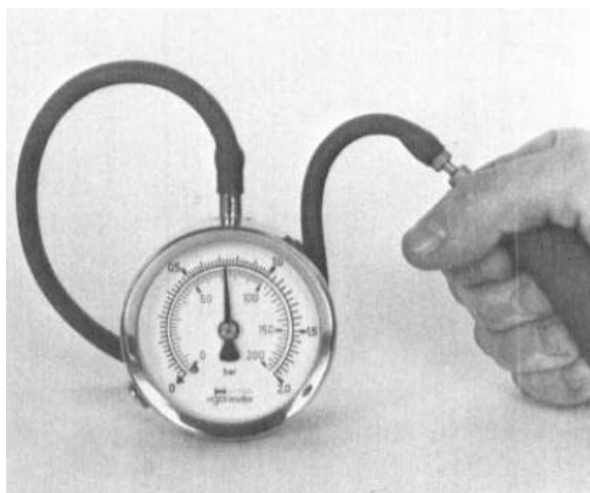
Hydraulické dynamometry jsou zaplombované přístroje, které měří sílu stisku ruky v kilogramech či librách. Patří sem např. Jamar dynamometr měřící statickou sílu stisku (Obrázek 13). Má dvě rukojeti, které je možné nastavit do pěti rozdílných vzdáleností (2,5 cm; 3,8 cm; 5,1 cm; 6,4 cm a 7,6 cm). Tento přístroj je nejpoužívanějším dynamometrem pro měření statické síly stisku. (Jamar Dynamometer, 2011)



Obrázek 13. Jamar dynamometr (přepřacováno autorem dle Jamar Dynamometer, 2011)

Pneumatické přístroje

Pneumatické přístroje používají k určení síly stisku ruky stlačení vzduchem naplněných měchů. Bývají často užívány osobami s bolestmi rukou či klienty s křehkou kůží např. u revmatického zánětu. Jsou měkčí a snadněji uchopitelné. Problémem této metody je, že se neměří síla stisku, ale tlak stisku. Měření tlaku je závislé na velikosti plochy, přes kterou je síla aplikována. Je-li plocha povrchu malá, pak aplikovaná síla zapíše vyšší tlak, než stejná síla, ale s větším stiskáním povrchem. Velikost ruky může tedy ovlivňovat zaznamenaný tlak úchopu. Výstup je v milimetrech rtuti či liber na čtvereční palec. Příkladem pneumatického dynamometru může být Martin Vigorimeter sestávající z manometru spojeného se stlačitelným balonkem (Obrázek 14). Balonek je k dostání ve 3 velikostech používaných podle velikosti ruky. (Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984; Innes, 1999)

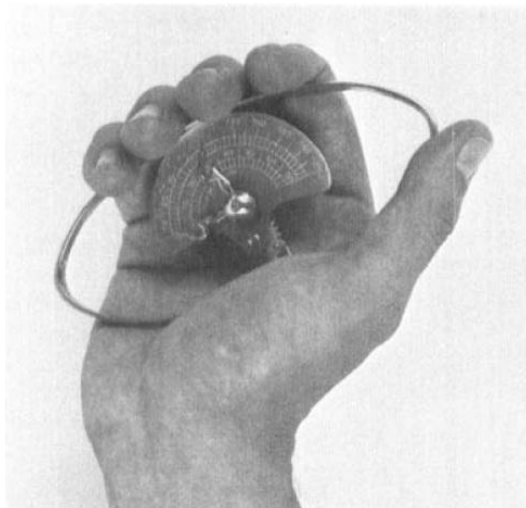


Obrázek 14. Martin Vigorimeter (Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984)

Mechanické přístroje

Mechanické přístroje fungují na principu záznamu síly stisku založeném na velikosti napětí vzniklého v ocelové pružině. Síla stisku je měřena v kilogramech či librách. (Innes, 1999)

Příkladem může být ocelový pružinový dynamometr (Obrázek 15) sestávající z parabolické ocelové pružiny spojené s rafičkou. Přístroj měří téměř isometrickou sílu stisku ruky, ale pro většinu probandů je velmi nepohodlný. (Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984)



Obrázek 15. Ocelový pružinový dynamometr (Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984)

2.5.2 Reliabilita

Přesnost měření související s přesností užívaného přístroje a reliabilita prováděných testů jsou považovány za důležité parametry při měření síly stisku. Přesnost měření souvisí s precizností přístroje, jeho kalibrací a je považována za kritérium validity. Přesnost přístroje je určena porovnáním výsledků se standardy. Reliabilitou rozumíme spolehlivost testu. Tedy zda se při opakovaném použití testu dostanou obdobné výsledky. Měří technickou kvalitu testu. (Innes, 1999)

Reliabilitu můžeme rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou.

Krátkodobá reliabilita je testována tak, že se provede opětovné měření téhož parametru za srovnatelných podmínek během relativně krátké doby. Měříme sílu stisku dvou po sobě následujících pokusů a určíme, jestli jsou výsledky srovnatelné. Jedná se o opětovné měření v časovém odstupu v řádu minut až hodin.

Dlouhodobá reliabilita je testována tak, že opětovné měření je provedeno s odstupem dnů až týdnů. Probanda si pozveme a změříme jeho hodnoty za určitých podmínek. Za týden za srovnatelných podmínek, jako v prvním měření, naměříme potřebné parametry znovu. Poté se výsledky srovnají a zhodnotí se reliabilita měření.

Z prostudované literatury plyne, že není rozdílu v četnosti užití krátkodobé a dlouhodobé reliability. Jako příklad uvádíme hodnocení krátkodobé reliability Artera et al. (2008). Pro potvrzení reliability optimální vzdálenosti stiskáných ploch při měření síly stisku bylo změřeno 28 zdravých dětí (18 chlapců a 10 dívek). U těchto dětí byla změřena síla stisku ve 3 vzdálenostech stiskáných ploch: optimální vzdálenost; optimální vzdálenost mínus 1 cm a optimální vzdálenost plus 1 cm. Každý proband provedl test 2x, přičemž vzdálenosti stiskáných ploch šly po sobě v náhodném pořadí. Mezi jednotlivá měření byla vložena minutová pauza. Nejlepší ze dvou pokusů byl zaznamenán. Pro potvrzení spolehlivosti měření síly stisku v optimálním rozpětí stiskáných ploch 22 (17 chlapců a 5 dívek) z předchozích 28 dětí provedlo test po 2 hodinách znovu.

2.5.3 Protokol pro měření maximální síly stisku

V této kapitole vycházíme z práce Innese (1999), pokud není uvedeno jinak.

Testovací protokol je v podstatě popis, jak má měření probíhat, aby se výsledky různých měření mohly porovnat. Obsahuje testovací pozici a užití instrukce, proces sbírání dat a výsledky. Existuje celá řada protokolů a testovacích pozic vytvořených přímo pro testování síly stisku a podle účelů měření se mohou měnit. Například pokud je účelem srovnání s normativními daty, musí být dodržen stejný postup, jako při získávání těchto

normativních dat. Pokud má být výsledkem testování určení nejlepší pozice pro vyvinutí největší síly stisku ruky v určité pracovní situaci, pak se užívají polohy související s touto pracovní činností.

Testovací pozice

Nejčastěji používanou pozicí pro testování síly stisku ruky je standardní testovací poloha schválená americkou společností American Society of Hand Therapists (ASHT): Sed na židli s rovným opěradlem. Plosky nohou se celou plochou dotýkají podložky. Rameno addukované, v neutrální poloze k rotacím, loket ohnutý do pravého úhlu, předloktí v neutrální poloze, zápěstí mezi 0-30° dorzální flexe a mezi 0-15° ulnární deviace. Rameno není podpíráno zkoušejícím ani loketní opěrkou.

Pozice měřicího přístroje by měla dovolit výše zmíněné nastavení horní končetiny. Některé velké přístroje, které se připevňují k základní desce nebo stolu, mohou vyžadovat, aby testování probíhalo ve stoje. Různé polohy probanda při opakovaném měření stejným dynamometrem mohou významně ovlivnit výsledky, proto je třeba se jim vyhnout.

Testovací protokol pro měření maximální síly stisku

V testovacím protokolu by měl být uveden počet měření, informace, jestli byla zjišťována největší či průměrná hodnota síly stisku, jaké instrukce byly dány probandovi, jestli byl povzbuzován a jestli byla provedena rozcvička (zahřátí). Všechny tyto komponenty ovlivňují sílu stisku ruky, proto by měly být v protokolu zaznamenány.

Nejčastěji používané parametry měření síly stisku a obecné faktory, které ji ovlivňují dle Innese (1999):

- 2. pozice rozpětí stiskáných ploch Jamar dynamometru (vzdálenost rukojetí 3,8 cm);
- 3 po sobě jdoucí pokusy o maximální sílu stisku, přičemž se zaznamenávají 2 nejlepší;
- 60 s pauza na odpočinek mezi jednotlivými pokusy pro eliminaci faktoru únavy;
- doporučená délka svalové kontrakce dostatečná k získání potřebných hodnot je 3s;
- specifické rozcvičení ve formě submaximálního stisku vede ke zvýšení svalové síly;
- provádět měření síly stisku odpoledne (vyšší hodnoty síly, než v dopoledních hodinách);
- dávat informace probandům stejným tónem a hlasitostí - čím hlasitěji jsou instrukce podávány, tím vyšší je hodnota síly stisku ruky;

Je řada individuálních faktorů ovlivňujících sílu stisku ruky. Obecně lze říci, že:

- muži mají větší sílu stisku než ženy (Crosby, Mawr, & Wehbé, 1994);
- existuje pozitivní korelace mezi silou stisku ruky a tělesnou váhou a výškou u zdravé populace. Tento pozitivní vztah platí do hmotnosti 98 kg a do výšky 190 cm. (Innes, 1999);
- síla roste s věkem do věku 30-45 let, kdy dosáhne vrcholu a poté s věkem klesá (Bechtol, 1954);
- síla stisku dominantní horní končetiny (HK) je asi o 10 % větší než síla stisku nedominantní HK (Innes, 1999);
- sílu stisku ruky ovlivňuje typ pracovní zátěže a volný čas - těžce manuálně pracující lidé mají větší sílu stisku než lehce manuálně pracující. Ilmarinen, Luopajarvi a Nygard (1991) tvrdí, že větší vliv než zaměstnání, má na sílu stisku ruky náplň volného času;
- maximální sílu stisku ruky ovlivňuje míra úsilí probanda - je potřeba zvážit motivaci výkonu a „normálnost“ výkonu probanda (Bradbury, Bradley, & Lechner, 1998). Pokud proband vyvíjí maximální volní úsilí, měl by rozdíl dvou naměřených hodnot být menší než 20 %, obvykle je menší než 10 % (Bechtol, 1954);
- u pětipozicového testu (síla stisku se měří v pěti vzdálenostech stiskáných ploch) je maximální síla změřena většinou v druhé či třetí pozici Jamar dynamometru a rozvržení hodnot na křivce odpovídá Gausově křivce. Minimum probandů má maximální sílu stisku v jiném rozpětí než na druhé a třetí pozici. (Crosby, Mawr, & Wehbé, 1994; Crain & Firrell, 1996)

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

Odborné články pojící se s problematikou řešenou v této diplomové práci se dají rozdělit do tří ucelených oblastí: Síla stisku a rehabilitace, síla stisku a antropometrie, síla stisku a vzdálenosti stiskávaných ploch.

3.1 Síla stisku a rehabilitace

Felson, Chaisson, Sharmal a Zhang (2000) studovali vztah mezi maximální silou stisku a osteoartrózou (OA) v různých kloubech ruky a zjišťovali, zda se vztah mezi silou stisku a OA mění podle sledované kloubní skupiny. Studie se zúčastnilo 453 osob (173 mužů a 280 žen) průměrného věku 53-54 let (muži 54 + /-5 let, ženy 53 + /-5 let) bez RTG známek OA ruky. Byl jim proveden RTG snímek pravé ruky a změřena její síla stisku pomocí nastavitelného dynamometru. Měření bylo opakováno ještě 8x v průběhu následujících 24 let. Sledovalo se 13 kloubních spojení ruky - 4 DIP, 4 PIP, 4 MCP klouby ruky a basální kloub palce. Z výsledků plyne, že muži byli značně silnější než ženy, což ale může být ovlivněno typem zaměstnání - 71 % žen bylo v domácnosti, kdežto většina mužů pracovala. Muži s vysokou silou stisku mají zvýšené riziko OA v PIP kloubech, MCP kloubech a basálním kloubu palce. Ženy s vysokou maximální silou stisku mají zvýšené riziko OA u MCP kloubů a mírné riziko u basálního kloubu palce. Nenašel se žádný vztah mezi maximální silou stisku a OA u DIP kloubů a to ani u mužů ani u žen, což může být připisováno malým velikostem sil, které na ně působí.

Z výsledků studie plyne, že zvýšená síla stisku, která je hlavní zátěží proximálních kloubů ruky, zvyšuje riziko OA v těchto kloubech.

Battistini, Berthier, Marotte, Mathieux, Miossec a Sarrazin (2009) se pokusili objasnit vliv časně ergoterapie na sílu stisku ruky u raného stadia revmatoidní artritidy (RA). Studie se zúčastnilo 60 osob v raném stadiu RA (netrpěli RA déle než 2 roky), kteří byli rozděleni do dvou stejně velkých skupin. Testované osoby z první skupiny byly půl dne školeny v nemocnici za přítomnosti různých odborníků. Byla provedena edukace a praxe týkající se ochrany kloubů cvičením, komplexní ergoterapií, tréninkem motorických funkcí a schopností. Dostaly se jim instrukce k ochraně kloubů, poradenství, rady a instrukce k použití různého zařízení, obstarání dlah, edukace a psychická podpora. Druhá skupina nedostala žádné informace. Po třech měsících dostaly testované osoby z druhé skupiny stejné informace, jako první skupina na začátku studie. Hodnocení se skládalo z objektivního

ukazatele (síly stisku ruky) a ze subjektivního hodnocení (Health Assessment Questionnaire - HAQ). Byla srovnána data první skupiny získaná mezi začátkem studie a 3. měsícem, třetím měsícem a šestým měsícem testu a data druhé skupiny mezi začátkem studie a 3. měsícem a třetím měsícem a šestým měsícem testu.

Z výsledku studie plyne, že dodržení komplexního ergoterapeutického programu spojeného s dlahováním je efektivní pro zlepšení síly stisku a výsledku HAQ skóre.

Eng a Harris (2010) se pokusili zjistit, jestli silový trénink horní končetiny zvyšuje její funkčnost u pacientů s cévní mozkovou příhodou (CMP). Ve své práci porovnávali výsledky studií z let 1960-2009 vybraných dle stanovených kritérií. Studie hodnotila vliv silového tréninku na bolest, svalový tonus, schopnost ADL, sílu stisku horní končetiny (HK) a funkčnost HK. Na základě výsledků studií došli k závěru, že při silovém tréninku došlo ke zmenšení bolesti, mírnému zvětšení síly stisku a zlepšení funkčnosti horní končetiny. Naopak nedošlo k žádné změně svalového tonu ani ke změně schopností ADL. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u skupiny pacientů se středním postižením (oproti pacientům s lehkým a těžkým postižením). Žádná studie nepotvrdila nepříznivý efekt silového tréninku na žádnou ze sledovaných komponent.

Výsledky této studie ukázaly, že trénování síly stisku ruky může zlepšit funkci ruky bez zvýšení svalového tonu či bolesti u osob s CMP. Dále z výsledků plyne, že čím vyšší svalovou sílu pacient má, tím má lepší funkčnost horní končetiny. „Vyléčitelnost“ nízké síly stisku silovým tréninkem může být důležitým aspektem léčby osob s CMP.

Ardicoglu, Gudul, Kamanli, Kaya a Ozgocmen (2005) zkoumali stranově specifický vztah mezi velikostí ruky, silou stisku ruky a mineralizací kostí u zdravé populace 143 osob (106 žen a 37 mužů) ve věku 19-50 let (průměrný věk 34 let). Kritéria pro zahrnutí do studie byla: dominantní pravá HK, žádná zánětlivá ani degenerativní onemocnění kloubů, žádné endokrinologické poruchy a negativní historie braní léků ovlivňujících kostní denzitu. Velikost ruky byla měřena jako vzdálenost mezi špičkou palce a pátého prstu. Síla stisku ruky byla měřena bilaterálně pomocí Jamar dynamometru. Testované osoby seděly s ADD RAM a 90 stupňovou FL v LOK tak, aby se při maximálním stisku nedotýkaly dynamometrem žádné části svého těla. Byla provedena 3 měření s dvouminutovými pauzami mezi pokusy, přičemž průměrná hodnota z těchto pokusů byla zaznamenána. Mineralizace byla měřena na středním článku 2., 3. a 4. prstu a průměrná hodnota těchto tří hodnot byla zaznamenána.

Z výsledků studie plyne, že existuje mírná korelace mezi silou stisku ruky a kostní denzitou u mužů, ale ne u žen. Velikost ruky nekoreluje s denzitou kostí ani u mužů, ani u žen. Nebyl nalezen rozdíl v denzitě kostí pravé a levé ruky, ovšem síla stisku levé (nedominantní) ruky u žen byla výrazně nižší než síla stisku pravé ruky.

Craen, Gussekloo, Ling, Maier, Taekema a Westendorp (2010) zjišťovali, jestli je malá síla stisku předpokladem disability u původně neinvalidních starých mužů. Studie se zúčastnilo 140 italských mužů ve věku 71-79 let, kteří nevykazovali známky invalidity při ADL, IADL a pohybových aktivitách na počátku měření. Disability byla definována jako potřeba pomoci při ADL, IADL a pohybu. Byli rozděleni do dvou skupin podle medianu rozložení (76 a méně let a 77 a více let). V roce 1991 proběhlo první měření a v roce 1995 druhé. Síla stisku byla měřena Martinovým dynamometrem. Provedly se 2 maximální stisky dominantní rukou, přičemž nejvyšší hodnota byla zaznamenána. Invalidita byla měřena pomocí škály WHO a obsáhla aktivity ADL i IADL. Kognitivní funkce byly hodnoceny pomocí dotazníku MMSE. Byl měřen krevní tlak, tělesná váha a výška, bylo změřeno EKG, byl zaznamenán příjem alkoholu za den, stejně jako hodnota krevního cholesterolu.

Z výsledků studie plyne, že síla stisku ruky nemá statisticky významný vliv na disability mužů ve věku 71-76 let, ale u mužů ve věku 77 a více let je malá síla stisku předpokladem disability. Incidence invalidity vzrůstala s klesající silou stisku. Ve statistické analýze byl rozdíl maximální svalové síly 10 kPa spojen se 17 % rizikem rozvoje incidence disability v následujících čtyřech letech. Neobjevil se žádný vztah mezi věkem, MMSE skóre nebo přítomností DM či artritidy a silou stisku ruky.

Briggs, Cooper, Kerr, Turner, Sayer a Syddall (2006) se pokusili zjistit, jestli je pomocí síly stisku ruky možné určit délku hospitalizace pacienta vyššího věku v nemocnici. Studie se zúčastnilo 120 osob (52 mužů a 68 žen) ve věku 75-101 let (median 83,7 let) přijatých na hospitalizaci v nemocnici. Měření síly stisku probíhalo na Jamar dynamometru a to tak, že proband vyvinul maximální stisk 3x po sobě jednou a poté i druhou rukou. Nejvyšší naměřená hodnota byla použita pro statistickou analýzu. Síla stisku byla vyšší u mužů (medián 29 kg) než u žen (medián 16 kg). Medián délky hospitalizace byl 9 dní, ovšem u mužů byl delší (10 dní) než u žen (8 dní).

Z výsledků studie plyne, že vyšší síla stisku byla spojena se zvýšenou pravděpodobností propuštění domů. Zvýšení síly o 10 N bylo spojeno s o 3 % vyšší pravděpodobností propuštění do domácího léčení. Spolu se zvýšením síly stisku došlo

ke zlepšení funkčního stavu, zlepšení nutričního stavu a nižší závislosti na okolí. Naproti tomu věk, množství zdravotních problémů či braných léků a pády v anamnéze nebyly s propuštěním z nemocnice domů ani se silou stisku spojeny. Síla stisku byla výrazně spojena s funkčním i nutričním stavem, což vysvětluje její vztah k délce pobytu.

Curb, Foley, Guralnik, Leveille, Masaki, Rantanen a White (1999) se pokusili zjistit, zda je síla stisku předpokladem disability ve stáří u zpočátku zdravých jedinců. Studie se zúčastnilo 6 089 mužů ve věku 45-68 let na počátku studie (v letech 1965-1970). Z nich se následujícího měření v letech 1991-1993 zúčastnilo 3 218 osob. Kritéria nezahrnutí do studie byla neschopnost obvyklé chůze o rychlosti větší než 0,4 m/s, neschopnost vstát ze sedu na židli bez použití rukou a vícenásobné problémy s rukama, s pohybem či neschopnost se o sebe postarat. Testované osoby byly rozděleny podle síly stisku na třetiny. Z výsledků studie plyne, že se síla stisku s věkem zmenšovala. Riziko snížení obvyklé rychlosti chůze na 0,4 m/s a nižší se lišilo dle velikosti síly stisku a to podle následujícího poměru - nejnižší síla : střední síla : nejvyšší síla = 2,87 : 1,79: 1. Riziko neschopnosti postarat se sám o sebe bylo více jak 2x větší u nejslabší skupiny oproti skupině nejsilnější. U zdravých mužů ve věku 45 až 68 let byla síla stisku ruky vysoce predilektivní k funkčním limitám a disabilitě v následujících dvacetipěti letech.

Craen, Gussekloo, Maier, Taekema a Westendorp (2010) provedli studii, jejímž cílem bylo zjistit, zda síla stisku předpovídá změny funkčního, psychického či sociálního zdraví u starých lidí. Síla stisku ruky byla použita jako zástupce celkové svalové síly. K měření síly stisku byl použit Jamar dynamometr, k měření funkční, psychické a sociální oblasti zdraví pak dotazníky. Studie se zúčastnilo 555 testovaných osob ve věku 85 let. Účastníci měření byli požádáni, aby se postavili s dominantní rukou podél těla tak, aby nedošlo k tisknutí paže proti tělu. Rozpětí rukojetí bylo nastaveno podle velikosti ruky tak, aby prostřední článek spočíval na distální ploše vzdálenější rukojeti. Testované osoby měly jeden pokus na vyzkoušení a poté bylo zahájeno měření. Účastníci studie provedli tři maximální stisky, přičemž ten s největší hodnotou síly stisku byl použit pro statistickou analýzu. Nižší hodnota síly stisku na začátku studie významně korelovala se slabšími hodnotami na jejím konci. Nižší síla stisku předpovídala zrychlené zhoršení v ADL a kognitivních funkcích v budoucnosti a tím přispívala k rostoucí závislosti lidí vyššího věku na okolí. Toto ale neplatilo pro položky sociálního a psychického zdraví a pro oblast deprese, které byly na síle stisku nezávislé.

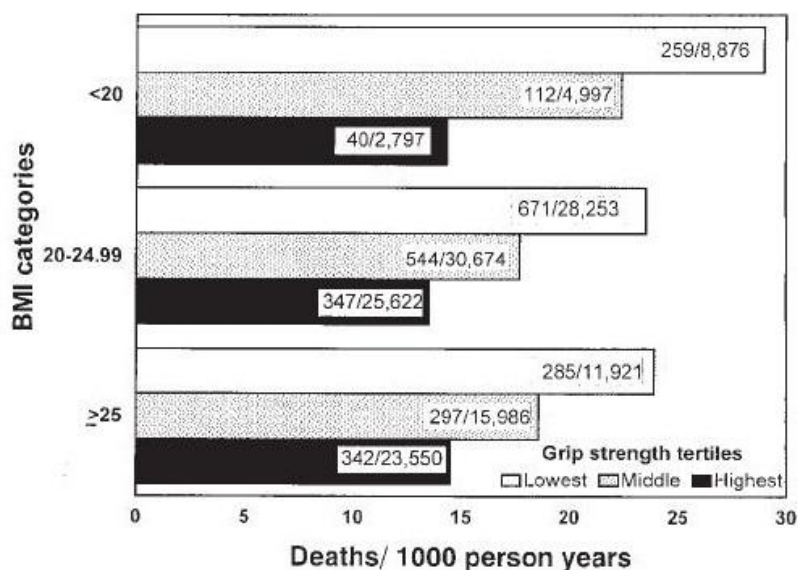
Z výsledků této studie plyne, že měření síly stisku ruky může být užitečným nástrojem v geriatrické klinické praxi k odhalení těch starých lidí, kteří by mohli patřit do rizikové skupiny náchylné ke zrychlení zhoršení schopností ADL a kognitivních funkcí.

Foley, Guralnik, Harris, Leveille, Masaki, Rantanen a Visser (2000) ve své studii zjišťovali, jestli se dá pomocí svalové síly a hodnoty BMI určit riziko úmrtnosti u zpočátku zdravých lidí. Po dobu 30 let sledovali 6 040 zdravých osob ve věku 45-68 let na začátku měření. K měření síly stisku ruky byl použit ruční dynamometr, kde byla vzdálenost stiskáných ploch nastavena tak, že druhý článek prstů spočíval na distální hraně vzdálenější rukojeti. Za povzbuzování provedla testovaná osoba každou rukou tři maximální stisky rukojetí dynamometru, přičemž nejlepší výsledek pro každou ruku byl zaznamenán. Mezi jednotlivé pokusy byly vkládány krátké pauzy na odpočinek. Dále byla měřena: výška, váha, obvod paže a kožní řasa na tricepsu a zaznamenána fyzická aktivita, kouření, věk a socioekonomický status (vzdělání a zaměstnání, volný čas). Podle BMI byli účastníci rozděleni do tří skupin a každá tato skupina ještě rozdělena na třetiny podle síly stisku ruky.

Obecně platí, že čím vyšší síla stisku ruky, tím nižší mortalita. Toto platí i u jednotlivých skupin BMI - čím vyšší síla stisku v konkrétní skupině, tím nižší mortalita (Graf 1). U zdravých mužů středního věku bylo dlouhodobé riziko úmrtnosti spjato se silou stisku, nikoliv však s BMI. U lidí středního věku byla slabá svalová síla spojena s nižší tělesnou váhou, přítomností chronického onemocnění, fyzické inaktivity a nižším vzděláním. Všechny tyto faktory jsou prediktory zvýšené mortality.

Síla stisku měřená u osob středního věku a sledovaná dalších 30 let predikuje úmrtnost nezávisle na BMI. Mezi všemi BMI kategoriemi ti, kteří měli nejmenší sílu stisku, měli o 20-30 % vyšší riziko úmrtí, než ti s nejvyšší silou stisku.

Graf 1. Úmrtnost v jednotlivých skupinách dle BMI a síly stisku ruky (Dempsey et al., 2005)



3.2 Síla stisku a antropometrie

Ceceli, Durukan, Erdem, Incel a Yorgancioglu (2002) zjišťoval vliv stranové dominance na sílu stisku ruky. K měření byl použit Jamar dynamometr nastavený v 2. nebo 3. pozici, podle toho, kterou testovaná osoba cítila jako nejpohodlnější (ve většině případů šlo o pozici 2). Studie se zúčastnilo 149 zdravých osob (81 mužů, 68 žen; 128 praváků, 21 leváků) bez jakéhokoliv postižení horních končetin v anamnéze. Měření probíhalo vždy mezi 10.-12. hodinou dopolední a probandi nebyli v průběhu testování povzbuzováni. Síla stisku ruky byla měřena v předem definované poloze dominantní horní končetiny - ADD RAM, neutrální postavení vzhledem k rotacím a plné propnutí v LOK. Všechna měření byla provedena pro dominantní i nedominantní ruku. Testované osoby předvedly 3x maximální stisk dynamometru dominantní i nedominantní rukou a z těchto hodnot byl vypočítán průměr pro každou ruku. Mezi jednotlivé stisky byla vložena minutová pauza na odpočinek pro snížení rizika únavy. Byly zjištěny výrazné rozdíly mezi silou stisku dominantní a nedominantní ruky. Když se zvlášť zhodnotili praváci a zvlášť leváci, byla nedominantní horní končetina silnější u 10,93 % praváků a 33,33 % leváků. Síla stisku ruky na dominantní horní končetině byla u praváků o 8,2 % vyšší než na straně nedominantní. U leváků byla levá ruka o 3,20 % silnější než ruka pravá. Často užívané obecné pravidlo praví, že dominantní ruka je o 10 % silnější než ruka nedominantní. Výsledky této studie ukazují, že pravidlo 10 % nemusí být pravdivé u celé populace.

Výsledky této studie vedou k závěru, že dominantní ruka je výrazně silnější u praváků, ale ne tak výrazně u leváků. Tento rozdíl může být způsoben tím, že leváci jsou nuceni

používat pravou ruku (jejich nedominantní ruku) při běžných denních aktivitách v našem „pravorukém“ světě.

Huang, Liang, S.-F. Wu, S.-W. Wu, a Z. - T. Wu (2009) se pokusili zjistit, zda jsou sjednocené normy aplikovatelné na jakékoliv obyvatelstvo světa a jaké faktory by mohly vysvětlit případné rozdíly síly stisku v různých zeměpisných oblastech. Studie se zúčastnilo 482 osob s pravou dominantní rukou (244 mužů, 238 žen) napříč věkovým spektrem 20-80 let, z různých sociálně-ekonomických skupin a z různých oblastí Taiwanu. Pro srovnatelnost s normativními daty byly použity stejné metody doporučované společností American Society of Hand Therapist (ASHT) a stejné standardizované přístroje - Jamar dynamometr a Martin antropometr. Zjišťovanými proměnnými, které by mohly ovlivnit sílu stisku, byly: pohlaví, věk, délka dlaně, rozpětí ruky, pozice těla při měření a dominantnost levé/pravé ruky. Bylo použito 5 vzdáleností stiskáných ploch dynamometru: 1) 3,49 cm; 2) 4,76 cm; 3) 6,03 cm; 4) 7,30 cm a 5) 8,57 cm. Délka dlaně byla měřena od distální zápěstní řasy po špičku 3. prstu. Při měření síly stisku zaujaly testované osoby 4 polohy předloktí a lokte: sed s ramenem v ADD a neutrální rotaci, loket v 90 stupňové flexi a předloktí v:

- pronaci,
- neutrální pozici,
- supinaci,
- s loktem v extenzi spuštěným dolů a předloktím v neutrální pozici.

Všichni účastníci studie byli zdraví, bez onemocnění a zranění svalů či kostí ruky. Pro každou ze 4 poloh ruky testované osoby byla vybrána nejvyšší hodnota maximálního stisku (ze 3 pokusů) pro každou z 5-ti nastavení vzdáleností stiskáných ploch dynamometru.

Celkově byla naměřená síla výrazně menší (u mužů o 25,4 % a u žen o 27,4 %), než uváděly normy vytvořené z hodnot síly kavkazského obyvatelstva. Výsledky ukázaly, že věk, pohlaví a délka ruky jsou efektivními prediktory síly stisku. Lidé s nejdelší rukou měli nejvyšší hodnoty síly stisku na všech nastaveních dynamometru. Největší sílu stisku ve všech pozicích předloktí ukazuje pozice 4,76 cm, následována rozpětím 6,03 cm, naopak nejmenší síla stisku se objevila u rozpětí 8,57 cm. Obě pohlaví měla největší sílu na pozici 4,76 cm. Obecně jsou střední hodnoty efektivnější, než hodnoty krajní. Pozice předloktí neměla výraznější vliv na sílu stisku.

Dle výsledků této studie by měly vznikat regionální normy zohledňující individuální rozdíly dané populace tak, aby nedocházelo k chybným interpretacím hodnot pro konkrétní region přiměřených.

Dempsey, Xiao, Lei, Liang a Lu (2005) se pokusili nashromáždit data isometrické svalové síly a antropometrických rozměrů těla u vzorku čínské populace. Studie se zúčastnilo 146 mužů a 47 žen, přičemž všichni zúčastnění se těšili dobrému zdraví a netrpěli žádným postižením ruky. Bylo měřeno 5 hodnot isometrické svalové síly: síla stisku pravé a levé ruky, zvedání ramene, zvedání paže a tahová síla trupu (my se zaměříme pouze na sílu stisku rukou). Z antropometrických údajů byly měřeny tyto parametry: tělesná váha a výška, akromiální výška, výška hřebene kosti pánevní, výše kotníků, hloubka hrudníku a abdominální hloubka. Na každé měření měl proband 3 pokusy, jeden zahřívací pokus na 50 % maximálního volního úsilí (MVC) a dva na 100 % MVC. Hodnoty MVC byly zprůměrovány a výsledek zaznamenán. Testovaná osoba byla požádána, aby se za dobu 1 s dostala na hodnotu své maximální síly stisku ruky a tu pak tři vteřiny udržela. Účastníci studie nebyli v průběhu testu povzbuzováni, ale měli možnost odpočinku mezi jednotlivými pokusy. Pro měření síly stisku bylo určeno rozpětí rukojetí 2,5 cm. Testovaná osoba se posadila na židli a uchopila dynamometr tak, že dlaň směřovala nahoru. Byla změřena síla stisku pravé i levé ruky. Průměrná síla stisku byla u levé ruky 389,5 N a u pravé ruky 431,1 N. Obecně byla průměrná síla žen o 50 % menší než u mužů. Průmysloví pracovníci a studenti (muži) měli vyšší průměrnou sílu stisku než administrativní pracovníci a průmysloví pracovníci měli vyšší hodnoty než studenti. Z antropometrických údajů byla nalezena korelace s tělesnou váhou a výškou probanda a vztah mezi silou naměřenou pravou a levou rukou.

Jensen, Kristiansen a Solgaard (1984) ve své studii zjišťovali přesnost tří dynamometrů (My-Gripper, Martin Vigorimeter a ocelový pružinový dynamometr) a zároveň vliv věku, váhy a výšky na sílu stisku ruky. Studie se zúčastnilo 100 zdravých osob (45 mužů, 55 žen) bez jakéhokoliv postižení horní končetiny, všichni s pravostrannou dominancí. Medián věku byl 45 let (rozpětí 20-87 let), průměrná výška 171 cm (rozpětí 146-190 cm) a průměrná váha 68 kg (rozpětí 39-110 kg). Při měření seděla testovaná osoba na židli s horní končetinou v 90 stupňové flexi lokte a ramenem v addukci. Měření probíhalo na všech třech testovaných dynamometrech, přičemž každý účastník studie měl 5 pokusů s každým přístrojem

a pro každou ruku. Celkem tedy 30 měření jedné osoby. Mezi měřeními mohli účastníci odpočívat dle libosti pro eliminaci faktoru únavy.

Z výsledků studie plyne, že síla stisku probandů klesá s věkem a zvětšuje se s rostoucí tělesnou váhou a výškou. Dále bylo zjištěno, že Martin Vigorimetr a My-Gripper jsou, na rozdíl od ocelového pružinového dynamometru, podstatně přesnějšími dynamometry při aplikaci jak velké tak malé síly stisku ruky.

Anderson a Cowan (1966) se pokusili vytvořit standard pro sílu stisku staré populace zdravých lidí a zároveň zjistit, zda síla stisku souvisí s věkem a tělesnou váhou testovaných osob. Nás bude zajímat právě vztah mezi silou stisku ruky a tělesnou váhou a výškou účastníků. Studie se zúčastnilo 362 mužů a 394 žen ve věku 60-89 let těšících se dobrému zdraví, bez zranění či postižení rukou. Síla stisku byla měřena na Meredith dynamometru. Každý účastník studie měl tři pokusy stisku dynamometru pro každou ruku, přičemž nejvyšší hodnota stisku pro každou ruku byla zaznamenána. Účastníci studie byli změřeni a zvázeni kalibrovanými měřidly.

Z výsledků studie plyne, že muži měli vyšší sílu stisku ruky než ženy. Pravá a levá ruka měly u obou pohlaví rozdílné hodnoty, přičemž vyšší hodnoty byly naměřeny u pravé ruky. U obou pohlaví síla stisku ruky významně souvisela s tělesnou váhou a věkem.

Thorngren a Werner (1979) si dali za cíl určit normální hodnoty síly stisku v dospělé populaci ve velkém věkovém rozsahu a zjistit, jestli hodnota síly stisku ruky koreluje s věkem a tělesnou váhou a výškou. Studie se zúčastnilo 450 zdravých osob (na každý pětiletý interval 25 mužů a 25 žen) bez jakéhokoliv postižení rukou. K měření byl použit Martin Vigorimeter (dynamometr s gumovým balonkem, který je stiskáván v dlani), kdy pro ženy byl použit středně velký gumový balonek a pro muže velký gumový balonek. Byla provedena tři po sobě následující měření dominantní i nedominantní ruky. Testované osoby při měření seděly na židli s loktem flektovaným v 30 stupních. Balonek pohodně uchopily do ruky a poté provedly maximální možný stisk ruky.

Z výsledků studie plyne, že síla stisku koreluje s tělesnou výškou a váhou. S rostoucím věkem síla stisku klesá, dominantní ruka je silnější než nedominantní a muži jsou silnější než ženy ve všech věkových kategoriích.

Vaverka F. (1990) se ve své práci pokusil najít vztah mezi antropometrickými rozměry ruky a paže a silou stisku ruky. Studie se zúčastnilo 232 zdravých mužů (126 studentů tělesné

výchovy, 52 manuálně pracujících mužů a 54 učňů manuálních oborů). U všech účastníků studie byly měřeny tyto antropometrické charakteristiky: tělesná váha a výška a parametry horní končetiny - délkové rozměry (délka paže, předloktí, třetího a prvního prstu), šířkové rozměry (šířka ruky a zápěstí) a obvodové rozměry (obvod ruky, pěsti a zápěstí). Proband během měření stál s paží v addukci a neutrální pozici vůči rotacím, loket byl v 90 stupňové flexi, předloktí ve střední poloze mezi supinací a pronací. Vzdálenost stiskáných ploch byla nastavena do takové polohy, která probandovi subjektivně nejvíce vyhovovala.

Z výsledku plyne, že existuje statisticky významný vztah mezi silou stisku ruky a šířkou ruky, tělesnou hmotností, obvodem ruky a obvodem zápěstí.

3.3 Síla stisku a vzdálenosti stiskáných ploch

Castillo, Gutiérrez, Mesa a Ruiz-Ruiz (2002) se pokusili zjistit, jestli rozpětí ruky ovlivňuje optimální vzdálenost stiskáných ploch na standardním digitálním dynamometru u dospělých mužů a žen a odvodit algoritmus obsahující vzdálenost stiskáných ploch a velikost ruky. Studie se zúčastnilo 70 zdravých osob (40 žen, 30 mužů; průměrný věk 40 let). Rozpětím ruky byla míněna vzdálenost naměřená v maximálním rozevření ruky, kdy se měřila vzdálenost od špičky palce po špičku malíku. Při měření síly stisku ruky zaujaly testované osoby standardní bipedální pozici s paží v extenzi. Dynamometrem se nedotýkaly žádné části svého těla kromě testované ruky. Každý účastník provedl (střídavě každou rukou) ve všech vzdálenostech stiskáných ploch 2x maximální stisk, přičemž pořadí po sobě jdoucích vzdáleností stiskáných ploch bylo vybráno náhodně. Mezi jednotlivými pokusy byla jednodominutová pauza. Použité vzdálenosti stiskáných ploch byly 4,5 cm; 5,0 cm; 5,5 cm; 6,0 cm; 6,5 cm a 7,0 cm. Testované osoby byly během testů povzbuzovány. 24 hodin před testováním se měřené osoby měly vyhnout usilovné tělesné aktivitě.

Výsledky studie ukazují, že existuje optimální vzdálenost stiskáných ploch při měření maximální síly stisku ruky u obou pohlaví. U mužů jde o fixní hodnotu 5,5 cm a není ovlivněna velikostí ruky. U žen je optimální vzdálenost stiskáných rukojetí ovlivňována velikostí rozpětí ruky a tento vztah popisuje rovnice: $y = x / 5 + 1,5$, kde y je optimální vzdálenost stiskáných ploch, která by měla být nastavena na dynamometru před testováním a x je rozpětí ruky (maximální vzdálenost špičky prvního a pátého prstu) v centimetrech.

Castillo, Gutierrez, Ortega, Romero, Ruiz-Ruiz a Sjostrom (2006) se pokusili zjistit, jestli rozpětí ruky ovlivňuje optimální vzdálenost stiskáných ploch na standardním digitálním dynamometru u náctiletých chlapců a dívek a odvodit algoritmus obsahující vzdálenost

stiskáných ploch a velikost ruky. Studie se zúčastnilo 206 zdravých osob (100 chlapců a 106 dívek) průměrného věku 15 let (hraniční hodnoty 13-18 let). Jako rozpětí ruky byla považována vzdálenost naměřená v maximálně doširoka otevřené dlani, kdy se měřila vzdálenost od špičky palce po špičku malíku. Při měření síly stisku ruky zaujali účastníci studie standardní bipedální pozici s paží v extenzi a dynamometrem se nedotýkali žádné části svého těla kromě testované ruky. Každá testovaná osoba (střídavě každou rukou) provedla 2x měření v požadovaných vzdálenostech stiskáných ploch v náhodně určeném pořadí s minutovou pauzou mezi měřeními. Ruka, která byla měřena jako první, byla vybrána náhodně. Použité vzdálenosti stiskáných ploch byly 4,5 cm; 5,0 cm; 5,5 cm; 6,0 cm; 6,5 cm a 7,0 cm. Účastníci studie byli během testů povzbuzováni. 24 hodin před testováním se měřené osoby měly vyhnout usilovné tělesné aktivitě.

Výsledky studie ukazují, že existuje optimální vzdálenost stiskáných ploch pro měření maximální síly stisku a je ovlivněna rozpětím ruky u adolescentních dívek i chlapců. U chlapců je tento vztah popsán rovnicí: $y = x / 7.2 + 3.1$ cm; u dívek pak rovnicí: $y = x / 4 + 1.1$ cm, kde y je optimální vzdálenost stiskáných ploch, která by měla být nastavena na dynamometru před testováním a x je rozpětí ruky (maximální vzdálenost špičky prvního až pátého prstu) u chlapců respektive u dívek v centimetrech. Chlapci měli vyšší hodnoty síly stisku ruky než dívky.

Kanauchi, Mura, Ogino, Owashi, Takahara a Watanabe (2005) se snažili zjistit vliv únavy při testování síly stisku ruky s odpočinkem mezi jednotlivými pokusy a bez odpočinku. Výsledek poté použili při testování spolehlivosti měření síly stisku ruky a efektu pozice těla a vzdálenosti stiskáných ploch na sílu stisku ruky. Studie se zúčastnilo 100 dospělých osob (50 mužů a 50 žen, průměrný věk 38,2 let) bez onemocnění či úrazů horních končetin. Síla stisku byla měřena na obou rukou digitálním dynamometrem v jednotlivých setech. Každý set obsahoval dvě měření v jedné poloze dynamometru, jejichž hodnoty se zprůměrovaly a výsledek zaznamenal. První tři sety měření byly provedeny dvěma rozdílnými postupy:

- nepřetržitě měření bez odpočinku.
- intervalové měření s odpočinkem 1 minuta po každém stisku rukojetí dynamometru.

Všechny sety měření probíhaly vždy od 10 hodin ráno do 5 hodin odpoledne, pro eliminaci faktoru denní doby a každý účastník byl při testování povzbuzován. Během testu stáli účastníci studie s rameny v ADD a neutrální rotaci, loket plně propnut, předloktí a zápěstí v neutrální pozici, přičemž přístroj byl držen tak, aby se nedotýkal žádné části jejich těla. Při postupu měření bez odpočinku se hodnota síly stisku s každým následujícím měřením

vlivem únavy snižovala, kdežto při postupu měření s 1 minutovou pauzou mezi jednotlivými testy nedocházelo ke statisticky významným rozdílům. Z toho plyne, že užití 1 minutové pauzy mezi měřeními udržuje konstantní sílu stisku po dobu 3 setů. Na základě tohoto zjištění byly následující sety prováděny intervalovou formou. Další set měření proběhl se třemi typy vzdáleností stiskáných ploch:

- standardní rozpětí (SR) úchopu (což bylo měřeno jako polovina vzdálenosti mezi špičkou ukazováku a MCP kloubem palce - ohybovou rýhou)
- + 10 % standardního rozpětí úchopu (SR + 10 %)
- - 10 % standardního rozpětí úchopu (SR - 10 %)

Např. SR = 50 mm, SR - 10 % = 45 mm, SR + 10 % = 55 mm.

U mužů šlo průměrně o vzdálenost 58,2 mm, u žen 54,1 mm. Nebyl nalezen významný rozdíl síly stisku ruky u standardního rozpětí a rozpětí SR + 10 %, ovšem rozpětí SR - 10 % mělo u obou pohlaví nejmenší sílu stisku.

Poslední set měření zkoumal vliv polohy těla na sílu stisku. Šlo o polohu vsedě, vestoje a vleže na zádech (proband musel nadzvednout dynamometr o 3-5 cm nad podlahu). Nejmenší síla stisku byla naměřena v poloze vleže na zádech. Výsledky u pozice vsedě a ve stoje se významně nelišily, ale vyšší hodnoty byly zaznamenány u polohy vestoje.

Artero, Castillo, Gutierrez, Romero, Ruiz - Ruiz a Santaliestra-Pasias (2008) zjišťovali, jestli existuje optimální vzdálenost stiskáných ploch dynamometru u chlapců a dívek ve věku 6-12 let. Pokud ano, chtěli zjistit, zda tato optimální vzdálenost stiskáných ploch souvisí s rozpětím ruky a případně tento vztah vyjádřit matematickou rovnicí. Studie se zúčastnilo 193 osob (123 chlapců a 70 dívek ve věku 6-12 let, průměrně 9 let). Rozpětí ruky bylo měřeno u obou rukou od špičky palce po špičku malíku na doširoka otevřené dlaně. Při měření síly stisku ruky zaujali účastníci standardní stoj s paží v extenzi a dynamometrem se nedotýkali žádné části svého těla kromě testované ruky. Každá testovaná osoba (střídavě každou rukou) předvedla 2x měření v požadovaných vzdálenostech stiskáných ploch v náhodně určeném pořadí s minutovou pauzou mezi měřeními. Ruka, která byla měřena jako první, byla vybrána náhodně. Použité vzdálenosti stiskáných ploch byly 3,5 cm; 4,0 cm; 4,5 cm; 5,0 cm; 5,5 cm a 6,0 cm. Účastníci byli během testů povzbuzováni. Výsledky studie ukazují, že existuje optimální vzdálenost stiskáných ploch při měření maximální síly stisku a je ovlivněna rozpětím ruky u dívek i u chlapců. U chlapců je tento vztah popsán rovnicí: $y = x / 4 + 0,44$ cm; u dívek pak rovnicí: $y = 0,3 x - 0,52$ cm, kde y je optimální vzdálenost stiskáných ploch, která by měla být nastavena na dynamometru před testováním a x je rozpětí

ruky (maximální vzdálenost špičky prvního až pátého prstu) u chlapců respektive u dívek v centimetrech. Průměrné rozpětí ruky u dívek bylo 17,2 (+/-1,4) cm, u chlapců 17,8 (+/-1,5) cm. Chlapci předvedli vyšší hodnoty síly stisku ruky než dívky.

Blackwell, Health a Kornatz (1999) zjišťovali efekt vzdálenosti stiskáných ploch na maximální sílu stisku ruky. Studie se zúčastnilo 18 osob, praváků, které provedly izometrickou kontrakci rukojetí dynamometru maximální silou ve čtyřech různých obvodech stiskané rukojeti ($o_1 = 100$ mm, $o_2 = 130$ mm, $o_3 = 160$ mm a $o_4 = 180$ mm), přičemž předloktí spočívalo v pronaci na podložce. Chceme-li si obvodové míry převést na vzdálenost stiskáných ploch, pak dostaneme $d_1 = 3,18$ cm; $d_2 = 4,13$ cm; $d_3 = 5,09$ cm; $d_4 = 5,73$ cm. Žádný ze zúčastněných nesměl mít zranění ruky, předloktí či paže v anamnéze, stejně jako neobvyklé aktivity (práce se sbíječkou atd.). Po testovaných osobách bylo požadováno, aby stiskly rukojeti dynamometru v horizontální poloze 2x po sobě maximální silou s dobou výdrže 3 s v každém ze čtyř nastavení dynamometru. Mezi jednotlivá měření byla vložena tříminutová pauza na odpočinek. Během všech testů byli účastníci slovně povzbuzováni.

Nejmenší síly bylo dosaženo v polohách d_1 a d_4 , největší naopak v polohách d_2 a d_3 .

Bechtol (1954) uskutečnil studii, kde zjišťoval rozdíly v síle stisku ruky mezi muži a ženami v různých vzdálenostech stiskáných ploch. Počet probandů ani popis měření neuvádí.

Z výsledků studie Bechtol konstatuje, že muži vytvořili dvě skupiny. Do první skupiny patřili muži se sedavým zaměstnáním a silou stisku okolo 70-80 liber (31,8-36,32 kg) a do druhé skupiny se řadili muži mající práci vyžadující silové úchopy, kteří měli sílu úchopu 100-110 liber (45,4-50 kg). U většiny žen byla naměřena síla v rozmezí 40-50 liber (17,6-22,7 kg). Většina mužů předvedla své maximum ve vzdálenosti 2 palců (5,1 cm) a další značná část ve vzdálenosti 1,5 palců (3,8 cm). U žen byla situace opačná - největšímu množství žen vyhovovala vzdálenost 1,5 palce (3,8 cm). Tyto rozdíly jsou podle Bechtola zřejmě způsobeny velikostí ruky. U mužů byla naměřena délka ruky (flekční záhyb na zápěstí až špička 3. prstu) mezi 7 a 8,25 palci (17,8-21 cm), u žen 6,5-7,5 palci (16,5-19 cm).

Crosby, Mawr a Wehbé (1994) ve své studii testovali sílu stisku ruky na pěti pozicích dynamometru a zjišťovali existenci závislosti síly stisku ruky na stranové dominanci, pohlaví, tělesné hmotnosti a výšce a náplni volného času. Studie se zúčastnilo 214 zdravých osob (105 mužů a 109 žen) bez jakéhokoliv postižení rukou. Měření probíhalo na kalibrovaném

Jamar dynamometru a to tak, že každý účastník provedl jeden maximální stisk v každé poloze dynamometru. Poté byla vybrána pozice s nejvyšší hodnotou síly stisku a na té bylo měření zopakováno. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána. Při testování účastníci seděli na židli s paží v addukci a neutrální pozici vůči rotacím, loket v 90 stupňové flexi, předloktí v neutrální pozici a poloha zápěstí byla vybrána probandem jako pro něj nejpříjemnější.

Z výsledků studie plyne, že ženy mají menší sílu stisku (průměrně 81 liber = 36,5 kg) než muži (průměrně 137 liber = 61,7 kg). Většina probandů (60 %) dosáhla maximální síly stisku ve druhé pozici Jamar dynamometru (4,76 cm), většina ze zbylých 40 % měla maximum ve 3. a 4. pozici. Leváci měli slabší dominantní ruku než praváci. Byla zjištěna výrazná korelace mezi velikostí síly stisku ruky a tělesnou výškou a váhou, pohlavím, stranovou dominancí a koníčky probanda. Přičemž pohlaví je nejvýznamnějším faktorem, který by měl být vzat v potaz a tělesná výška a váha jsou předními faktory ovlivňujícími sílu stisku ruky.

Crain a Firrell (1996) se ve své studii pokusili zjistit, které nastavení dynamometru je ideální pro produkci maximální síly stisku a jestli toto nastavení koreluje s individuálními charakteristikami probandů. Studie se zúčastnilo 288 zdravých osob bez jakéhokoliv postižení horních končetin ve věku 4-78 let. Účastníci studie byli testováni v sedě, s loktem ohnutým v pravém úhlu a zápěstím v neutrální poloze. Síla stisku ruky byla měřena v pěti vzdálenostech stiskáných ploch. Každý účastník začínal na pozici jedna, provedl maximální stisk po dobu jedné až dvou vteřin, odpočinul si pár vteřin a poté měření ještě 2x opakoval. Následně byla stejným způsobem změřena druhá ruka. Jakmile byly obě ruce změřeny na první pozici, posunul se dynamometr na pozici další (končilo se pátou pozicí). V dotazníku se u každého probanda vyplňovalo pohlaví, tělesná výška a váha, stranová dominance, věk, délka ruky od zápěstí po špičku 3. prstu, délka prstů od base ke špičce prstu, šíře dlaně a průměr „o“ vzniklého spojením palce a ukazováku při předvedení OK gesta.

Z výsledků studie plyne, že optimálním nastavením pro většinu (89 %) účastníků byla 2. pozice dynamometru (4,4 cm), v pozici 3 mělo své maximum pouze 8 % probandů. Nikdo nevyvinul maximální sílu na pozici pět. Tři z 64 dětí vyvinuly maximální sílu v jiné pozici, než v pozici 2. Proto by nebylo správné, přiřknout dětem jako ideální rozpětí vzdálenosti stiskáných ploch pozici 1. Nebyla nalezena žádná významná souvztažnost mezi tělesnou hmotností a výškou, věkem, pohlavím nebo rozměry ruky a nastavením pozice dynamometru. Ti, kteří měli maximum v pozici 3 a 4 neměli větší ruku nebo jiné parametry než ti, kteří dosáhli maxima na 2. pozici.

Vaverka a Kršková (1994) si dali za cíl najít optimální rozpětí stiskáných ploch, které by dovolilo vyprodukovat maximální sílu stisku. Studie se zúčastnilo 232 zdravých mužů (52 manuálně pracujících, 54 učňů, 126 vysokoškolských studentů) netrpících žádným onemocněním horních končetin. Síla stisku byla měřena na preferované horní končetině na dynamometru s nastavitelnou vzdáleností rukojetí. Vzdálenosti paralelních rukojetí se nastavovaly od 40 mm po 75 mm vždy po 7 mm.

Z výsledků plyne, že u všech testovaných souborů probandů byly nalezeny jednovrcholové parabolické funkce $GS = f(HGS)$ - (síla stisku v závislosti na hodnotách vzdáleností stiskáných ploch). Tím byla potvrzena existence optimální vzdálenosti stiskáných ploch. Tato optimální vzdálenost se u jednotlivých porovnávaných skupin lišila - manuálně pracující měli jako své optimum vzdálenost stiskáných ploch 55,3 mm, učni 56,1 mm a univerzitní studenti 52,8 mm, přičemž manuálně pracující muži vyvinuli v těchto polohách průměrnou maximální sílu stisku 570 N, učni 438,5 N a univerzitní studenti 574,2 N. Pakliže by měla být navržena optimální vzdálenost pro všechny tři skupiny, šlo by o hodnotu v rozmezí 53-56 mm.

3.4 Shrnutí použité literatury

Problematika síly stisku ruky je velmi rozsáhlé téma, proto jsme pro přehlednost rozdělili dostupnou literaturu do 3 ucelených tematických oblastí.

Do části síla stisku ruky a rehabilitace byly zařazeny texty týkající se síly stisku ruky a onemocnění kloubů a nervového systému a práce zabývající se vztahem síly stisku a funkčními schopnostmi lidského těla. Bylo zjištěno, že snížená síla stisku ruky předpovídá riziko zhoršení funkčního stavu, disabilitu a mortalitu v následujících 25 letech u mužů. Léčebný program zaměřený na zvýšení síly stisku ruky vede ke zlepšení funkčního stavu pacientů s CMP i pacientů trpících RA. Zvýšení síly stisku ruky je spojeno se zvýšenou pravděpodobností propuštění hospitalizovaného pacienta do domácího léčení. Nadměrná síla stisku ovšem vede ke zvýšenému zatížení proximální kloubů ruky a tím zvyšuje riziko osteoartrózy těchto kloubů.

V další části jsou diskutovány otázky týkající se síly stisku ruky a antropometrie. Byly sem zařazeny texty týkající se síly stisku ruky a antropometrických charakteristik testovaných osob. Bylo zjištěno, že dominantní horní končetina je výrazně silnější u praváků, ale ne tak výrazně u leváků. Obecně je dominantní končetina silnější než nedominantní a muži jsou silnější než ženy. Výsledky studií ukazují významný statistický vztah mezi silou stisku ruky a pohlavím, tělesnou váhou a výškou, délkou ruky, šířkou ruky, obvodem ruky

a obvodem zápěstí. Bylo zjištěno, že síla stisku ruky s věkem roste do asi 45 let a poté s rostoucím věkem klesá.

V poslední části jsme se zabývali silou stisku ruky a vzdálenostmi stiskanych ploch. Byly sem zařazeny články týkající se velikosti síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskanych ploch. Obecně lze říci, že maximálních hodnot síly stisku ruky bylo dosahováno ve středních hodnotách rozpětí stiskanych ploch. Nejmenší hodnoty síly stisku ruky byly naměřeny v krajních vzdálenostech stiskanych ploch. Většina autorů uváděla jako optimální vzdálenost stiskanych ploch hodnoty v rozmezí 4,76-6,03 cm a to pro muže i ženy všech věkových kategorií. Podle některých autorů je možné určit optimální vzdálenost stiskanych ploch pro konkrétního jedince pomocí rovnice, kam se dosazuje vzdálenost špičky 1.-5. prstu při maximálně otevřené dlani. Rovnice jsou určeny pro děti ve věku 6-12 let, adolescenty obou pohlaví a dospělé ženy. U mužů podle těchto autorů neexistuje vztah mezi maximálním rozpětím ruky, silou stisku ruky a vzdáleností stiskanych ploch a byla jim experimentálně určena fixní hodnota vzdálenosti stiskanych ploch 5,5 cm.

Z výše uvedeného plyne, že síla stisku ruky je důležitým faktorem ovlivňujícím funkční schopnosti zdravých i nemocných osob. Umožňuje předpovědět riziko disability a mortality lidí v následujících letech. Je důležitým objektivním ukazatelem pokroků při terapii ruky a různých dalších onemocnění.

Vzhledem k velké šíři využitelnosti síly stisku ruky v celé řadě oborů a vzhledem k nesourodosti některých výsledků předložených studií jsme dospěli k závěru, že by bylo vhodné zabývat se silou stisku ruky podrobněji. V této práci se pokusíme najít optimální vzdálenost stiskanych ploch pro produkci maximální síly stisku ruky pro soubor měřených osob a zjistit, jestli existuje vztah mezi touto optimální vzdáleností stiskanych ploch a vybranými antropometrickými charakteristikami probandů.

4. CÍLE A ÚKOLY

4.1 Cíle

Cílem práce je:

- 1) Hledat vztahy mezi vybranými antropometrickými charakteristikami testovaných osob a silou stisku ruky při různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru.
- 2) Stanovit optimální hodnotu vzdálenosti stiskáných ploch dynamometru pro měření síly stisku ruky u souboru dospělých osob (mužů).

4.2 Úkoly

Úkoly práce jsou:

- 1) Teoreticky prostudovat problematiku síly stisku ruky a seznámit se s teoretickými i praktickými problémy metodologie měření síly stisku a měření vybraných antropometrických charakteristik testovaných osob.
- 2) Připravit a zorganizovat měření u souboru dospělých osob - mužů různého profesního zaměření.
- 3) Statisticky zhodnotit výsledky měření.
- 4) Celou problematiku zpracovat ve formě diplomové práce.

5. HYPOTÉZY

Hypotézy práce jsou:

Hypotéza 1: Předpokládáme, že existuje významná závislost mezi vzdálenostmi stiskáných ploch dynamometru a velikostí síly stisku ruky.

Hypotéza 2: Předpokládáme, že existuje významný vztah mezi antropometrickými rozměry ruky a silou stisku.

Definice závisle a nezávisle proměnných:

Mezi nezávisle proměnné řadíme antropometrické charakteristiky testovaných osob a vzdálenosti stiskáných ploch nastavované na dynamometru.

Mezi závisle proměnné řadíme naměřenou sílu stisku ruky testovaných osob.

6. METODA

6.1 Měřený soubor osob

Výzkumu se zúčastnilo 35 zdravých mužů bez jakéhokoliv postižení či onemocnění horních končetin. Ze studie byli vyloučeni účastníci s onemocněním nebo jakýmkoliv jiným postižením horní končetiny, stejně jako probandi, kteří měli v uplynulých 3 letech zranění ruky v anamnéze a nedosáhli plného uzdravení končetiny. Všichni účastníci studie měli pravostrannou dominanci ruky. Celkový soubor ($n = 35$) testovaných osob ve věku 18-45 let jsme rozdělili do tří skupin podle profesního zaměření:

- studenti ($n = 13$; věk 18-23 let, průměrný věk $19,08 \pm 1,6$ let; průměrná tělesná výška $181 \pm 6,5$ cm; průměrná tělesná hmotnost $74,5 \pm 15,4$ kg).
- úředníci ($n = 12$, věk 28-45 let, průměrný věk $40,08 \pm 5,4$ let; průměrná tělesná výška $185 \pm 7,1$ cm; průměrná tělesná hmotnost $87,4 \pm 14,6$ kg).
- hasiči ($n = 10$, věk 28-45 let, průměrný věk $36,7 \pm 6,5$ let; průměrná tělesná výška $183 \pm 5,9$ cm; průměrná tělesná hmotnost $89,1 \pm 9,8$ kg).

Celkový soubor ($n = 35$; věk 18-45 let, průměrný věk $31,3 \pm 10,7$ let; průměrná tělesná výška $183 \pm 6,6$ cm; průměrná tělesná hmotnost $83,1 \pm 14,9$ kg).

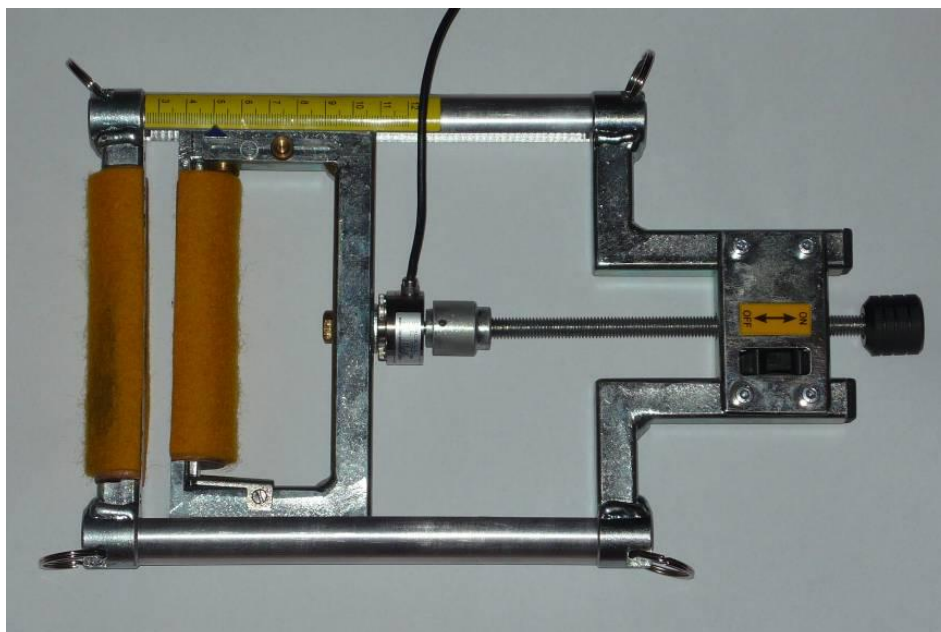
6.2 Použitá měřicí aparatura

Dynamometr

K měření síly stisku byl použit dynamometr vyrobený katedrou biomechaniky Univerzity Palackého v Olomouci (Obrázek 16). Jedná se o dynamometr s paralelním uložením rukojetí a nastavitelnou vzdáleností rukojetí v rozmezí 4-12 cm.

Měřicí jednotka sestávala z hliníkové konstrukce tvaru převráceného písmene L, která se dvěma šrouby připevnila k desce stolu (Obrázek 17). Na její horní rameno se do potřebné výšky pomocí řetězu připevnil dynamometr. Ten byl pomocí kabelu spojen s A/D převodníkem, který byl připojen do USB portu PC. Závěs dynamometru na konstrukci eliminoval vliv váhy dynamometru na zapojení stabilizačních svalů ruky.

Před každým měřením byl dynamometr přes počítač vynulován. Následoval maximální stisk probanda, při kterém se na obrazovce počítače zobrazoval graf aktuální velikosti síly v závislosti na čase. Tento graf se spolu s maximální naměřenou hodnotou síly stisku ruky uložil do paměti počítače.



Obrázek 16. Dynamometr vyrobený katedrou biomechaniky UP v Olomouci



Obrázek 17. Měřicí jednotka

6.3 Měření antropometrických charakteristik

Každé testované osobě byly změřeny vybrané antropometrické charakteristiky, které byly rozděleny na charakteristiky délkové, obvodové, šířkové a tělesnou váhu a výšku (Tabulka 2).

Tabulka 2. Měřené antropometrické charakteristiky testovaných osob

Délkové charakteristiky		Charakteristiky robusticity	
	Zkratka	Šířkové charakteristiky	Zkratka
Délka prvního prstu	D1P	Šířka ruky	SRU
Délka druhého prstu	D2P	Šířka zápěstí	SZA
Délka třetího prstu	D3P	Obvodové charakteristiky	
Délka čtvrtého prstu	D4P	Obvod ruky	ORU
Délka pátého prstu	D5P	Obvod zápěstí	OZA
Délka ruky	DRU	Obvod pěsti	OPE
Délka předloktí	DPR		
Délka paže	DPA	Tělesná hmotnost	THM
Tělesná výška	TVY		

Mezi délkové charakteristiky byly zařazeny tyto délky:

- Délka prvního až pátého prstu od baze proximálního phalangu po špičku prstu.
- Délka ruky od středu zápěstí (střed os capitatum) po špičku 3. prstu.
- Délka předloktí od olekranonu po processus styloideus radii.
- Délka paže od akromionu po laterální epicondylus humeru.

Mezi obvodové charakteristiky byly zařazeny tyto obvody:

- Obvod ruky měřený přes hlavičky metakarpů druhého až pátého prstu.
- Obvod pěsti měřený přes metakarpophalangeální klouby ruky při držení ruky v pěst tak, že dlaňová strana palce je přitížena k laterální straně proximálního phalangu druhého prstu.
- Obvod zápěstí měřený přes processus styloideus radii et ulnae.

Mezi šířkové charakteristiky byly zařazeny tyto šířky:

- Šířka ruky měřená přes hlavičky druhého až pátého metakarpu.
- Šířka zápěstí měřená od processus styloideus radii po processus styloideus ulnae.

Zvláštní kategorii tvořila tělesná váha a výška testovaných osob. Kdy váha byla měřena na digitální váze s přesností na 100 g a výška na nástěnném měřidle s přesností na centimetr. Šířkové charakteristiky a délky prvního až pátého prstu byly měřeny posuvným digitálním měřidlem s přesností na 0,02 mm. Obvodové a zbylé délkové charakteristiky byly měřeny ocelovým centimetrem s přesností na milimetry. Hmotnost, šířkové a obvodové charakteristiky ruky můžeme označit jako charakteristiky robusticity.

6.4 Průběh a organizace měření

Informační část

Před měřením byly všem účastníkům studie poskytnuty všechny potřebné informace ohledně vlastního měření i ohledně cíle a účelu výzkumu. Všichni zúčastnění podepsali před vlastním vyšetřením informovaný souhlas, kde potvrdili, že se výzkumu účastní dobrovolně a zavázali se, že nebudou za svoji účast vyžadovat žádnou finanční či jinou odměnu. Jedinou odměnou jim budou informace o vlastní síle stisku a antropometrických charakteristikách a po dokončení výzkumu budou informováni o výsledcích měření a jeho závěrech. Zároveň byli ujištěni, že kdykoliv v průběhu měření mohou z výzkumu odstoupit bez udání důvodu, aniž by byli jakkoliv sankciováni.

Každý účastník studie byl s testující osobou v místnosti sám, aby bylo zamezeno ať už pozitivnímu či negativnímu vlivu okolí. Byly mu sděleny informace ohledně měření antropometrických charakteristik i měření s dynamometrem. Součástí informační části byla i demonstrace pozice těla u konstrukce s dynamometrem a úchopu dynamometru, stejně jako ukázka výstupního grafu a jeho slovní popis.

Měření antropometrických charakteristik

Při měření délkových, obvodových a šířkových charakteristik ruky testované osoby seděly na židli s odhalenou měřenou horní končetinou. Při vážení byly měřené osoby bosy, oděny v tričku a kalhotách. Při měření výšky se probandí bosí postavili zády ke stěně tak, že se patami, hýžděmi, lopatkami a temenem hlavy dotýkali zdi.

Měření síly stisku ruky

Měření probíhalo po dobu tří dnů a to vždy mezi 9. hodinou dopolední a 14. hodinou odpolední pro eliminaci rizika zkreslení hodnot vlivem denní doby.

Měření síly na dynamometru předcházela třiminutová rozcvička. Proband si pod vedením testujícího procvičil ramenní i loketní klouby a zápěstí. Poté dostal gumový posilovací kroužek, který ve zbytku času několikrát zmáčkl (Obrázek 18).



Obrázek 18. Posilovací kroužky.

Po rozcvičení zaujal proband polohu ve stoji subjektivně vnímanou jako nejstabilnější. Rameno držel v addukci a v neutrální poloze vůči rotacím. Loket měl ohnut v 90 stupňové flexi, předloktí ve střední pozici mezi supinací a pronací. Polohu zápěstí si proband určil sám tak, aby mu byla pohodlná. Této poloze byla potom přizpůsobena výška závěsu dynamometru. Proband jej uchopil do ruky a vyzkoušel, jestli toto nastavení vnímá jako přirozené. Poté se na volně visícím dynamometru nastavila potřebná vzdálenost stiskáných ploch a pomocí počítače se vynuloval. Na povel testující osoby proband uchopil dynamometr, vyvinul maximální volní isometrickou kontrakci po dobu 3-5 s. a dynamometr pustil. Následovala minutová pauza na odpočinek pro eliminaci faktoru únavy probanda a po ní druhý pokus, přičemž obě hodnoty byly zaznamenány (pokud byl rozdíl hodnot větší než 8 %, opakovalo se měření na téže vzdálenosti stiskáných ploch ještě jednou). Opět následovala minutová pauza, během které byl dynamometr nastaven do další polohy a vynulován. Tímto způsobem se pokračovalo do doby, dokud se nevyčerpalo všech šest poloh dynamometru.

Vzdálenost stiskáných ploch se nastavovala od 40 mm po 75 mm a to vždy po 7 mm. Měření tedy probíhalo na vzdálenostech 40 mm, 47 mm, 54 mm, 61 mm, 68 mm a 75 mm. U prvního probanda se začínalo na vzdálenosti 40 mm, u druhého na vzdálenosti 47 mm atd. Sedmý proband opět začínal na vzdálenosti 40 mm. Tento postup nazýváme principem

latinského čtverce s šesti prvky. Aplikací latinského čtverce eliminujeme vliv únavy na měřenou sílu stisku v různých vzdálenostech stiskáných ploch. Měřila se vždy jen dominantní horní končetina.

Během testování byly testované osoby slovně povzbuzovány. Po ukončení měření se mohly podívat na záznamy své síly stisku a vznést dotazy týkající se naměřených hodnot.

6.5 Statistika

Ke statistickému hodnocení dat byly použity následující statistické metody:

- výpočet základních statistických charakteristik,
- test normality rozložení měřených dat,
- párový t-test,
- Pearsonův korelační koeficient,
- ANOVA pro opakovaná měření.

7. VÝSLEDKY

Statisticky zpracované výsledky měření jsou rozděleny do 3 částí:

- 1) Základní statistické charakteristiky, normalita rozložení dat a reliabilita.
- 2) Rozdíly mezi silou stisku v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru.
- 3) Vztah mezi silou stisku ruky a antropometrickými charakteristikami testovaných osob.

7.1 Základní statistické charakteristiky, normalita rozložení dat a reliabilita

Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky

Základní statistické charakteristiky							
Proměnná	\bar{x}	s	MIN	MAX	VAR	K - S	
Věk	31,31	10,69	18,00	45,00	34,14	p> 0,20	
Tělesná výška	1,83	0,07	1,70	1,98	3,62	p> 0,20	
Tělesná váha	83,09	14,94	57,00	122,00	17,98	p> 0,20	
ANTROPOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY HK	D1P	63,85	5,19	50,10	74,80	8,13	p> 0,20
	D2P	86,26	5,98	77,00	105,00	6,93	p> 0,20
	D3P	96,66	5,26	85,50	111,00	5,44	p> 0,20
	D4P	93,23	5,11	83,10	107,00	5,48	p> 0,20
	D5P	73,21	4,45	63,60	82,60	6,08	p> 0,20
	DRU	208,43	13,09	183,00	240,00	6,28	p> 0,20
	DPR	281,60	18,47	241,00	342,00	6,56	p> 0,20
	DPA	339,77	23,14	293,00	395,00	6,81	p> 0,20
	SRU	88,29	5,40	75,60	105,00	6,12	p> 0,20
	SZA	59,88	4,31	51,40	70,60	7,19	p> 0,20
	ORU	214,51	14,15	177,00	245,00	6,60	p> 0,20
	OZA	177,30	13,51	150,00	210,00	6,62	p> 0,20
OPE	290,86	20,34	240,00	335,00	6,99	p> 0,20	

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr VAR - variační koeficient
s - směrodatná odchylka K - S - Kolmogorov - Smirnov
MIN - nejnižší hodnota MAX - nejvyšší hodnota

Základní statistické charakteristiky měřených proměnných poskytují celkový obraz o rozložení měřených proměnných a ve všech případech potvrzují normalitu rozložení experimentálních dat (Tabulka 3).

Měření síly stisku ruky je testem maximální volní svalové kontrakce. U každého testu je nutno stanovit reliabilitu měření. Výsledky analýzy reliability jednoznačně prokázaly její vysokou úroveň (Tabulka 4). Ve všech případech byly zjištěny hodnoty koeficientu reliability $rtt = 0,99$.

Tab. 4. Reliabilita síly

Reliabilita síly						
Proměnná	Pokus	\bar{x}	s	IdI	Párový t-test	rtt
S40	1	386,92	85,95	0,07	0,97	0,99
	2	386,85	82,45			
S47	1	487,56	102,05	1,14	0,71	0,99
	2	486,42	104,81			
S54	1	492,27	100,47	2,35	0,30	0,99
	2	489,92	96,59			
S61	1	484,95	92,67	10,87	0,00	0,99
	2	474,08	91,36			
S68	1	467,34	96,82	5,78	0,06	0,99
	2	461,56	89,73			
S75	1	439,38	91,20	4,25	0,10	0,99
	2	435,13	91,02			

Vysvětlivky: S40-S75 - síla stisku v příslušných vzdálenostech stiskáných ploch

\bar{x} - aritmetický průměr

s - směrodatná odchylka

IdI - absolutní hodnota rozdílů hodnot prvního a druhého pokusu

rtt - re t-test

7.2 Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru

Rozdíly mezi silou stisku ve vztahu ke vzdálenostem stiskáných ploch budou prezentovány na úrovni celého souboru a na úrovni dílčích souborů rozdělených dle profesního zaměření testovaných osob.

7.2.1. Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru pro celý soubor

Tabulka 5. Významnost rozdílu hodnot síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru u celého měřeného souboru

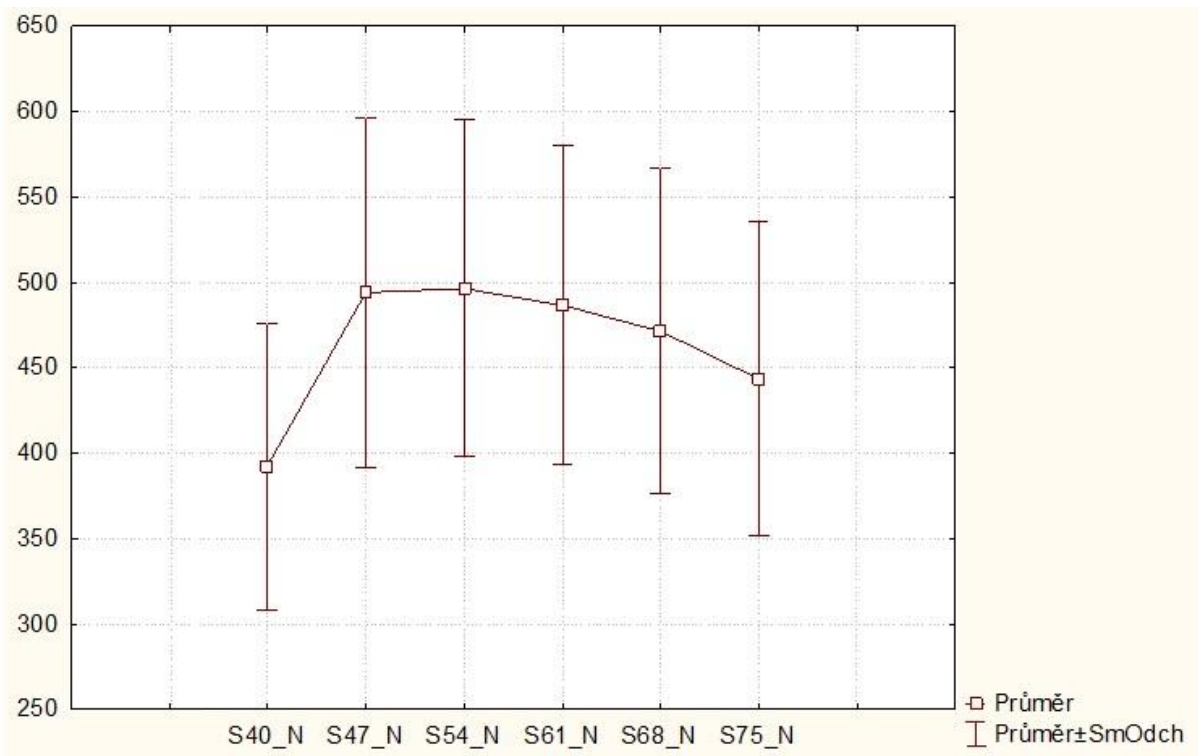
Pořadové číslo	Šířka úchopu (mm)	Síla stisku (N)		Statistická významnost rozdílů				
		\bar{x}	s	1	2	3	4	5
1	40	392,29	83,80					
2	47	494,05	102,47	**				
3	54	496,33	98,63	**	-			
4	61	486,47	93,45	**	-	-		
5	68	471,57	95,39	**	-	-	-	
6	75	443,64	91,79	**	**	**	**	*
* p < 0,05; ** p < 0,01								

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr

s - směrodatná odchylka

Rozdíly mezi silou stisku ruky celého souboru ve vztahu ke vzdálenostem stiskáných ploch prokázaly významnou statistickou závislost pouze mezi nejmenší vzdáleností stiskáných ploch (40 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi a mezi největší vzdáleností (75 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi stiskáných ploch (Tabulka 5). Mezi vzdálenostmi stiskáných ploch 47-68 mm nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

V grafickém vyjádření lze vizuálně posoudit uvedené statistické nálezy (Graf 2). Výrazně nejnižší hodnota síly stisku byla naměřena při nejmenší vzdálenosti stiskáných ploch, která se odlišuje od všech ostatních.



Graf 2. Graf závislosti síly stisku ruky (N) na vzdálenosti stiskáných ploch u celého souboru

7.2.2 Rozdíly mezi silou stisku ruky v různých vzdálenostech úchopových ploch dynamometru pro jednotlivé profesní skupiny

Profesní skupina úředníci

Tabulka 6. Významnost rozdílu hodnot síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru u profesní skupiny úředníků

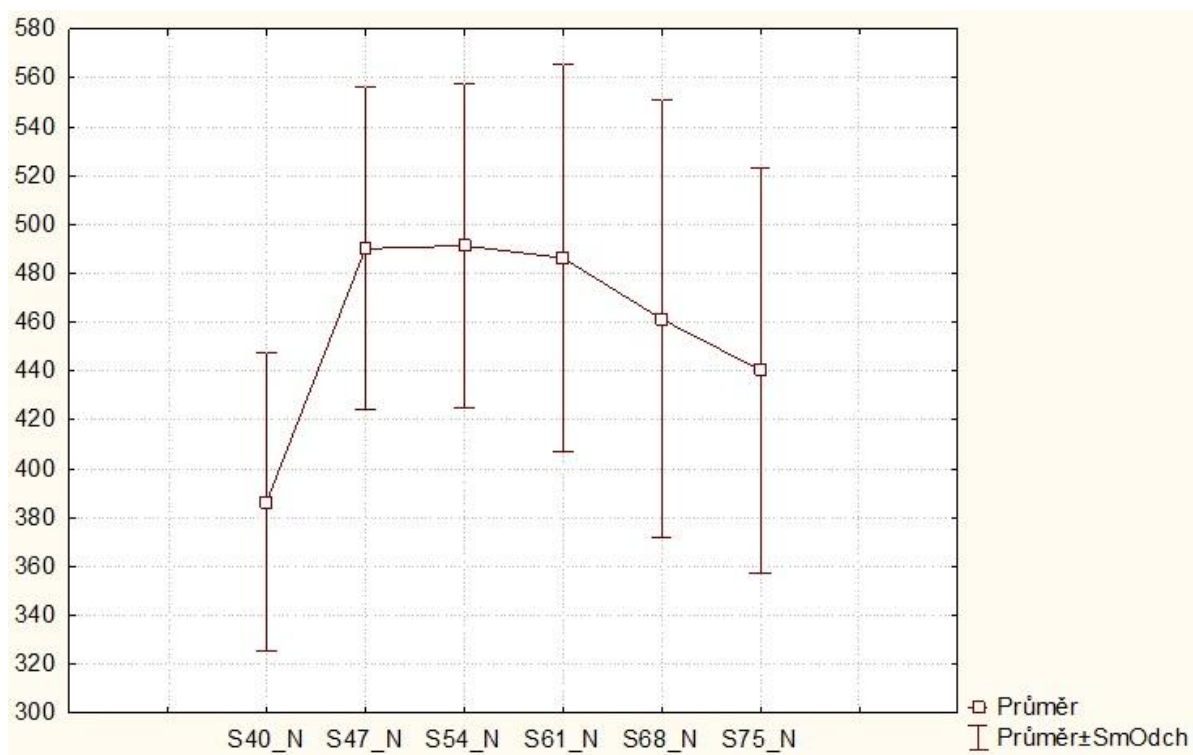
Pořadové číslo	Šířka úchopu (mm)	Síla stisku (N)		Statistická významnost rozdílů				
		\bar{x}	s	1	2	3	4	5
1	40	386,48	61,17					
2	47	490,13	66,15	**				
3	54	491,34	66,54	**	-			
4	61	486,34	79,35	**	-	-		
5	68	461,30	89,68	**	-	-	-	
6	75	440,38	83,05	*	*	*	-	-

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr
s - směrodatná odchylka

Rozdíly mezi silou stisku ruky profesní skupiny úředníků ve vztahu ke vzdálenostem stiskáných ploch prokázaly významnou statistickou závislost pouze mezi nejmenší vzdáleností stiskáných ploch (40 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi a mírnou závislost mezi největší vzdáleností (75 mm) a první až třetí vzdáleností stiskáných ploch (Tabulka 6). Mezi vzdálenostmi stiskáných ploch 47-68 mm nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly stejně jako mezi největší vzdáleností (75 mm) a čtvrtou (61 mm) a pátou (68 mm) vzdáleností stiskáných ploch.

V grafickém vyjádření lze vizuálně posoudit uvedené statistické nálezy (Graf 3). Výrazně nejnižší hodnota síly stisku byla naměřena při nejmenší vzdálenosti stiskáných ploch, která se odlišuje od všech ostatních.



Graf 3. Graf závislosti síly stisku ruky (N) na vzdálenosti stiskáných ploch u profesní skupiny úředníků

Profesní skupina studenti

Tabulka 7. Významnost rozdílu hodnot síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch u profesní skupiny studentů

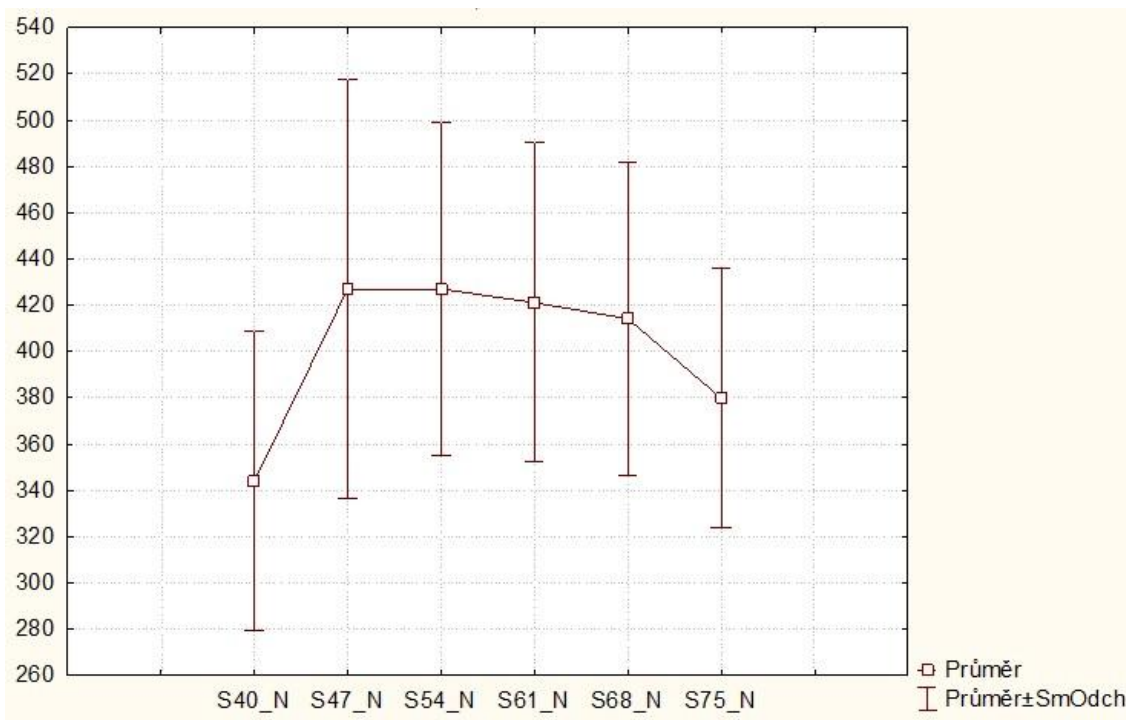
Pořadové číslo	Šířka úchopu (mm)	Síla stisku (N)		Statistická významnost rozdílů				
		\bar{x}	s	1	2	3	4	5
1	40	343,88	64,70					
2	47	426,99	90,38	**				
3	54	427,05	71,96	**	-			
4	61	421,19	69,07	**	-	-		
5	68	414,18	67,43	**	-	-	-	
6	75	379,9	55,96	-	**	**	*	-
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$								

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr

s - směrodatná odchylka

Rozdíly mezi silou stisku ruky profesní skupiny studentů ve vztahu ke vzdálenostem stiskáných ploch prokázaly významnou statistickou závislost pouze mezi nejmenší vzdáleností stiskáných ploch (40 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi kromě vzdálenosti největší (75 mm) a mezi největší vzdáleností (75 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi stiskáných ploch kromě vzdálenosti nejmenší (40 mm) a páté největší (68 mm), (Tabulka 7). Mezi vzdálenostmi stiskáných ploch 47-68 nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

V grafickém vyjádření lze vizuálně posoudit uvedené statistické nálezy (Graf 4). Výrazně nejnižší hodnota síly stisku byla naměřena při nejmenší vzdálenosti stiskáných ploch, která se odlišuje od všech ostatních.



Graf 4. Graf závislosti síly stisku ruky (N) na vzdálenosti stiskanych ploch u profesní skupiny studentů

Profesní skupina hasiči

Tabulka 8. Významnost rozdílu hodnot síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskanych ploch u profesní skupiny hasičů

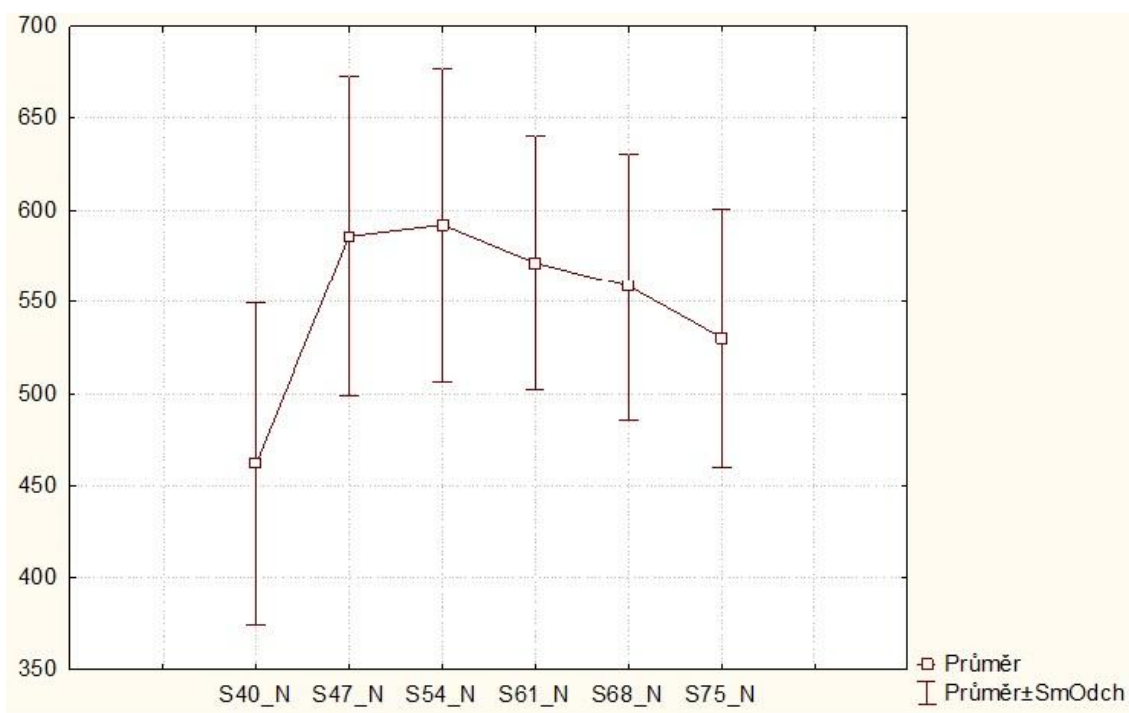
Pořadové číslo	Šířka úchopu (mm)	Síla stisku (N)		Statistická významnost rozdílů				
		\bar{x}	s	1	2	3	4	5
1	40	462,21	86,67					
2	47	585,94	86,78	**				
3	54	592,39	84,96	**	-			
4	61	571,48	68,91	**	-	-		
5	68	558,51	72,04	**	-	-	-	
6	75	530,42	70,53	*	-	-	-	-

* p < 0,05; ** p < 0,01

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr
s - směrodatná odchylka

Rozdíly mezi silou stisku ruky profesní skupiny hasičů ve vztahu ke vzdálenostem stiskáných ploch prokázaly významnou statistickou závislost pouze mezi nejmenší vzdáleností stiskáných ploch (40 mm) a všemi ostatními vzdálenostmi stiskáných ploch (Tabulka 8). Mezi vzdálenostmi stiskáných ploch 47-75 mm nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

V grafickém vyjádření lze vizuálně posoudit uvedené statistické nálezy (Graf 5). Výrazně nejnižší hodnota síly stisku byla naměřena při nejmenší vzdálenosti stiskáných ploch, která se odlišuje od všech ostatních.



Graf 5. Graf závislosti síly stisku ruky (N) na vzdálenosti stiskáných ploch u profesní skupiny hasičů

7.2.3 Rozdíly v antropometrických rozměrech jednotlivých profesních skupin.

Výsledky z předchozích částí ukázaly určité diference mezi jednotlivými profesními skupinami. Zajímá nás, zda se liší hodnoty měřených antropometrických charakteristik mezi jednotlivými profesními skupinami.

Analýza rozdílu hodnot měřených antropometrických charakteristik ve vztahu k jednotlivým profesním skupinám prokázaly statistickou významnost u obvodových charakteristik ruky a věku (Tabulka 10 a 11). U délkových charakteristik ruky nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly (Tabulka 9). Hodnoty délkových antropometrických charakteristik ruky se ale u jednotlivých profesních skupin liší. Velmi blízké jsou si hodnoty

délek prstů profesionálních hasičů a úředníků, oproti kterým jsou hodnoty těchto charakteristik studentů ve všech vzdálenostech nižší. U délky ruky, předloktí a paže dosahují nejvyšších hodnot úředníci, oproti kterým jsou hodnoty těchto charakteristik hasičů a studentů nižší, přičemž studenti mají tyto hodnoty nejnižší.

Tabulka 9. Významnost rozdílu hodnot antropometrických délek ruky jednotlivých profesních skupin

Pořadové číslo	Proměnná	Soubor	\bar{x}	s	p	
					Hasiči	Studenti
1	D1P	Hasiči	65,37	3,81		
		Studenti	61,39	4,84	-	
		Úředníci	65,26	5,87	-	-
2	D2P	Hasiči	86,89	5,52		
		Studenti	84,22	4,91	-	
		Úředníci	87,94	7,13	-	-
3	D3P	Hasiči	98,05	6,73		
		Studenti	94,45	4,09	-	
		Úředníci	97,91	4,56	-	-
4	D4P	Hasiči	93,66	5,34		
		Studenti	91,12	4,78	-	
		Úředníci	95,17	4,77	-	-
5	D5P	Hasiči	73,63	4,81		
		Studenti	71,56	3,14	-	
		Úředníci	74,65	8,1	-	-
6	DRU	Hasiči	205,7	14,2		
		Studenti	204,7	10,9	-	
		Úředníci	213,58	13,82	-	-
7	DPR	Hasiči	277,9	10,8		
		Studenti	273,85	14,19	-	
		Úředníci	293,08	22,63	-	*
8	DPA	Hasiči	340,8	22,09		
		Studenti	332,54	21,8	-	
		Úředníci	346,75	24,93	-	-
* p < 0,05; ** p < 0,01						

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr

DRU - délka ruky

s - směrodatná odchylka

DPR - délka předloktí

DPA - délka paže

DIP-D5P - délka prvního až pátého prstu

Rozdíly mezi šířkovými a obvodovými antropometrickými charakteristikami ruky a tělesnou výškou, váhou a věkem ve vztahu k jednotlivým profesním skupinám v některých bodech prokázaly statistickou významnost (Tabulka 10 a 11). U šířkových charakteristik ruky je na 5 % hladině významnosti rozdíl mezi profesní skupinou studentů a hasičů. U obvodových charakteristik a věku jsou rozdíly statisticky významnější. U obvodu ruky je na 5 % hladině významnosti rozdíl hodnot mezi profesní skupinou studentů a hasičů. U obvodu zápěstí je na 5 % hladině významnosti rozdíl hodnot mezi profesní skupinou studentů a hasičů a profesní skupinou studentů a úředníků. U obvodu pěsti a u věku jsou shodně statisticky významné rozdíly hodnot mezi profesní skupinou studentů a hasičů a profesní skupinou studentů a úředníků a to v obou případech na 1 % hladině významnosti. Mezi tělesnou hmotností stejně jako mezi tělesnou výškou profesních skupin nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly.

Tabulka 10. Významnost rozdílu šířkových a obvodových antropometrických charakteristik ruky jednotlivých profesních skupin

Pořadové číslo	Proměnná	Soubor	\bar{x}	s	p	
					Hasiči	Studenti
1	SRU	Hasiči	91,17	2,87		
		Studenti	85,88	5,35	-	
		Úředníci	88,48	6,15	-	-
2	SZA	Hasiči	61,85	1,99		
		Studenti	57,46	3,89	*	
		Úředníci	60,85	5,11	-	-
3	ORU	Hasiči	223	9,91		
		Studenti	206,08	13,62	*	
		Úředníci	216,58	13,49	-	-
4	OZA	Hasiči	183,5	8,89		
		Studenti	168,31	12,96	*	
		Úředníci	181,92	12,74	-	*
5	OPE	Hasiči	305,8	12,08		
		Studenti	274,38	18,19	-	
		Úředníci	296,25	15,6	**	**
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$						

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr

SRU - délka ruky

s - směrodatná odchylka

SZA - šířka zápěstí

ORU - obvod ruky

OZA - obvod zápěstí

OPE - obvod pěsti

Tabulka 11. Významnost rozdílu věku, tělesné hmotnosti a výšky jednotlivých profesních skupin

Pořadové číslo	Proměnná	Soubor	\bar{x}	s	p	
					Hasiči	Studenti
1	THM	Hasiči	89,10	9,77		
		Studenti	74,46	15,38	-	
		Úředníci	87,42	14,59	-	-
2	TVY	Hasiči	1,83	0,06		
		Studenti	1,81	0,065	-	
		Úředníci	1,85	0,07	-	-
3	VĚK	Hasiči	36,7	6,46		
		Studenti	19,08	1,61	**	
		Úředníci	40,08	5,38	-	**
* p < 0,05; ** p < 0,01						

Vysvětlivky: \bar{x} - aritmetický průměr

THM - tělesná hmotnost

TVY - tělesná výška

s - směrodatná odchylka

7.2.4 Rozdíly v síle stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch u jednotlivých profesních skupin.

Výsledky z předchozích částí ukázaly určité diference mezi jednotlivými profesními skupinami. Zajímá nás, zda a jak se liší síla stisku ruky v měřených vzdálenostech stiskáných ploch mezi jednotlivými profesními skupinami.

Analýza rozdílu síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch poskytuje jednoznačný obraz o dominanci síly stisku profesionálních hasičů (Tabulka 12). Hasiči se jednoznačně liší ve všech měřených polohách od studentů a úředníků. U studentů je rozdíl na 1 % hladině významnosti a u úředníků pouze na 5 % hladině významnosti. Mezi studenty a úředníky nebyly zjištěny statisticky významné diference, přestože všechny hodnoty měřené u úředníků jsou vyšší než hodnoty měřené u studentů.

Tabulka 14. Korelace tělesné výšky a hmotnosti k síle ve všech měřených vzdálenostech stiskáných ploch

Korelace tělesné výšky (TVY) a hmotnosti (THM) k síle ve všech měřených vzdálenostech stiskáných ploch		
Vzdálenost stiskáných ploch (mm)	TVY	THM
40	0,25	0,52**
47	0,29	0,56**
54	0,24	0,55**
61	0,29	0,56**
68	0,33	0,61**
75	0,34*	0,58**
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$		

Výsledky korelace antropometrických charakteristik ruky k síle stisku ruky ve všech měřených vzdálenostech stiskáných ploch ukazuje výraznou korelaci šířky ruky a zápěstí a obvodu ruky, zápěstí a pěsti se silou stisku ruky ve všech vzdálenostech stiskáných ploch a to na 1 % hladině významnosti (Tabulka 15). Nacházíme statisticky významnou korelaci délky prvního až třetího prstu ruky se silou stisku v nejmenších vzdálenostech stiskáných ploch. Tato korelace se zvyšuje s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch. Obecně u délkových charakteristik ruky platí, že s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch se zvyšuje i jejich hodnota korelace k síle stisku ruky.

Tabulka 15. Korelace antropometrických rozměrů ruky k síle ve všech měřených vzdálenostech stiskáných ploch

Korelace antropometrických rozměrů ruky k síle ve všech měřených vzdálenostech stiskáných ploch						
	S40	S47	S54	S61	S68	S75
D1P	0,38*	0,46**	0,40*	0,40*	0,47**	0,56**
D2P	0,37*	0,43*	0,40*	0,47**	0,58**	0,61**
D3P	0,39*	0,40*	0,38*	0,41*	0,54**	0,59**
D4P	0,25	0,31	0,3	0,3	0,43*	0,53**
D5P	0,35*	0,27	0,31	0,31	0,42*	0,41*
DRU	0,34*	0,38*	0,32	0,35*	0,43*	0,43*
DPR	0,15	0,19	0,19	0,21	0,22	0,28
DPA	0,28	0,32	0,31	0,35*	0,38*	0,47**
SRU	0,56**	0,65**	0,58**	0,62**	0,72**	0,68**
SZA	0,41*	0,49**	0,49**	0,53**	0,60**	0,61**
ORU	0,60**	0,65**	0,63**	0,66**	0,72**	0,70**
OZA	0,51**	0,57**	0,57**	0,57**	0,65**	0,67**
OPE	0,65**	0,69**	0,67**	0,71**	0,72**	0,75**
* p < 0,05; ** p < 0,01						

Vysvětlivky: DRU - délka ruky DPR - délka předloktí
DPA - délka paže SRU - délka ruky
SZA - šířka zápěstí ORU - obvod ruky
OZA - obvod zápěstí OPE - obvod pěsti
DIP-D5P - délka prvního až pátého prstu
S40-S75 - síla stisku v měřených vzdálenostech stiskáných ploch

8. DISKUSE

Testování síly stisku ruky je oblíbenou metodou hodnocení užívanou v celé řadě klinických oborů. Jedná se o rychlé, jednoduše proveditelné, spolehlivé a dobře zaznamatelné měření.

Měření síly stisku ruky je důležité v rehabilitaci ruky. Určuje pacientovy limity, ukazuje případná zlepšení nebo zhoršení během terapie. Sílu stisku ruky ovlivňuje celá řada faktorů, mezi které patří motivace testované osoby, poloha, ve které se síla stisku měří, věk, pohlaví, tělesná váha a výška, některé antropometrické charakteristiky horní končetiny, vzdálenost stiskáných ploch dynamometru, stranová dominance, únava, bolest ruky při stisku rukojetí, omezení pohybu ruky, denní doba měření a řada dalších.

V naší práci jsme se pokusili námi ovlivnitelné faktory co nejvíce eliminovat.

Jistým problémem každého testování je motivace účastníků, která může výsledky testu značně zkreslit. V naší studii jsme měřili soubor 35 osob složený ze tří profesních skupin - profesionálních hasičů ($n = 10$), studentů ($n = 13$) a úředníků ($n = 12$). Již v průběhu měření byl patrný odlišný přístup a motivace členů jednotlivých skupin. Při měření zástupců profesionálních hasičů byla znát vysoká motivace testovaných osob. K testu síly stisku přistupovali se zájmem a brali jej jako možnost poměřit se mezi sebou navzájem. Studenti šli do testu taktéž naplno, ale nebrali jej tak vážně jako profesionální hasiči. U úředníků byl patrný jistý odstup, nedůvěra a pochybnosti o smyslu měření, které se po předání potřebných informací odstranily, ale přesto na nich nebylo patrné podobné nasazení a zájem jako u předešlých dvou skupin. I tak můžeme konstatovat, že všichni účastníci vyvinuli maximální sílu stisku na všech pozicích dynamometru. Pokud se jednotlivé pokusy na jedné vzdálenosti stiskáných ploch dynamometru od sebe lišily o více jak o 8 %, provedl proband pokus ještě jednou. Těchto třetích pokusů bylo v průběhu celého měření pouze 23, což je vzhledem k celkovým 420 pokusům (35 probandů krát 6 vzdáleností stiskáných ploch krát 2 měření v každé vzdálenosti) pokusům zanedbatelné množství. Podle Bechtola (1954) platí, že pokud proband nevyvine maximální úsilí, bude se hodnota maximálního stisku při opakovaném testu lišit o více jak 10 %, což se v námi naměřených hodnotách síly stisku stalo pouze 23 krát.

Názory na testovací polohu pro měření síly stisku ruky se liší. Někteří autoři doporučují měření vsedě s flektovaným loketním kloubem (Ardicoglu, Gudul, Kamanli, Kaya, & Ozgocmen, 2005; Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984; Thorngren & Werner, 1979; Crosby, Mawr, & Wehbé, 1994; Crain & Firrell, 1996), další autoři použili polohu

v sedě s extendovaným loketním kloubem (Huang, Liang, Wu, S.-F., Wu, S.-W., & Wu, Z. - T., 2009), jiní upřednostňují polohu vestoje s extendovaným loketním kloubem (Ceceli, Durukan, Erdem, Incel, & Yorgancioglu, 2002; Castillo, Gutiérrez, Mesa, & Ruiz-Ruiz, 2002; Craen, Gussekloo, Ling, Maier, Taekema, & Westendorp, 2010) nebo polohu ve stoje s flektovaným loketním kloubem (Vaverka, 1990; Vaverka & Kršková, 1994). Podle výčtu autorů je patrné, že nejčastěji používanou pozicí je pozice vsedě s flektovaným loktem, což je částečně pozice doporučovaná americkou společností American Society of Hand Therapists (ASHT). Naše měření síly stisku probíhalo v této standardní testovací poloze. ASHT doporučuje polohu vsedě na židli s rovným opěradlem, rameno testované ruky v addukci a neutrální poloze vzhledem k rotacím, loket ohnutý do pravého úhlu, předloktí ve střední poloze mezi supinací a pronací, zápěstí mezi 0-30° dorzální flexe a mezi 0-15° ulnární deviace, přičemž rameno není podpíráno zkoušejícím ani loketní opěrkou. ASHT dovoluje i testování ve stoje při zachování stejné polohy horní končetiny. Innes (1999) zjistil, že hodnoty síly stisku naměřené v poloze vsedě a v poloze ve stoje se sice statisticky neliší, ale přesto bylo dosaženo vyšších hodnot síly stisku v poloze ve stoji. Proto jsme v naší studii zvolili standardní testovací polohu horní končetiny schválenou ASHT v pozici ve stoje.

Věkovou hranici probandů jsme si určili od 18 do 45 let, tedy období největší svalové síly (Conley, Esselman, Jubrias, & Odderson, 1997; Innes, 1999; Perič, 2008). Innes (1999) říká, že síla stisku ruky roste s věkem do věku 30-45 let, kdy dosáhne vrcholu a poté s věkem pomalu klesá.

Řada vědeckých studií hledá vztah pouze mezi několika málo antropometrickými charakteristikami a silou stisku ruky. Většinou se jedná o věk, tělesnou váhu, tělesnou výšku a porovnání síly stisku ruky dle stranové dominance probanda (Dempsey, Xiao, Lei, Liang, & Lu, 2005; Foley, Guralnik, Harris, Leveille, Masaki, Rantanen, & Visser, 2002; Jensen, Kristiansen, & Solgaard, 1984; Anderson & Cowan, 1966; Thorngren & Werner, 1979; a řada dalších). Jen zřídka byl zjišťován vztah síly stisku ruky a délky dlaně nebo rozpětí ruky (Huang, Liang, Wu, S.-F., Wu, S.-W., & Wu, Z. - T., 2009; Vaverka, 1990). Tento výčet měřených antropometrických charakteristik nám přišel nedostačující, proto jsme v naší studii pojali měření antropometrických charakteristik komplexněji. Námi měřené antropometrické charakteristiky byly částečně vybrány podle Vaverky (1990) a obsahovaly 8 délkových, 2 šířkových a 3 obvodových parametry ruky plus tělesnou hmotnost, věk a výšku probanda. U všech těchto charakteristik byl zjišťován vztah k síle stisku a optimální vzdálenosti stiskávaných ploch.

Odborné články zjišťující optimální vzdálenost stiskáných ploch pro produkci maximální síly stisku ruky se ve výběru vzdáleností stiskáných ploch značně liší. Nejčastěji je používáno pět vzdáleností stiskáných ploch nastavitelných na Jamar dynamometru (2,5 cm; 3,8 cm; 5,1 cm; 6,4 cm a 7,6 cm). Výjimkou není použití vzdáleností stiskáných ploch 4,5 cm, 5,0 cm, 5,5 cm, 6,0 cm, 6,5 cm a 7,0 cm a řady dalších. V naší práci jsme zvolili takové vzdálenosti stiskáných ploch, abychom obsáhli nejčastěji používanou pozici Jamar dynamometru (2. pozice se vzdáleností stiskáných ploch 3,8 cm), ale abychom zároveň postihli změny síly stisku v kratších intervalech vzdáleností stiskáných ploch než je půl palce (1,27 cm). V naší studii se vzdálenost stiskáných ploch nastavovala od 40 mm po 75 mm a to vždy po 7 mm podle Vaverky a Krškové (1994). Měření tedy probíhalo na vzdálenostech 40 mm, 47 mm, 54 mm, 61 mm, 68 mm a 75 mm.

Faktor stranové dominance, bolesti ruky při stisku rukojetí a omezení pohybu ruky byl eliminován kritérii zahrnutí účastníků do studie. Ze studie byli vyloučeni účastníci s onemocněním nebo jakýmkoliv jiným postižením horní končetiny, stejně jako probandi, kteří měli v uplynulých 3 letech zranění ruky v anamnéze a nedosáhli plného uzdravení končetiny. Všichni účastníci studie museli mít pravostrannou dominanci ruky.

Faktor denní doby byl vyloučen tak, že měření probíhalo ve třech po sobě následujících dnech vždy mezi 9. hodinou ranní a 14. hodinou odpolední.

Kanauchi, Mura, Ogino, Owashi, Takahara a Watanabe (2005) zjistili, že při měření síly stisku bez odpočinku mezi jednotlivými pokusy dochází ke snižování síly stisku s každým následujícím pokusem. Innes (1999) uvádí, že při měření síly stisku s 1 minutovou pauzou mezi jednotlivými pokusy nedochází ke statisticky významným rozdílům hodnot síly stisku ruky v po sobě následujících pokusech. Proto jsme v naší studii použili měření s minutovým odpočinkem mezi jednotlivými pokusy k eliminaci faktoru únavy.

Innes (1999) uvádí, že specifické rozcvičení ve formě submaximálního stisku vede k následnému zvýšení síly stisku ruky. Každý účastník naší studie se proto před vlastním měřením rozcvičil pod vedením testující osoby pomocí gumových posilovacích kroužků.

Měření síly stisku ruky je testem maximální volní svalové kontrakce. U každého testu je potřeba stanovit reliabilitu měření. Vysoká reliabilita testu znamená, že při opakovaném použití testu dostaneme velmi podobné výsledky. V naší práci jsme použili krátkodobou reliabilitu měření. V naší práci bylo dosaženo vysoké reliability měření. Domníváme se, že příčinou byl postup uvedený v metodě, kdy při rozdílu hodnot o více jak 8 %, byl pokus opakován. Těchto třetích pokusů bylo ale v průběhu celého měření pouze 23, což je vzhledem k celkovým 420 (35 probandů krát 6 vzdáleností stiskáných ploch krát 2 měření v každé

vzdálenosti) pokusům zanedbatelné množství. Proto si myslíme, že reliabilita našeho měření je i naproti použité metody vysoká.

Prvním cílem naší studie bylo najít vztahy mezi vybranými antropometrickými charakteristikami testovaných osob a silou stisku ruky při různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru. Z výsledku naší studie plyne, že síla stisku ruky výrazně koreluje se šířkou ruky a zápěstí, obvodem ruky, zápěstí a pěsti a s tělesnou hmotností. Všechny tyto charakteristiky je možné zařadit pojmem parametry robusticity. Parametry robusticity v sobě zahrnují svalovou komponentu - čím větší je například obvod pěsti, tím více svalové hmoty obsahuje a tím je větší průřez svalu, který má za následek vyšší svalovou sílu.

Naopak u délkových charakteristik ruky (kromě délkových charakteristik prstů) nebyla objevena statisticky významná korelace se silou stisku ruky. Změna ale nastává u délkových charakteristik prstů. S rostoucí vzdáleností stiskáných ploch roste i význam délky prstů. Což je logické, neboť osobě s krátkými prsty se bude dynamometr s velkou vzdáleností stiskáných ploch špatně držet, natož na něm vyvíjet velká síla stisku. Naopak na malé vzdálenosti stiskáných ploch bude mít tato charakteristika malý význam. Když porovnáme korelace délek jednotlivých prstů v různých vzdálenostech stiskáných ploch, zjistíme, že s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch nám korelace roste podstatně více u prvního až třetího prstu oproti prstu čtvrtému a pátému. Tento rozdíl si vysvětlujeme tím, že k uchopování předmětů jsou anatomicky uzpůsobeny právě první tři prsty - palec, ukazovák a prostředníček, které jsou díky opozici palce schopny proti sobě vyvinout velkou sílu. Kdežto prsteníček a malíček jsou při úchopu používány pouze jako pomocné jednotky a spíše než v síle úchopu jsou nápomocny ve zvětšení kontaktní plochy s uchopovaným předmětem.

Druhým cílem naší práce bylo stanovit optimální hodnotu vzdálenosti stiskáných ploch dynamometru pro měření síly stisku ruky u souboru dospělých osob (mužů). Grafy závislosti síly stisku ruky na vzdálenosti stiskáných ploch u celého souboru i u jednotlivých profesních skupin mají tvar paraboly s jedním vrcholem. Hodnota vzdálenosti stiskáných ploch, ve které se tento vrchol nachází je u všech souborů stejná a je rovna 54 mm. Další vzdáleností stiskáných ploch, na které byly naměřeny druhé nejvyšší hodnoty síly stisku, je opět u všech souborů stejná a je rovna 47 mm. Z toho plyne, že optimální vzdálenost stiskáných ploch pro produkci maximální síly stisku pro všechny soubory bude ležet mezi těmito dvěma hodnotami a bude se blížit k jedné nebo k druhé hranici podle hodnot parametrů robusticity.

Vzhledem k získaným výsledkům nás zajímalo, zda se hodnoty měřených antropometrických charakteristik liší mezi jednotlivými profesními skupinami. Stejně tak nás zajímalo, zda se liší síla stisku ruky v měřených vzdálenostech stiskáných ploch mezi jednotlivými profesními skupinami. Z analýzy rozdílů hodnot měřených antropometrických charakteristik ve vztahu k jednotlivým profesním skupinám vyplývá statistická významnost rozdílů u obvodových charakteristik ruky a věku (Tabulka 9, 10 a 11). U délkových charakteristik ruky nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými profesními skupinami (Tabulka 9). Hodnoty délkových antropometrických charakteristik ruky se ale u jednotlivých profesních skupin liší. Obecně můžeme říct, že nejnižší hodnoty délkových, obvodových i šířkových charakteristik mají studenti, u kterých tento fakt přičítáme nízkému věku (oproti věku hasičů a úředníků) a z toho plynoucí menší fyzické vyzrálosti. Tyto výsledky se nám následně promítají do rozdílů v síle stisku v jednotlivých vzdálenostech stiskáných ploch, kde nejvyšší hodnoty síly stisku naměřili profesionální hasiči, kteří mají také ze všech skupin největší hodnoty parametrů robusticity. Nejnižší hodnoty síly stisku ruky byly ve všech polohách naměřeny u studentů, kteří měli nejmenší hodnoty parametrů robusticity.

Předpokládáme, že výše uvedené výsledky souvisí i s pracovní náplní testovaných osob a s náplní jejich volného času. Profesionální hasiči se každý den v rámci pracovní doby věnují minimálně dvě hodiny cvičení a sportovní přípravě, neboť silové schopnosti potřebují pro výkon svého povolání. Úředníci mají sedavé zaměstnání, proto jejich tělesnou zdatnost a tím i sílu může ovlivnit jedině náplň jejich volného času. Většina z nich do dotazníků uvedla rekreační sport, převážně cyklistiku a turistiku. Tyto sporty sílu stisku ruky výrazně neovlivňují. U studentů po většinu dne taktéž převažují sedavé činnosti. V dotaznících na volný čas uváděli převážně cyklistiku, kolektivní sporty a plavání. Opět se nejedná o činnosti, které by výrazně ovlivnily sílu stisku ruky. Předpokládáme, že u studentů hraje významnou roli fyzická „nevyzrálost“. Podle Bechtola (1954) síla roste s věkem do věku 30-45 let, kdy dosáhne vrcholu a poté s věkem klesá. Úředníci i hasiči měli podstatně vyšší průměrný věk oproti studentům. Průměrný věk hasičů byl 36,7 let, úředníků 40,1 let a studentů pouze 19,1 let.

Z výše uvedeného vyplývá, že existuje významná závislost mezi vzdálenostmi stiskáných ploch dynamometru a velikostí síly stisku ruky. Nejvyšší síly stisku bylo dosaženo ve vzdálenostech 47 mm a 54 mm. Z toho plyne, že optimální vzdálenost stiskáných ploch pro daný soubor měřených osob bude ležet mezi těmito dvěma hodnotami a bude se blížit k jedné nebo druhé hraniční hodnotě podle hodnot parametrů robusticity. Z výsledků totiž

dále vyplývá, že existuje významný vztah mezi antropometrickými rozměry ruky a silou stisku ruky. Síla stisku ruky výrazně koreluje s šířkou ruky a zápěstí, obvodem ruky, zápěstí a pěsti a tělesnou hmotností. Tyto charakteristiky zastřešujeme pojmem parametry robusticity. Tímto byly potvrzeny obě námi vytvořené hypotézy. Výsledky měření bylo potvrzeno, že existuje významná závislost mezi vzdálenostmi stiskáných ploch dynamometru a velikostí síly stisku ruky. Z výsledků studie plyne, že existuje významný vztah mezi antropometrickými rozměry ruky a silou stisku.

Sílu stisku ruky používáme při celé řadě všedních denních činností - otvírání lahví, držení hrnku s čajem, práce s kleštěmi, psaní propiskou atd. Bylo by zajímavé nasbírat data od velkého souboru probandů různého profesního zaměření a pokusit se na něm verifikovat výsledky naší studie. Z výsledků takové studie by se daly vyvodit optimální vzdálenosti stiskáných ploch po každého jedince. Pokud by se povedlo najít takový antropometrický rozměr ruky, který by úzce souvisel s maximální silou stisku ruky, dala by se podle něj najít optimální vzdálenost stiskáných ploch. Toho by se dalo využít při výrobě náradí a pomůcek pro ADL tak, aby klient mohl vyvinout co největší sílu stisku v optimální vzdálenosti stiskáných ploch a tím se zefektivnila jeho práce. Dojít k takovému výsledku je nad rámec a prostor diplomové práce, proto si myslíme, že by bylo zajímavé se síle stisku dále věnovat a pokusit se najít výše popsání vztahy, ověřit je na podstatně větším souboru měřených osob a dospět k ergonomicky zajímavým výsledkům.

9. SOUHRN

Problematikou řešenou v této práci je síla stisku ruky a její vztah k antropometrickým charakteristikám testovaných osob a vzdálenostem stiskáných ploch.

Cílem práce bylo najít optimální vzdálenosti stiskáných ploch pro měření soubor dospělých osob a vztah mezi silou stisku ruky a vybranými antropometrickými charakteristikami v různých vzdálenostech stiskáných ploch.

U souboru 36 mužů (13 studentů, 12 úředníků a 10 hasičů) bez jakéhokoliv postižení horních končetin byly změřeny délkové obvodové a šířkové charakteristiky pravé ruky a tělesná váha a výška. Síla stisku byla měřena pomocí dynamometru s nastavitelnou polohou rukojeti v šesti vzdálenostech stiskáných ploch (40 mm, 47 mm, 54 mm, 61 mm, 67 mm a 75 mm). Všechny měřené osoby měli pravostrannou dominanci ruky. Měření probíhalo ve třech po sobě následujících dnech vždy od 9. hodiny ranní do 14. hodiny odpolední. Před vlastním měřením byly účastníkům studie předány všechny potřebné informace a předvedena demonstrace práce s přístrojem. Každý účastník se před měřením síly stisku rozcvičil pod vedením testující osoby. Měření probíhalo v poloze ve stoje s ramenem v addukci a neutrální poloze vzhledem k rotacím, loket ohnut v 90 stupňové flexi, předloktí v neutrální pozici. Každá měřená osoba měla na každé poloze dynamometru provést dvakrát po sobě maximální sílu stisku. Mezi jednotlivé pokusy byla vložena minutová pauza pro eliminaci faktoru únavy. Pro stanovení pořadí po sobě následujících vzdáleností stiskáných ploch byl použit princip latinského čtverce. Aplikací latinského čtverce byl eliminován vliv únavy na měřenou sílu stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch. K řešení daného problému byly použity statistické metody (Pearsonův korelační koeficient, ANOVA pro opakovaná měření).

Z výsledků měření plyne, že velikost síly stisku ruky výrazně koreluje s parametry robusticity probanda (šířkové a obvodové parametry ruky a tělesná hmotnost). Bylo zjištěno, že s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch roste význam délky prstů, hlavně délky prvního až třetího prstu, které se převážnou měrou podílí na úchopové funkci ruky. Z výsledků měření je možné stanovit optimální hodnotu vzdálenosti stiskáných ploch dynamometru pro měření síly stisku ruky měřeného souboru mužů. Tato optimální vzdálenost leží mezi hodnotami 47-54 mm a bude se blížit k jedné nebo druhé hranici podle hodnot parametrů robusticity konkrétního jedince.

10. SUMMARY

The thesis solves questions regarding hand grip strength and its relation to anthropometric characteristics of tested persons and its relation to grip spans.

The aim of the thesis was to find optimal grip spans for measured set of adult persons and to find relation between hand grip strength and chosen anthropometric characteristics in different grip spans.

On the set of 36 men (13 students, 12 officers and 10 firemen) without any affection of upper limbs were measured length, circumferential and characteristics of the right hand, stature and flesh. Hand grip strength was measured by dynamometer with adjustable handles at six grip spans (40 mm, 47 mm, 54 mm, 61 mm, 67 mm a 75 mm). All measured men were right-handed. The testing was proceeded in three consequent days always from 9. o'clock a.m. to 14. o'clock p.m. Before measuring all needed information were handed over to participants and the demonstration how to work with apparatus was done. Every participant was asked to warm up before hand grip strength measuring under the control of testing person. The measuring proceeded in the standing position, the shoulder adducted and neutrally rotated, elbow flexed at 90 degrees and forearm in a neutral position Every measured person had on each grip span two consecutive maximal grip strength. Between each touch, there was a one minute pause to eliminate fatigue factor. For determination of consecutive grip spans the principle of latin square was used. The application of the principle of latin squares eliminated possible influence of fatigue on measured grip strength in different hand grip spans. To solve given problem statistical methods were used (Pearson's correlation coefficient, ANOVA for repeated measurements).

From the results we can assume that the hand grip strength correlates in a long scale to robust parameters of probands (width and circumferential hand parameters and body weight). It was found out that with growing grip span grows the importance of finger lengths, especially lengths of the first to the third finger, who mainly participate on hand grip function. From the measured results it is possible to set on optimal dynamometer grip span value for measuring hand grip strength of measured set of men. The optimal span lies between 47-54 mm and will near to one or the other limit depending on sizes of individual robust parameters.

11. ZÁVĚR

- I. Základní statistické charakteristiky měřených proměnných potvrzují normalitu rozložení experimentálních dat (Tabulka 3).
- II. V analýze reliability byly ve všech případech zjištěny hodnoty koeficientu reliability $r_{tt} = 0,99$.
- III. Porovnání velikostí síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch dynamometru ukazují, že vzdálenosti 47-68 mm se mezi sebou vzájemně významně neliší a to ani u celého souboru ani u jednotlivých profesních skupin. V těchto polohách bylo dosaženo maximálních hodnot síly stisku u všech účastníků. Nejčastějšími vzdálenostmi stiskáných ploch, na kterých probandi dosáhli své maximální síly stisku ruky, byly polohy 47 mm a 54 mm.
- IV. Mezi jednotlivými profesními skupinami nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v délkových charakteristikách ruky, tělesné hmotnosti a výšce. To neplatilo u věku a obvodových charakteristik ruky, kdy se studenti vždy lišili od hasičů na 5 % hladině významnosti (obvod ruky a obvod zápěstí) nebo 1 % hladině významnosti (obvod pěsti a věk). S profesní skupinou úředníků se studenti lišili v obvodu ruky na 5 % hladině významnosti a v obvodu pěsti a věku na 1 % hladině významnosti.
- V. Analýza rozdílů síly stisku ruky v různých vzdálenostech stiskáných ploch ukázala dominanci síly stisku profesionálních hasičů, kteří se jednoznačně liší ve všech měřených polohách od studentů i úředníků. U studentů je rozdíl na 1 % hladině významnosti a u úředníků pouze na 5 % hladině významnosti.
- VI. Tělesná výška a hmotnost vysoce korelují s ostatními charakteristikami ruky a to ve většině případů na 1 % hladině významnosti, přičemž tělesná hmotnost více koreluje se šířkovými a obvodovými charakteristikami ruky.
- VII. Tělesná hmotnost vysoce koreluje se silou stisku bez ohledu na vzdálenost stiskáných ploch. Oproti tomu tělesná výška koreluje se silou stisku ruky velmi málo.
- VIII. Výsledky ukazují vysokou korelaci šířkových a obvodových charakteristik ruky se silou stisku ruky ve všech vzdálenostech stiskáných ploch. Existuje statisticky významná korelace délky prvního až třetího prstu ruky se silou stisku v nejmenších vzdálenostech stiskáných ploch. Tato korelace se zvyšuje s rostoucí vzdáleností stiskáných ploch.

- IX. Byla zjištěna optimální vzdálenost stiskanych ploch pro daný soubor měřených osob. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí 47-54 mm. Bylo zjištěno, že síla stisku ruky v optimální vzdálenosti stiskanych ploch vysoce koreluje s parametry robusticity. Dá se předpokládat, že pomocí parametrů robusticity bude možné určit optimální vzdálenost stiskanych ploch pro daného jedince.

12. REFERENČNÍ SEZNAM

- Ambler, Z. (2007). *Základy neurologie* (6th ed.). Praha: Galén.
- Anderson, W. F., & Cowan, N. R. (1966). Hand grip pressure in older people. *British Medical Journal*, *20*(3), 141-147.
- Ardicoglu, O., Gudul, H., Kamanli, A., Kaya, A., & Ozgocmen, S. (2005). Relationship between Grip Strength and Hand Bone Mineral Density in Healthy Adults. *Archives of Medical Research*, *36*(5), 603–606.
- Artero, E. G., Castillo, M. J., Gutierrez, A., Romero, V. E., Ruiz, J. R., & Santaliestra-Pasias, A. M. (2008). Hand Span Influences Optimal Grip Span in Boys and Girls Aged 6 to 12 Years. *Journal of Hand Surgery*, *33*(3), 378-384.
- Battistini, L., Berthier, M., Marotte, H., Mathieux, R., Miossec, P., & Sarrazin, A. (2009). Early occupational therapy programme increases hand grip strength at 3 months: results from a randomised, blind, controlled study in early rheumatoid arthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, *68*, 400-403.
- Bechtol; CH. O. (1954). GRIP TEST: The Use of a Dynamometer with Adjustable Handle Spacings. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, *36*, 820-832. Retrieved 22. 2. 2011 on the World Wide Web: <http://www.ejbs.org/cgi/reprint/36/4/820>.
- Bejjani, F. J., & Landsmeer, J. M. (1989). Biomechanics of the hand. In V. H. Frankel & M. Nordin (Eds.), *Basic biomechanics of the musculoskeletal systém* (2nd ed.), (pp. 275-301). Malvern: Lea & Febiger.
- Beránková, L., Bernaciková, M., & Kalichová, M. (n.d.). Orientace na lidském těle. *Základy sportovní kineziologie*. Retried 14. 2. 2011 on the World Wide Web: http://is.muni.cz/do/1451/e-learning/kineziologie/elportal/pages/orientace_na_tele.html.
- Blackwell J. R., Health, E. M., & Kornatz, K. W. (1999). Effect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum superficialis. *Applied Ergonomics*, *30*(5), 401-405.
- Bradbury, S. F., Bradley, L. A., & Lechner, D. E. (1998). Detecting Sincerity of Effort: A Summary of Methods and Approaches. *Physical Therapy*, *78*(8), 867-888.
- Briggs, R. S., Cooper, C., Kerr, A., Turner, G. F., Sayer, A. A., Syddall, H. E. (2006). Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age and Ageing*, *35*(1), 82-84.
- Carmeli, E., Coleman, R., & Patish, H. (2003). The Aging Hand. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES*, *58*(2), 146-152.

- Castillo, M. J., Gutiérrez, A., Mesa, J. L. M., & Ruiz-Ruiz, J. (2002). Hand Size Influences Optimal Grip Span in Women but not in Men. *Journal of Hand Surgery*, 27(5), 897-901.
- Castillo, M. J., Gutierrez, A., Ortega, F. B., Romero, V. E., Ruiz-Ruiz, J., & Sjostrom, M. (2006). Hand Span Influences Optimal Grip Span in Male and Female Teenagers. *Journal of Hand Surgery*, 31(8), 1367-1372.
- Ceceli, E., Durukan, P. B., Erdem, H. R., Incel, N. A., & Yorgancioglu, Z. R. (2002). Grip Strength: Effect of Hand Dominance. *Singapore Medicine Journal*, 43(5), 234-237.
- Conley, K. E., Esselman, P. C., Jubrias, S. A., & Odderson, I. R. (1997). Decline in isokinetic force with age: muscle cross-sectional area and specific force. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology*, No. 3, 246-253. Retrieved 12. 2. 2011 from SPRINGERLINK database on the World Wide Web:
<http://www.springerlink.com/content/n4c3t2nk6fwpgenv/>.
- Craen, A. J. M., Gussekloo, J., Ling, C. H. Y., Maier, A. B., Taekema, D., & Westendorp, R. G. J. (2010). Handgrip strength and mortality in the oldest old population: the Leiden 85-plus study. *Canadian Medical Association Journal*, 182(5), 429-435.
- Craen, A. J. M., Gussekloo, J., Maier, A. B., Taekema, D. G., & Westendorp, R. G. J. (2010). Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age and Ageing*, 39(3), 331-337.
- Crain, G. M., & Firrell, J. C. (1996). Which setting of the dynamometer provides maximal grip strength? *The Journal of Hand Surgery*, 21(3), 397-401.
- Crosby, C. A., Mawr, B., & Wehbé, M. (1994). Hand Strength: Normative Values. *The Journal of Hand Surgery*, 19(4), 665-670.
- Curb, J. D., Foley, D., Guralnik, J. M., Leveille, S., Masaki, K., Rantanen, T., & White, L. (1999). Midlife Hand Grip Strength as a Predictor of Old Age Disability. *The Journal of the American Medical Association*, 281(6), 558-560.
- Čerba, O. (n.d.). *Základy demografie a geografie obyvatelstva*. Retrieved 27. 3. 2011 from the World Wide Web: <http://gis.zcu.cz/studium/dbg2/Materialy/html/ch04s02.html>.
- Čihák, R. (2006). *Anatomie I* (2nd ed.). Praha: Grada Publishing.
- Dempsey, P. G., Xiao, G., Lei, L., Liang, Y., & Lu, B. (2005). Isometric muscle strength and anthropometric characteristics of a Chinese sample. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(7), 674-679.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada Publishing.

- Eng, J. J., & Harris, J. E. (2010). Strength Training Improves Upper-Limb Function in Individuals With Stroke: A Meta-Analysis. *Stroke*, *41*(1), 136-140.
- Felson, D.-I., Chaisson, C. E., Sharmal, L., & Zhang, Y. (2000). Higher grip strength increases the risk of incident radiographic osteoarthritis in proximal hand joints. Osteoarthritis and cartilage. *Journal of the OsteoArthritis*, *8*(1), S29-S32.
- Foley, D., Guralnik, J. M., Harris, T., Leveille, S. G., Masaki, K., Rantanen, T., & Visser, M. (2000). Muscle Strength and Body Mass Index as Long-Term Predictors of Mortality in Initially Healthy Men. *Journal of Gerontology*, *55*(3), 168-173.
- Huang, S., Liang, H.-W., Wu, S.-F., Wu, S.-W., & Wu, Z.-T. (2009). Measuring factors affecting grip strength in a Taiwan Chinese population and a comparison with consolidated norms. *Applied Ergonomics*, *40*(4), 811-815.
- Ilmarinen, J., Luopajarvi, T., & Nygard, C.-H. (1991). Musculoskeletal capacity and its changes among aging municipal employees in different work categories. *Scandinavia Journal - Work Environ Health*, *17*(1), 110-117.
- Innes, E. (1999). Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, *46*(3), 120-140.
- Jamar Dynamometer. (2011). Retrieved 13. 2. 2011 from the World Wide Web: <http://www.jamardynamometer.com/jamar-dynamometer-200-lb>.
- Janda, V. (1996). *Funkční svalový test*. Praha: Grada Publishing.
- Janda, V., & Pavlů, D. (1993). Goniometrie. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Janura, M. (2003). *Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka* [Vysokoškolská skripta]. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci.
- Jensen, J. S., Kristiansen, B., & Solgaard, S. (1984). Evaluation of instruments for measuring grip strength. *Acta Orthop Scand*, *55*(5), 569-572.
- Kanauchi, Y., Mura, N., Ogino, T., Owashi, K., Takahara, M., & Watanabe, T. (2005). The Short-Term Reliability of Grip Strength Measurement and the Effects of Posture and Grip Span. *Journal of Hand Surgery*, *30*(3), 603-609.
- Kapandji, I. A. (1982). *The Physiology of the Joints: Volume One - Upper Limb*. London: Churchill Livingstone.
- Langmeier et al.(2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada Publishing.
- Moussa, B. (2010). *Pain and pain pathway*. Retrived 12. 3. 2011 on the World Wide Web: <http://drbasmamoussa.wordpress.com/2010/09/24/pain-pathway/>.
- Mourek, J. (2005). *Fyziologie*. Praha: Grada Publishing.

- Netter, F. H. (2006). *Anatomický atlas člověka*. Praha: Grada Publishing.
- Perič, T. (2008). *Sportovní příprava dětí* (2nd ed.). Praha: Grada Publishing.
- Thorngren, K.-G., & Werner, C. O. (1979). Normal grip strength. *Acta orthop. scand.* 50(3), 255-259.
- Trojan et al. (2003). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing.
- Vaverka, F. (1990). Relation between anthropometric dimensions of the hand and grip strength. In V. V. Novotný & S. Titlbachová (Eds.), *Proceedings of the 2nd Symposium on Methods of Functional Anthropology* (pp. 293-300). Praha: Univerzita Karlova.
- Vaverka, F. (1997). *Základy biomechaniky pohybového systému člověka* [Vysokoškolská skripta]. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Vaverka, F., & Kršková, M. (1994). Optimization of the handgrip span during gripping at maximum strength. *Proceedings of the 5th International Conference "Biomechanics of man '94"* (pp. 144-147). Praha: Ústav teoretické a aplikované biomechaniky AV ČR.

13. PŘÍLOHY



Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC

Vyjádření Etické komise FTK UP

Složení komise: PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D. – předsedkyně
doc. MUDr. Pavel Maňák, CSc.
Mgr. Erik Sigmund, PhD.
Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D.
Mgr. Ondřej Ješina

Na základě žádosti ze dne 7.1.2011 byl projekt diplomové práce autorky **Bc. Veroniky Ptáčkové** s názvem

Síla stisku ruky – vztah mezi antropometrickými rozměry horní končetiny a vzdálenosti stiskáných ploch

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 4/2011

dne: 21.1.2011.

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

za EK FTK UP

PhDr. Dana Štěrbová, Ph.D.
předsedkyně

razítko fakulty