

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta zdravotnických věd

Ústav fyzioterapie

**SEMG analýza aktivity pletencového a akrálního
svalstva horní končetiny při úchopu**

Diplomová práce

Autor: Bc. Lucia Fábryová

Vedoucí: Mgr. et Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

OLOMOUC 2012

ANOTACE

Název práce v ČJ: SEMG ANALÝZA AKTIVITY PLETENCOVÉHO
A AKRÁLNÍHO SVALSTVA HORNÍ KONČETINY PŘI
ÚCHOPU

Název práce v AJ: SEMG ANALYSIS OF GIRDLE AND ACRAL UPPER LIMB
MUSCLES' ACTIVITY DURING GRIPPING

Datum zadání: 31. 1. 2011

Datum odevzdání: 21. 5. 2012

Instituce: Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd UP v Olomouci

Autor práce: Bc. Lucia Fábryová

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.

Oponent práce: Mgr. Barbora Kolářová

Abstrakt v ČJ:

Cílem práce bylo zjistit vzájemný vztah mezi proximálními a distálními svaly horní končetiny během úchopu. Dílčím cílem bylo zjistit rozdíl v míře zapojení svalů ramenního pletence a předloktí u jednotlivých typů úchopů a jednotlivých fází úchopu. Teoretická část zahrnuje poznatky o typech úchopů, motorické kontrole, svalových synergiích a kineziologii horní končetiny se zaměřením na hlavní funkci, kterou je úchop. Jako výzkumná metoda byla použita povrchová elektromyografie, při které byla sledována svalová aktivita na 6 proximálních a 2 distálních svalech horní končetiny při úchopu pěti různých předmětů (malý válec, velký válec, míč, golfový míček, pero). K vyhodnocení byly sledované aktivity rozděleny na 3 fáze: dosah, úchop a nadzvednutí předmětu. Ke statistickému zpracování byly použity hodnoty násobku aktivačních hodnot a dále data získaná pomocí metody analýzy plochy pod křivkou. Data byla následně zpracována pomocí vícefaktorové ANOVY a vícenásobné regrese.

Abstrakt v AJ:

The aim of my work was to find out the relation between proximal and distal muscles of the upper limb within grasp. Partial aim was to find out the difference in the rate of participation of the shoulder and elbow girdle muscles in particular types of grasp and particular phases of grip. The theoretical part resumes the information about the types of grasp, motor control, muscle synergies and the kinesiology of upper limb with focus on the main function, which is grasp. As a research method was used surface electromyography, in which it was examined muscle activity on six proximal and two distal muscles of the upper limb within grasping of five subjects (small barrel, big barrel, ball, golf ball, pen). To evaluate, we divided the grasp in three parts: reaching, grasp itself and lifting. The statistical analyses were used of the activation of multiple values and data obtained using the area under the curve analysis. Data were subsequently analyzed using multifactorial ANOVA and multiple regress.

Klíčová slova v ČJ:

Horní končetina, úchop, sval, synergie, koaktivace, motorika, povrchová elektromyografie

Klíčová slova v AJ:

Upper limb, grasp, muscle, synergy, coactivation, kinetics, surface electromyography

Rozsah: 78 s. včetně příloh (4 přílohy)

Místo zpracování: Olomouc

Místo uložení: Ústav fyzioterapie

Prehlásenie

Prehlasujem, že som diplomovú prácu napísala samostatne a použila som len uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Pod'akovanie

Chcela by som sa pod'akovať vedúcej práce Mgr. Petře Bastlovej za ochotu a cenné rady, ktoré mi poskytla pri písaní diplomovej práce. Ďalej sa chcem pod'akovať RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc pri štatistickom spracovaní údajov.

OBSAH

ÚVOD	8
1 TEORETICKÁ ČASŤ	10
1.1 Úchop	10
1.1.1 Typy úchopov	11
1.2 Kineziológia hornej končatiny	14
1.2.1 Kineziológia úchopu	17
1.3 Riadenie motoriky	20
1.3.1 Svalové synergie	20
1.3.2 Riadenie úchopu na rôznych úrovniach CNS	22
1.4 Ontogenetický vývoj úchopovej schopnosti ruky	25
2 CIELE A HYPOTÉZY	28
2.1 Cieľ práce	28
2.2 Vedecké otázky a hypotézy	28
3 METODIKA	30
3.1 Charakteristika súboru	30
3.2 Výskumná metóda	30
3.3 Postup merania	30
3.3.1 Čistenie kože a lepenie elektród	30
3.3.2 Priebeh merania	31
3.4 Spracovanie a vyhodnotenie EMG signálu	32
3.5 Štatistické spracovanie	32

4 VÝSLEDKY	34
4.1 Výsledky k výskumnej otázke č. 1	34
4.2 Výsledky k výskumnej otázke č. 2	40
5 DISKUSIA	51
5.1 Diskusia k vedeckej otázke č. 1	52
5.2 Diskusia k vedeckej otázke č. 2	54
5.3 Využitie pre prax	57
ZÁVER	58
REFERENČNÝ ZOZNAM	59
ZOZNAM SKRATIEK	70
ZOZNAM GRAFOV	71
ZOZNAM OBÁZKOV	72
ZOZNAM TABULIEK	73
ZOZNAM PRÍLOH	74
PRÍLOHY	75

ÚVOD

Horná končatina ako úchopový a manipulačný orgán slúži človeku na vykonávanie bežných alebo špeciálnych aktivít. Pomocou nej sa môže človek najesť, obliecť, umyť, vykonávať rôzne pracovné aktivity ako písať, kresliť a dorozumievať sa pomocou znakovkej reči. Pri strate týchto schopností dochádza k čiastočnej izolácii od okolia a neschopnosti samostatnej obsluhy. Zaujala nás všestrannosť využitia hornej končatiny a otázka či aktivita svalov ramenného pletenca sa mení v závislosti na type úchopu. Na základe takto kladenej otázky, sme si vybrali túto tému práce.

V tejto práci si kladieme otázky, či miera aktivity svalu je závislá na type úchopu? Sú vzájomné korelácie medzi svalmi ramenného pletenca a akra pri jednotlivých typoch úchopov?

Cieľom tejto práce bolo predložiť poznatky o miere aktivity zapojenia svalov a objasniť vzájomnú koreláciu svalov ramenného pletenca a akra pri jednotlivých typoch úchopov pomocou povrchovej elektromyografie. Pri samotnom štúdiu bola skúmaná aktivita svalov ramenného pletenca (m.serratus anterior, m.lattisimus dorsi, m.deltoideus, m.trapezius, m.triceps brachii, m.infraspinatus) a predlaktia (mm.extensores antebrachii, mm.flexores antebrachii) pri úchope lopty, golfovej loptičky, veľkého valca, malého valca a pera u zdravých jedincov. Samotný úchop sa skladá z viacerých fáz: dosah a úchop. Počas aktivít úchopová činnosť hornej končatiny nekončí len úchopom, ale pokračuje aj transportom predmetu alebo manipuláciou s ním s následným uvoľnením. Na základe tohto faktu bola pri tejto štúdiu hodnotená aj aktivita spojená s transportom uchopeného predmetu. Pri vyhodnocovaní sme postupovali zhodne ako autori štúdie (Raghavan, 2010), ktorí rozdelili samotný úchop na 3 fázy. Prvá fáza bol dosah k uchopovanému predmetu, ktorý spočíval v transporte hornej končatiny k predmetu. Druhou fázou bol samotný úchop, ktorý končil zovretím predmetu všetkými prstami a treťou fázou bolo nadvihnutie predmetu nad podložku.

Príprava na písanie tejto práce spočívala vo vyhľadávaní článkov podľa jednotlivých kľúčových slov v databázach PubMed, MEDLINE, EBSCO, ProQuest, SCOPUS, Science Direct, Springer Link. Vyhľadávanie a zhromažďovanie článkov sa dialo od februára 2011 do októbra 2011. Našli sme približne 100 zdrojov, ktoré

obsahovali českú aj anglickú literatúru. V nasledujúcom období od októbra 2011 do februára 2012 prebiehalo meranie 26 probandov v Kineziologickom laboratóriu vo Fakultnej nemocnici v Olomouci.

V tejto práci bola zvolená skupina zdravých probandov, u ktorých bola snímaná funkcia svalov ramenného pletenca pri úchope za fyziologických podmienok. Výsledky tejto práce prispievajú k poznaniu fyziologických zákonitostí svalovej aktivity hornej končatiny a môžu tak pomôcť pri rehabilitácii pacientov s porušenou funkciou hornej končatiny, predovšetkým úchopu.

1 TEORETICKÉ POZNATKY

1.1 Úchop

Úchop je veľmi dobre študovaným pohybom, v ktorom aspoň dva odlišné pohybové subsystemy (transport paže a úchop) sú navzájom koordinované (Jeannerod, 1984 in Zheng, 2005, str. 2). Tieto subsystemy sa nachádzajú v ľudskom tele ako vnútorné subsystemy. V porovnaní s vonkajším pohybovým subsystemom, keď ľudská ruka drží nástroj, tento subsystem je zavedený do kontrolného systému (Zheng, 2005, str. 2).

Dosah a úchop objektu sa radí medzi normálnu funkciu hornej končatiny (Vliet et al., 2007, str.1325). Schopnosť uchopiť predmet je považovaná za dôležitú zručnosť potrebnú v každodennom živote (Prodoehl, 2009, str. 900). Ľudská ruka je orgánom, ktorý sa používa k uchopeniu ťažkých ale aj drobných predmetov a slúži na vykonávanie zložitých manipulácií pomocou jemnej motoriky a senzorickej spätnej väzby (Mícera et al., 2011, str.1).

Väčšina každodenných aktivít v živote vyžaduje koordináciu viackĺbových pohybov hornej končatiny, ktoré vyrovnávajú stabilitu a mobilitu pri optimalizácii cieľa vhodného pohybového vzoru (Roy et al., 2010, str.2). Mobilita je zaistená pripojením ramenného pletenca v jednom bode, ktorý tvoria kľúčna a hrudná kosť a vlastnosťami voľného, guľového kĺbu. Ideálne zabezpečenie stability neexistuje ale riešenie je obsiahnuté v charakteristike nastavenia lopatky. Samotný pohyb paže vyvolá zmenu v postavení kĺbnej jamky, pričom sa jamka pohybuje po obvode kruhu. Stabilita je zaistená predovšetkým svalmi, pričom najstabilnejší je ramenný kĺb v abdukcii a elevácii (Dylevsky, 2009, str. 101-103).

Efektívita úchopovej funkcie hornej končatiny závisí od veľa faktorov. Medzi tieto faktory patrí mobilita prvého karpometakarpálneho (CMC) kĺbu a menšie rozsahy štvrtého a piateho metakarpofalangeálnych (MCP) kĺbov, relatívna rigidita druhého a tretieho CMC kĺbu, stabilita longitudinálnej a palcovej klenby, vyvážený synergizmus a antagonizmus medzi dlhými vonkajšími svalmi a vnútornými svalmi ruky, adekvátny senzorický vstup zo všetkých oblastí ruky, precízny vzťah medzi dĺžkou, mobilitou a pozíciou každého jedného prstového paprska (Nordin et al., 2001, str. 382).

1.1.1 Typy úchopov

Rôzni autori, používajú rôzne delenie typov úchopov. Jedni autori ako sú napríklad Schlesinger, (1919) a Taylor a Schwarz, (1955) použili delenie úchopu na:

- cylindrický,
- úchop pomocou končekov prstov,
- hákový,
- sférický,
- laterálny.

Táto kategorizácia však viedla k spájaniu úchopu s tvarmi. Avšak pri používaní predmetov v každodenných úlohách človek menej hľadá na tvar a veľkosť predmetu, skôr ho zaujíma úloha, ktorú chce dosiahnuť (Cutkovsky et al., 1990, str. 26). V priebehu jednej aktivity dochádza k zmenám jednotlivých typoch úchopov. Pri odkrútení viečka na pohári je najprv použitý silový úchop a následne po uvoľnení sa úchop mení na jemný, kedy ruka drží už viečko len medzi končekmi prstov. Napier (1956) vo svojej práci poznamenal, že je potreba kategorizovať úchop na základe funkcie, ktorá má byť vykonaná. Jeho rozdelenie úchopu na silový a jemný (precízny) je používaná mnohými autormi. Silový úchop možno ešte ďalej rozdeliť na „prehensile“, ktorý vyžaduje uchopenie daného predmetu, ktorý v sebe zahŕňa úchop štipkový, diskový, sférický a hranolový. Úchop, ktorý nevyžaduje uchopenie predmetu „non-prehensile“, tu môžeme zaradiť napríklad držanie tácky alebo tlačenie predmetu (Cutkovsky et al., 1990, str. 26).

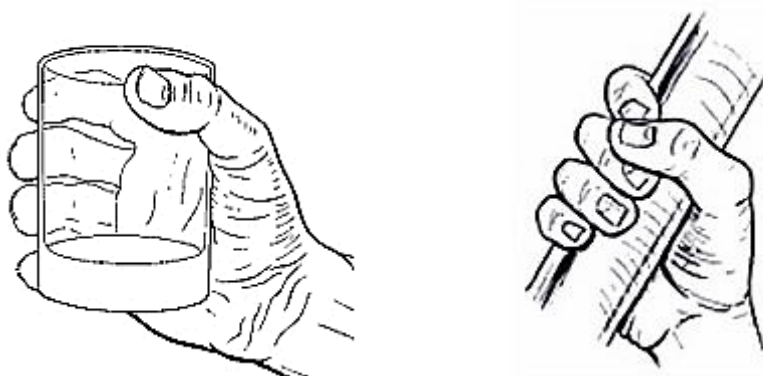
Pri silovom úchope je palec v CMC a MCP kĺbe addukovaný. Vytvára svorku s čiastočne flektovanými prstami a dlaňou. Prsty sú flektované vo všetkých troch kĺboch (Nordin et al., 2001, str. 382), pričom malíček a prstenník sú vo väčšej flexii než palec a ukazovák (Landsmeer, 1962, str. 167). Väčšia flexia v štvrtom a piatom MCP kĺbe umožní držať objekt pevne proti dlani. Centrum tlaku je aplikované palcom, ktorý leží približne v rovine dlane (Nordin et al., 2001, str. 382). Tenarové a hypotenarové svaly udržujú ruku v kontakte s predmetom. Hypotenarové svaly sú dôležitými stabilizátormi mediálnej strany dlane a svaly prstov a palca držia predmet pevne. Extenzory zápästia sú aktívne s cieľom zabezpečiť stabilnú základňu pre úchopovú činnosť. Zvyšujú napätie v dlhých flexoroch prstov a zabraňujú im

v pôsobení na zápästie. Unikátnou črtou silového úchopu je držanie objektu pevne, takže môže byť pohyb viac v proximálnych kĺboch hornej končatiny ako je rameno, lakeť alebo radioulnárne spojenie (Tyldesley et al., 1996, str. 169).

Precízny úchop, ktorý je fylogeneticky mladší (Koudelka et al., 1997, str. 51), zaisťuje manipuláciu s malými predmetmi medzi palcom a končekmi prstov. Prsty sú v semiflekčnom postavení a palec je palmárne abdukovaný a v opozícii. Variant precízneho úchopu je často používaný tzv. dynamický statív, kedy palec, ukazovák a prostredník pracujú v zatvorených synergiách pre jemný úchop predmetu, pokiaľ prstenník a malíček sú používané zväčša pre podpornú a statickú kontrolu (Nordin et al., 2001, str. 383). Tento typ úchopu sa rozdeľuje na očko, štipka, písársky úchop a kľúčový úchop (Koudelka et al., 1997, str. 51).

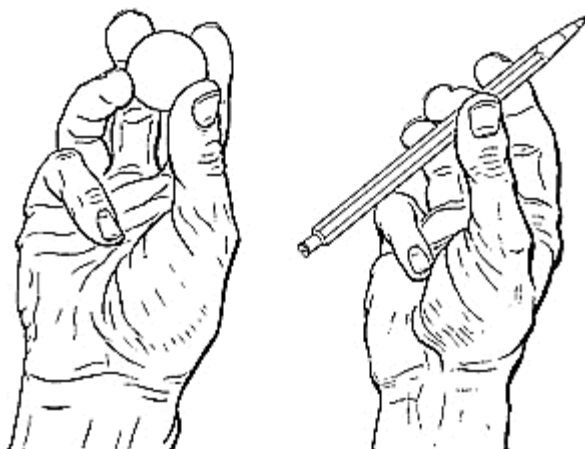
Cylindrický úchop (obr. 1) je používaný pre predmety, ktorých rukoväť leží v pravom uhle k predlaktiu. Pri tomto type úchopu je maximálny stupeň flexie v malíčku a najmenší v ukazováku. Palec leží buď cez končeky prstov alebo pozdĺž rukoväte. Zápästie je ulnárne deviované. Tento úchop dáva značnú kontrolu spolu s výkonnou manipuláciou nástrojov (Tyldesley et al., 1996, str. 170).

Obrázok 1. *Cylindrický úchop* (Kapandji, 2002, str. 267 ; Nordin, 2001, str. 384).



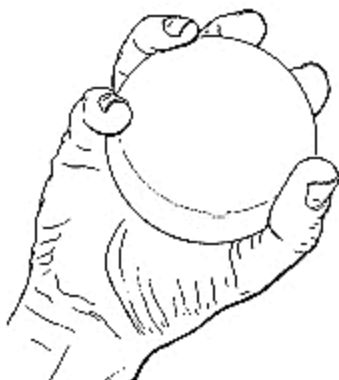
Sférický úchop (obr. 2) je úchop, kedy palec, ukazovák a prostredník držia objekt pomocou brušiek prstov, zatiaľ čo predmet tlačí z boku na prstenník a jeho úlohou je zastaviť predmet aby sa nevyšmykol z ruky. Týmto spôsobom je držaná napríklad pingpongová alebo golfová loptička. Malé predmety môžu byť držané aj pomocou všetkých piatich prstov, kedy všetky sú spoločne s palcom v opozícii (Kapandji, 2002, str. 260).

Obrázok 2. *Sférický úchop a úchop pera* (Kapandji, 2002, str. 261).



Počas guľového úchopu (obr. 3) majú všetky prsty kontakt s predmetom. Palec sa nachádza oproti malíčku a prsty sú v abdukcii. Úchop je uzatvorený distálne ukazovákom a prostredníkom, proximálne pomocou tenarovej eminencie a malíčka. Objekt, ktorý je v kontakte s dlaňou je pevne uchopený prstami a to je možné iba vtedy, ak prsty sú maximálne od seba oddialené a povrchové a hlboké flexory prstov pracujú efektívne (Kapandji, 2002, str. 268).

Obrázok 3. *Guľový úchop* (Kapandji, 2002, str. 269).



Pri úchope pera (obr. 2) bruško palca tlačí objekt oproti bruškám ukazováka prípadne prostredníka a prstenníka, ktoré sú extendované vo všetkých kĺboch okrem MCP kĺbu (Kapandji, 2002, str. 260). Pri písaní perom, ceruzkou dochádza ku kontaktu ruky a pera v proximálnej časti medzi MCP kĺbom palca a ukazováka alebo na proximálnom článku ukazováka so špičkou palca, ukazováka a laterálnou časťou distálneho článku prostredníka (Latash et al., 2010, str. 154). Pomocou písárskeho

úchopu sa dá vyvinúť značná sila, čo ale vyžaduje intaktné mm.interossei, m.flexor pollicis brevis, m.adductor pollicis a m.opponens pollicis (Velé, 2006, str. 285).

Marteniuk et al., (1990) in Bennett et al., (1994) vo svojej štúdií skúmali kinematické znaky transportnej a úchopovej zložky. Zistili, že zmena veľkosti objektu ovplyvní najmä úchopovú komponentu. Pri náraste veľkosti objektu dochádza k poklesu trvania deceleračnej fázy. Opačný trend popísali Jakobson et Goodale in Bennett et al., (1994), kedy pri náraste veľkosti objektu dochádza k nárastu trvania deceleračnej fázy. Maximálna úchopová apertúra, čo je podľa Castiello, (2005) maximálna vzdialenosť medzi bruškom palca a ukazováka, ku ktorému dochádza po dobu trvania dosahu, sa symetricky zväčšuje s narastajúcim objektom.

Zheng, (2005) uvádza, že je rozdiel v integrácii senzorickej informácie medzi silovým a jemným úchopom. Zvláštnosťou je , že pri jemnom úchope vizuálna informácia z koncového efektora potrebuje byť spojená s propioceptívnou informáciou, ktorú predstavuje ruka. Integrácia medzi týmito dvoma informáciami má zásadný význam medzi rukou a uchopovaným predmetom a kalibráciou pohybov medzi rukou a predmetom.

1.2 Kineziológia hornej končatiny

Horná končatina je komunikačný orgán umožňujúci interakciu tela s okolitým prostredím. Hlavnou úlohou hornej končatiny s výnimkou skorého detstva, kedy je používaná aj pri lokomócií, je manipulačný pohyb. Čo odpovedá subtilnej stavbe skeletu, úprave kĺbných spojov a charakteristickému usporiadaniu svalových skupín. Dylevsky, (2009) píše, že ruka je predovšetkým orgánom úchopu a manipulácie. Horná končatina pre svoju funkciu sa nezaobíde bez základnej stability osového systému, ktorá potom umožňuje cieleňú manipuláciu (Dylevsky, 2009, str. 99). Ma a Feldman, (1995) in Bertram, (2002) zistili, že keď probandi robili pohyb vpred a vzad pomocou trupu pre dosiahnutie nejakého predmetu, trajektória ruky bola totožná ako keď robili pohyb pomocou ramena. Zistili tiež, že pohyb trupu predchádzal pohyb ruky a tento pohyb pokračoval aj pri dosahu cieľa. Transportný pohyb so zapojením trupu zahŕňa dve odlišné funkčné synergie. Jedna zo synergii koordinuje svaly a kĺby ruky, zatiaľ čo druhá je ponechaná pre koordináciu trupu a paže spoločne, čo sa prejavilo v konzistentnej konečnej pozícii ruky (Ma a Feldman,

1995, str. 2120). Saling et al., (1996) vykonali experiment, v ktorom jedinci boli požiadaní dosiahnuť a uchopiť kolíky (veľké a malé), ktoré boli umiestnené v takej vzdialenosti, aby jedinci boli nútení flektovať trup pre úspešné uchopenie predmetu. Našli dôkaz o prítomnosti nezávislých synergii, spolupracujúcich na konzistentnej trajektórii ruky. Konkrétne sa zistilo, že transportná a apertúrna komponenta zostávajú dočasne spojené pridaním trupu do pohybu. Nenašlo sa žiadne spojenie medzi pohybom trupu a úchopom v tom, že pohyb trupu bol rovnaký bez ohľadu na veľkosť kolíkov.

Pletenec hornej končatiny je mimoriadne pohyblivý. Ide o reťazec rôzne pohyblivých článkov, kde ramenný kĺb je najpohyblivejším kĺbom tela. Hlavnou funkciou ramenného komplexu je umiestnenie hornej končatiny do priestoru, aby ruka mohla vykonať svoju úlohu. Výhodou ramenného komplexu je, že môže dosiahnuť veľké spektrum pozícií (mobilita), ale dôležitosťou tohto komplexu je aj stabilita (Dylevsky, 2009, str. 99). Pre spoľahlivú činnosť vyžaduje posturálnu spoluprácu osového orgánu pre zaistenie stabilizácie polohy tela pri manipulácii. Obe horné končatiny, tvoria párový úchopový orgán, takže pracujú ako uzatvorený funkčný reťazec. Toto možno vyjadriť pomocou svalových slučiek nasledovne (Véle, 2006, str. 319):

rameno - ramenný pletenec – rameno – predlaktie

scapula – m.deltoideus – humerus – m.brachialis – ulna

scapula – m.biceps brachii – radius (flexia- supinácia)

scapula – m.triceps brachii – ulna (extenzia)

humerus – m.triceps brachii – ulna (extenzia)

humerus – m.brachioradialis – radius (flexia)

Okolo lopatky sú svaly, ktoré navzájom vytvárajú funkčné dvojice a ktorých vzájomný rozdiel v aktivácii umožňuje pohyb lopatky a udržanie zaujatej pozície:

mm.rhomboidei – m.serratus anterior

m.levator scapulae – m.trapezius (dolná časť)

m.pectoralis minor – m.trapezius (horná časť)

m.serratus anterior – m.trapezius (stredná časť)

Tieto svaly spolu s ostatnými svalmi vytvárajú slučky a zaručujú nastavenie a udržanie správnej polohy glenoidálnej jamky pri danom pohybe (Véle, 1997, str. 232).

Ďalší funkčný otvorený reťazec je medzi ramenným pletencom a predlaktím, ktorý možno vyjadriť (Véle, 2006, str. 319):

scapula – m. supraspinatus – humerus – m.biceps brachii – predlaktie

scapula – m. coracobrachialis – humerus – m. triceps brachii – predlaktie

Schopnosť hornej končatiny dosiahnuť a uchopiť predmet je súčasťou každodenných životných úloh. Napriek tomu, že horná končatina má veľký počet stupňov voľnosti je konečná pozícia paže a ruky pri úchope pozoruhodne stabilná. Stabilita ramenného kĺbu je zabezpečovaná prítomnosťou labrum glenoidale a glenohumerálnymi väzmi, ktoré tvoria statický stabilizačný aparát. Súčasťou tohto komplexu je aj dynamický stabilizačný aparát, ktorý je tvorený svalmi. Medzi tieto svaly patrí rotátorová manžeta, ktorú tvoria m.supraspinatus, m.infraspinatus, m.teres minor a m.subscapularis. Zabezpečuje nielen dynamickú stabilitu ale sa aj podieľa na pasívnej stabilite z dôvodu umiestnenia a orientácie okolo glenohumerálneho kĺbu (Lugo, 2008). Stabilitu ramenného kĺbu okrem iného zaisťuje m.deltoideus, ktorý prispieva k udržaniu hlavice glenoidálneho kĺbu v kĺbnej jamke.

Pohyb hornej končatiny považujeme za fyziologický vtedy, keď jej realizáciu predchádza stabilizácia lopatky, ktorá je zaisťovaná funkciou svalových slučiek (Čáповá, 2008):

stavec – m.trapezius (med.) – scapula – m.serratus anterior – rebrá

Vyváženou aktivitou týchto svalov sa lopatka dá do neutrálneho postavenia. Tým sa stáva funkčnou oporou pre pažu a svaly ktoré sa na ňu upínajú (Čáповá, 2008).

Ruka je najdôležitejším orgánom, ktorým človek vstupuje do interakcie s okolím. Ruka môže do určitej miery zabezpečovať komunikáciu a podporovať lokomóciu (Mayer et Hluštík, 2004). Svaly ruky majú najmenšie motorické jednotky a tak môžu generovať aj najmenší diferencovaný pohyb (Dylevsky, 2009).

Ruka sa z funkčného hľadiska skladá z dvoch paprskov: mediálneho, ktorý je tvorený 4 a 5 prstom a laterálneho tvoreného 1 a 2 prstom. Prostredník má nestabilnú polohu. Zaťaženie ruky sa koncentruje na vnútorný a vonkajší okraj. Samotná flexia prstov je hlavným predpokladom úchopu. Flexia je zahájená lumbrikálnymi svalmi, potom dochádza k aktivácii m.flexor digitorum superficialis, m.flexor digitorum profundus. Interoseálne a lumbrikálne svaly fixujú už dosiahnutú polohu a zabraňujú hyperextenzii prstov pri silnej aktivácii m.extenzor digitorum (Dylevsky, 2009, str.119-120).

Vnútorné svaly ruky sú malé svaly, ktoré začínajú a končia v ruke a všeobecne sú zapojené do jemnejších pohybov ruky. Vonkajšie svaly ruky sú tie, ktoré začínajú na predlaktí a upínajú sa na ruke. Týmito svalmi sú dlhé flexory a extenzory predlaktia, ktoré majú krátke brušká a dlhé šľachy, ktoré idú cez zápästie do ruky (Skirven et al., 2011, str. 11-12). Účinná funkcia sily pochádza z vonkajších svalov, pokiaľ jemná kontrola pohybu je prenechaná vnútorným svalom ruky (Soderberg, 1996, str. 208).

Funkcia ruky sa dá rozdeliť podľa Kapandji (2002) na tri základné komponenty:

- palec, spĺňajúcu sám o sebe funkciu ruky, pretože je schopný opozície
- ukazovák a prostredník, ktoré pomáhajú palcu dosiahnuť jemný úchop
- prstenník a malíček, ktoré zo zvyškom ruky sú nevyhnutné pre pevný úchop nástrojov

1.2.1 Kineziológia úchopu

Pri samotnom uchopení predmetov musí ruka zmeniť svoj tvar. Pri úchope rovného povrchu ako je napríklad pohár sa ruka otvára a stáva sa vyrovnanou pre kontakt na tenarovej eminencii, hypotenarovej eminencii, hlavičkách metakarpov a palmárnej strane prstov (Kapandji, 2002, str.168).

Počas manipulácie s objektom, svaly ruky a ramena produkujú vnútornú silu na objekt tzv. úchopovú silu a silu (tzv. transportné sily) ktorých výsledkom je vonkajší presun alebo rotácia objektu v priestore. Pri zdvíhaní objektu vo vertikálnom smere svaly ramena a ruky pracujú spoločne. Ako rameno zdvihne objekt, dochádza k zvýšeniu úchopovej sily, aby sa zabránilo vykĺznutiu predmetu z ruky.

Vnútorňý model mechaniky ramena, ruky a objektu je použitý na mapovanie požadovaného pohybu ruky do príslušných motorických príkazov zaslaných do svalov ramena. Vnútorňý model je nervový proces, ktorý napodobňuje odpoveď motorického systému za účelom odhadnúť výsledok motorického príkazu. „Eferentná kópia“ poslaná do dopredného typu vnútorného modelu je potom používaná na predvídanie správnych zmien v sile uchopenia pre ten konkrétny pohyb ramena. Kontrola svalov ruky a ramena je oddelená ale spojená pomocou vnútorných predpovedí zmien záťažovej sily (load force) produkovanej pohybom ramena.(Winges et al., 2007, str. 39).

Pre vlastný úchop sú dôležité dlhé a krátke flexory prstov. Dlhé svaly sú silové a krátke a generujú jemnú motoriku ruky, stabilizujú pôsobenie extenzorov v MCP kĺboch. Extenzorový komplex udržuje paralelnú – pre úchop optimálne - postavenie labilného reťazca vzájomne artikulujúcich kostí – metakarpov a článkov prstov (Smrčka et al., 1998).

Kinematická analýza úchopového pohybu pozostáva z dvoch komponentov. Pre daný pohyb ruka sleduje charakteristickú cestu a trajektóriu k objektu, ktorá je opísaná ako transportná komponenta. Druhou komponentov je samotný úchop, kedy sa ruka otvára a následne zatvára pri samotnom uchopení predmetu. Transport a úchop musia byť koordinované, aby objekt mohol byť úspešne uchopený. Existujú dôkazy o tom, že otvorenie ruky pre úchop predmetu časovo súvisí so samotným transportom ruky ku samotnému objektu (Vliet et al., 2007, str.1325). Podľa Jeannerod, (1984) toto spojenie je výsledkom centrálného plánu alebo programu, ktorý to organizuje tak, aby vykonanie dvoch oddelených zložiek bolo vykonané ako jeden koordinovaný akt. Čas kedy je ruka maximálne otvorená súvisí s dobou maximálneho spomalenia ruky. Presný časový vzťah závisí od vlastnosti predmetu, vykonávanej úlohe a prechádzajúcich skúsenostiach (Vliet et al., 2007, str. 1325). Transport hornej končatiny k cieľu si vyžaduje koordináciu viacerých kĺbov. Koordinácia pohybu je proces osvojenia redundantných stupňov voľnosti za účelom kontroly systému (Roy et al., 2010, str.10).

Samotné komponenty ako transport, orientácia, úchop sú plánované samostatne ale sú koordinované v čase (Jeannerod 1984; Hoff a Arbib 1993 in Michaelsen, 2004, str.162). Existuje samostatná kontrola proximálnych kĺbov zabezpečujúca transport

hornej končatiny k samotnému objektu a nezávislá kontrola distálnych kĺbov, ktorá súvisí s orientáciou a úchopom (Michaelsen, 2004, str. 163).

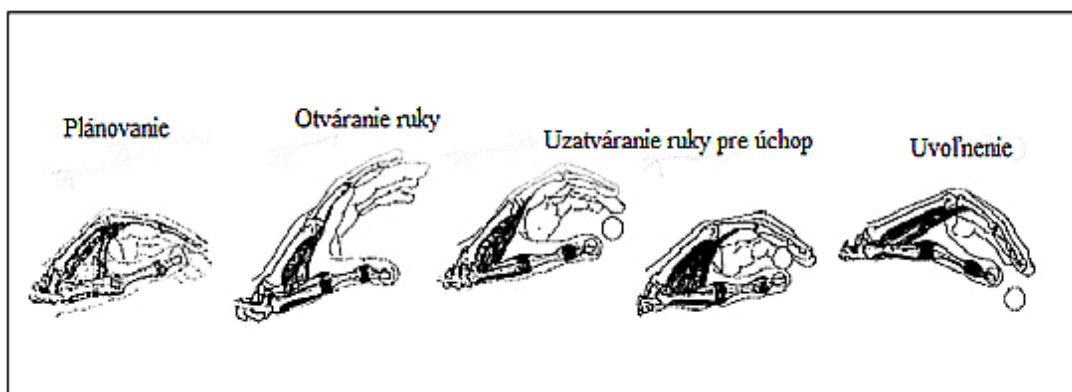
Jeannerod, (1981, 1984) navrhol, transport paže by mohol byť rozdelený na rýchlu balistickú fázu a pomalú opravnú fázu. Podľa Zheng, (2005) rýchlosť pohybu paže pri jemnom úchope je pomalšia na základe vrcholu akcelerácie a vrcholu rýchlosti v porovnaní so silovým úchopom. Po balistickej fáze pohyb spomaľuje. Veľa faktorov ako je vlastnosti objektu a vyžadovaná úloha má vplyv na deceleračnú fázu pohybu. Predĺženie deceleračnej fázy má vplyv u jemného úchopu na hodnotenie pohybu (Zheng, 2005, str. 14). Vo svojej štúdií Bonnefoy, (2009) skúmali vplyv vzdialenosti predmetu na aktiváciu svalov hornej končatiny počas úchopu cylindrického predmetu. Štúdia ukázala, že pre pohyb k blízkeho cieľu, aktivácia agonisto-antagonistických svalov a nepriamo generovaná svalová sila pohybom paže bola malá. Na druhej strane agonisticko-antagonistická svalová aktivácia vzrastala so vzdialenosťou, amplitúda svalovej sily narástla pre dlhší dosah.

Väčšina pohybov ruky je odvodená z pohybov ramena (Zheng, 2005, str. 19). Kinematické vlastnosti transportnej komponenty sú konvenčne označované pomocou trajektórie zápästia. Keď sa ruka pohybuje, rýchlostný prejav trajektórie pohybu je symetrická krivka v tvare zvona (Atkeson et al., 1985). V úchopovej komponente sa ruka otvára na veľkosť väčšiu než je veľkosť objektu (maximálna apertúra) a potom sa zavrie na zodpovedajúcu veľkosť pre kontaktovanie objektu. Úspešný úchop vyžaduje aktiváciu určitých skupín svalov v oblasti ramena aby preniesli ruku do blízkosti objektu a použili správnu silu na daný objekt (Zheng, 2005, str. 23).

Samotný úchop sa rozdeľuje na niekoľko fáz. Prvou fázou je prípravná fáza (prepozícia), kedy dochádza k príprave na samotný úchop v závislosti na tvare a hmotnosti predmetu, situácii pri ktorej dochádza k úchopu. Dochádza k zoznámeniu sa s daným predmetom, čo sa deje pomocou senzorického systému, okom odhadujeme asi z akého je materiálu, akú silu bude treba vyvinúť. V tejto fáze sa pripravujú aj ostatné telesné segmenty do najvhodnejšej pozície. Druhá fáza spočíva v transporte ruky k danému predmetu, počas tejto fáze dochádza k tvarovaniu ruky na základe jeho veľkosti a tvare. Tretia fáza statického úchopu začína v momente, keď sa ruka dotkne a stabilne drží predmet. Táto fáza plynule prechádza do štvrtej fázy, ktorá spočíva v manipulácii s daným predmetom. Poslednou fázou, na ktorú sa mnohokrát pri

rehabilitácii zabúda, je fáza uvoľnenia, kedy dochádza k uvoľneniu predmetu resp. k uvoľneniu úchopového orgánu (Hadraba, 2004; Kang et al., 1992).

Obrázok 4. *Fázy úchopu* (upravené podľa Mackenzie, 1994, str. 340).



1.3 Riadenie motoriky

1.3.1 Svalové synergie

Nervový systém kontroluje svaly aktiváciou flexibilných kombinácií svalových synergii produkujúcich široký repertoár pohybov (Ting et al., 2007, str. 622). Svalové synergie zahŕňajú koordinovanú aktiváciu svalových skupín v špecifickom časovom profile. Predpokladá sa, že každá synergia je nezávislá na amplitúde a posune v čase. Svalové aktivácie sú odvodené z rôznych synergii, ktoré sú kombinované lineárne (d'Avella, 2003, str. 301).

Svalové synergie boli definované ako skupina svalov, ktoré sú nútené sa chovať ako jedna funkčná jednotka. Niektoré štúdiá demonštrujú synergické svalové skupiny na kĺboch. Jedným z takýchto kĺbov je aj ramenný kĺb, pretože všetky svaly v tejto oblasti sa komplexne zúčastňujú do určitej miery vo všetkých činnostiach ako synergické skupiny. Dôležitou a zásadnou úlohou synergickej aktivity svalov behom aktivít denného života sú svalové synergizmy, ktoré umožňujú efektívne riadenie a koordináciu (Coelho, 2009, str. 764).

Svalové synergie sú ako stavebné bloky, definované charakteristickými znakmi aktivácie viacerých svalov, ktoré môžu byť jedinečné pre každého jedinca, ale pritom plnia podobné funkcie. Nervový systém používa flexibilné kombinácie niekoľkých svalových synergii – prvkov, z ktorej sú postavené komplexné vzory svalovej aktivácie

– produkujúce širokú škálu motorického správania. Absolútnym stupňom aktivácie jednotlivých svalových synergii je úprava podľa jedného nervového príkazového signálu. Pre danú motorickú úlohu je aktivovaných niekoľko svalových synergii v rôznych kombináciách produkujúcich motorické správanie. Predpokladá sa, že u zdravých jedincov sú motorické znaky v skutočnosti obmedzené dostupnými svalovými synergiami (Ting et al., 2007, str.622). Môžu reprezentovať spodok hierarchickej neurálnej kontroly štruktúr v ktorej najvyššie neurálne centrum operuje na stále viac koncepčne súvisiacich premenných stupňoch motorického výkonu.

Sú svalové synergie získané alebo sa s nimi už narodíme? Touto otázkou sa zaoberal Ting a MacKay, (2007) vo svojej práci. U ľudí sa základné posturálne reakcie objavujú už medzi 4-5 mesiacom veku, čo naznačuje, že základné svalové synergie môžu byť do určitej miery vrodene. Je možné, že svalové synergie pre posturálnu kontrolu sú zakódované v bunkách na úrovni miechy alebo mozgového kmeňa a že sú podobne kortiko-motorickým bunkám, ktoré koordinujú svaly ruky pri dosahu. Avšak sú interindividuálne rozdiely v oboch znakoch svalovej synergie a počte svalových synergii, čo naznačuje, že svalové synergie sú tvarované adaptívnymi procesmi.

Samotný úchop je spojený s dvoma skupinami synergii. Kinematická synergia, ktorá má za zodpovednosť stabilizovať úchopovú apertúru. Úchopová apertúra je vzdialenosť medzi špičkou palca a ukazováka (Latash, 2008, str. 246). Kinematické synergie t.j. stabilné korelácie medzi uhlom kĺbov počas viackĺbového pohybu, ktoré boli popísané v rôznych experimentálnych situáciách ako časovo-priestorová koordinácia medzi pohybom palca a ukazováka pri konfigurácii ruky počas pohybu dosah-úchop (Gryniagin, 2004). Pri samotnom dosahu sa apertúra zväčší zo 60% na 70% celú dobu trvania dosahu a potom následne sa začne uzatvárať. Veľkosť apertúry závisí na vlastnostiach objektu ako je veľkosť a hmotnosť. Kinetická synergia, ktorá stabilizuje mechanickú akciu ruky už pri samotnom úchope (Latash, 2008, str. 247).

Motorická funkcia ruky je neoddeliteľnou časťou od jej senzorickej funkcie. Ruka je redundantným systémom, ktorý je ovládaný pomocou synergii (Latash, 2008, str. 242).

1.3.2 Riadenie úchopu na rôznych úrovniach CNS

Pohyb človeka má vlastný vnútorný zdroj sily a je riadený teleologicky za účelom dosiahnutia konkrétneho zamýšľaného cieľa. Je riadený z CNS a preto pohybová aktivita priamo súvisí s činnosťou CNS, s intelektom a psychikou (Velé, 2006). Funkčný systém, ktorý kontroluje hybnosť je tvorený oblasťami mozgovej kôry, bazálnymi gangliami, niektorými oblasťami talamu, mozgového kmeňa, mozočkom a niektorými oblasťami chrbticovej miechy (Koukolik, 2002).

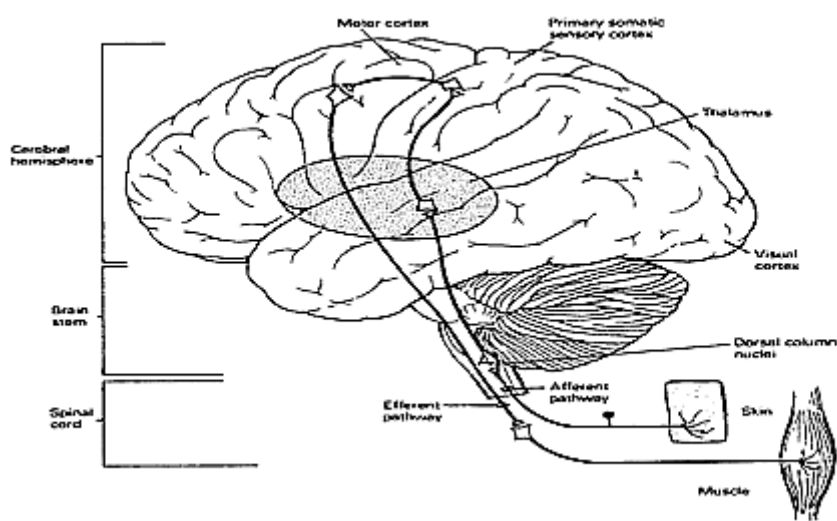
Senzorické a motorické systémy inervujúce trup a končatiny musia navzájom spolupracovať a integrovať informácie s cieľom vykonať behaviorálny čin ako je uchopenie predmetu. Aferentné informácie pôsobia na miechovej úrovni alebo stúpajú vyššie cez zadný stĺpec jadier a talamus pred dosiahnutím somatosenzorických a motorických oblastí mozgovej kôry. Následne pomocou priamej motorickej cesty dochádza k excitácii motoneurónov v mieche (Kandel and Schwartz, 1985 in Mackenzie, 1994; vid'. obr. 5).

Nervové dráhy kontrolujúce proximálne a distálne svalové skupiny majú odlišnú organizáciu (Mackenzie, 1994). Za samotný úchop sú zodpovedné tri kôrové štruktúry. Medzi tieto štruktúry patrí primárna motorická kôra, premotorická kôra a parientálny kortex (Fradiga et al., 2005 in Latash, 2008). Primárna motorická kôra a kortikospinálny trakt sú rozhodujúcou časťou pre správnu funkciu ruky. Individuálne neuróny v kortikospinálnom trakte produkujú excitačný a inhibičný efekt na alfa motoneuróny svalov ruky na kontralaterálnej časti tela. Stimulácia jednotlivých kortikálnych neurónov má efekt na viaceré svaly hornej končatiny vrátane ruky a proximálnych svalov. Z tejto organizácie vyplýva, že činnosť neurónov, ktoré sú v kôre sa skôr týka pohybu viacerých ako jednotlivých svalov (Latash, 2008, str.244).

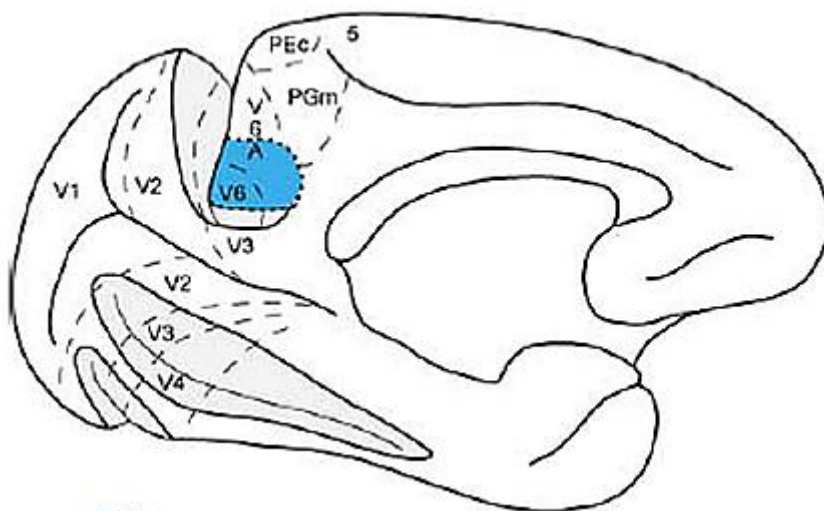
Nedávne fyziologické štúdie na opiciach – makakách preukázali, že mediálny parieto-okcipitálna kôra obsahuje dve oblasti: vizuálnu oblasť označovanú ako V6 a vizuomotorickú oblasť V6A. Oblasť V6 je vizuálna oblasť, ktorá dostáva tvarové a pohybové informácie priamo od V1 a je silne spojená s V6A. Oblasť V6A je vizuálno – somatosenzorická oblasť, ktorá spracováva vizuálne informácie ako tvar, pohyb a priestor, ktoré sú potrebné pre kontrolu dosahu a úchopu. Somatosenzorické a motorické aktivity v V6A vplývajú na horné končatiny a zahŕňajú transportnú fázu a úchopové pohyby. V6A je silne a vzájomne spojená s dorzálnym premotorickým

kortexom, ktorý kontroluje pohyby paže. Dosahovací pohyb je kontrolovaný mediálnym parientofrontálnym okruhom, ktorý zahŕňa horný parientálny lalok a dorzálnu časť premotorického kortexu. Úchopový pohyb je kontrolovaný laterálnym parientofrontálnym okruhom vrátane spodného parientálneho laloka a prednej časti premotorickej kôry. Predpokladá sa, že ľudský a opičí horný parientálny lalok sú homológne štruktúry (Galletti et al.,2003, str.158; vid' obr. 6).

Obrázok 5. Úrovne CNS vrátane mozgových hemisfér, mozgového kmeňa, miechy (Kandel and Schwartz, 1985 in Mackenzie, 1994, str. 73).



Obrázok 6. Funkčné oblasti zadnej časti mozgu makák (Galletti et al., 2003).



Legenda (obr.5): V2,V3,V3,V6,V6A – extrastriátové vizuálne oblasti,

Mayer et al., (2004) vyjadrili mienku, že nie je jasné či motorická kôra ovláda každý segment končatiny individuálne alebo ovláda končatinu ako celok. Na druhej strane, nepriame dôkazy naznačujú, že motorická kôra riadi rôzne segmenty horných končatín ako celok a nie jednotlivo. Diferencovaná a manipulačná funkcia ruky je kortikalizovaná, jej kontrola výrazne stranovo diferencovaná a vyžaduje si zapojenie primárneho motorického kortexu. Funkcia pletenca je viac riadená bilaterálne pričom sa skôr aktivujú suplementárna motorická oblasť, premotorická oblasť a subkortikálne regióny. Neurozobrazovacie metódy podporujú hypotézu, že aktivácia ruky vedie k aktivácii ramena a jeho centrácii. Účelom tohto mechanizmu je zabezpečenie dynamickej stability hornej končatiny, optimálna centrácia ramena a „dynamickej postúry“ pri manipulačných aktivitách ruky. Toto všetko sa nedeje z primárneho motorického kortexu ale so subkortikálnych štruktúr a ďalších oblastí. V poslednej dobe sa ukázalo, že motorické kortikálne obvody ovládajúce ramenné svaly sú čiastočne funkčne spojené s tými, ktoré ovládajú viac distálne svaly, ako sú zápästie a lakte (Devanne, 2002 in Latash 2008).

Riadenie jemnej motoriky je uložené v cerebelárnom kortexe, niektorých častiach mozoka a výkonným orgánom je motorická pyramídová dráha, ktorá riadi obratnú-akrálnu hybnosť. Aby tieto systémy správne pracovali je potrebná spolupráca s vývojovo staršími systémami, ktoré nastavujú vhodné predpoklady pre hybnosť jemnej motoriky (Velé, 1997, str. 52).

Regióny mozgovej kôry, bazálnych ganglií a mozoka sú zapojené do plánovania a programu pohybu pred jeho začiatkom. Plánovanie sa vyvíja v rámci asociačnej kôry, limbického kortexu, laterálneho mozoka a bazálnych ganglií, ktoré všetky posielajú motorické príkazy do motorickej kôry. Motorická kôra vyberá podľa poradia motorické programy z nižších centier pre vykonanie pohybu. Zmyslové informácie z periférie sa privádza späť do kôrových oblastí pre ďalšie plánovanie a príkazy (Mackenzie, 1994).

Pre správny dosah a úchop predmetu je potrebná vizuomotorická transformácia, ktorá zahŕňa dve rozličné cesty z primárnej zrakovkej kôry do premotorickej oblasti. Dorzolaterálny okruh obsahujúci intraparietálnu prednú oblasť pripojenú k rostrálnej časti ventrálnej premotorickej kôry a dorzomediálny okruh, ktorý obsahuje prednú časť sulcus occipitoparietalis a dorzálnu kaudálnu premotorickú kôru. Dorzolaterálny

obvod je spojený s úchopom a manipuláciou predmetu, zatiaľ čo dorzomediálny okruh je spojený s dosahom. Senzorická informácia z kože, proprioceptorov a vizuálna aferentácia, môžu rozlične modulovať kortikálny prúd informácii pri relácii štartovacej postúry alebo geometrie paže (Dominici, 2005, str. 500).

Ďalšou štruktúrou, ktorá sa podieľa na riadení úchopu sú bazálne ganglia. Ich hlavnou úlohou je výber vhodných a inhibície nevhodných pohybových vzorov a synergizmov. Prepájajú kôrové oblasti s ascendentnými a descendentnými systémami, ovplyvňujú posturálne postavenie pre určitý špecifický pohyb a koordinujú jemnú cielenú hybnosť a úchopovú silu (Růžička, 2006, str.44; Prodoehl, 2008, str.901). Talamické jadrá a hypotalamus sa zúčastňujú pri posturálne – lokomočnej koordinácii. Prostredníctvom prepojenia cez nucleus dentatus cerebella a Betzove bunky kortexu ovplyvňujú aj jemnú akrálnu motoriku (Velé, 2006). Axóny Betzových buniek prebiehajú v kortikospinálnom trakte (Latash, 2008).

Pri ukazovaní na cieľ, dochádza k aktivácii svalov ramena, lakťa a ruky, ktoré sa zapojujú spoločne a riadené sú spoločnými motorickými okruhmi. Oblasti reprezentujúce určité proximálne a distálne svaly majú podobnú veľkosť a navzájom sa prekrývajú (Devanne, 2002, str.3007).

1.4 Ontogenetický vývoj úchopovej schopnosti ruky

Ľudská ruka je unikátne navrhnutá pre vykonávanie širokej škály motorických funkcií (Latash, 2008, str.242). Úchop patrí medzi dôležité funkcie človeka (Ito, 2009, str.1).

Vývoj úchopu bol sumarizovaný do troch kategórií. Prvou z kategórií je vývoj selektívneho vnímania pre objekty od väčších po menšie. Druhou je vývoj dosahu od bilaterálneho po unilaterálny a patrí sem aj vývoj úchopu od reflexného úchopu po úchop z vizuálnou kontrolou. Samotný úchop u novorodencov sa prevažne riadi taktilnými a proprioceptívnymi reflexami. Stimulácia dlane vyvolá zatvorenie ruky, pokiaľ stimulácia dorsa ruky môže inhibovať úchopový reflex alebo vyvolať reflexné otvorenie ruky (Gordon et Forssberg in Connolly, 1997, str.216). Trakcia ramena pôsobí stretch flexorov a tiež má za následok zatvorenie ruky ako súčasť flexorovej

synergie, kde všetky svaly okolo ramena, lakťa a zápästia sú kontrahované (Bennett et al., 1994, str.38).

Základné motorické prvky pre dosah a úchop sa zakladajú na začiatku vývoja a pomocou motorického učenia vedú k rýchlemu rozvoju senzomotorických stratégií počas prvého roku života. U novorodenca sú pohyby holokinetické, pričom na horných končatinách stereotypné, mávavé, nepravidelné (Gordon et Forssber in Connolly, 1997, str.214). Novorodenec siaha po cieľi, ale bez toho aby si ruku uvedomoval (Oztop et al., 2004, str.481). V prvom mesiaci je palec flektovaný do dlane. Po narodení môžu niektoré deti v prvých týždňoch života prejavovať tzv. “surovú ruku“ pri formovaní k objektu ale pohyby prstov sú nedokonale. Pohyb môže predstavovať určitý stupeň proximo-distálneho motorického vzoru, ktorý sa nakoniec vyvinie do úchopu (Bennet et al., 1994).

Okolo 6.týždňa sa uvoľňuje flekčné postavenie horných končatín. Lakte sa dostávajú kraniálnejšie. v zápästí prevažuje ulnárna dukcia. V polohe na bruchu dochádza ku krátkodobým pokusom o oporu o horné končatiny (Čáповá, 2008, str.30). V druhom mesiaci povoľuje flekčné držanie prstov a dlaň sa postupne otvára, palec je v addukcii. V treťom mesiaci dochádza k zmene z úložnej plochy na opornú bázu. Dieťa zaujíma symetrické postavenie končatín, dlane má prevažne otvorené. Začína sa hrať s rukami – koordinácia oko-ruka-ústa. Ruky si dáva do stredu zorného pola. V polohe na brušku zaujíma oporu o celé predlaktie, vrátane lakťov. V tomto mesiaci začína vývoj voľného úchopu, preto dieťa musí mať otvorené dlane (Cibochová, 2004, str.294). Kontaktuje pomocou ruky svietiace a zvučné objekty (Oztop et al., 2004, str.481).

Jemný úchop sa objavuje medzi 9-12 mesiacom, čo súvisí s vývojom a dozrievaním kortikomotoneurónových spojení. V 4.mesiaci začína dieťa uchopovať pomocou tzv. ulnárneho úchopu t.j. cielené smerované otváranie ruky a uchopenie predmetu z ulnárnej strany, pričom používa tú ruku na ktorej strane sa nachádza daný predmet. Ulnárny úchop prechádza v úchop radiálny v 5.mesiaci života, kedy ponúkaný predmet dieťa uchopí v strednej rovine pri radiálnom postavení ruky (Cibochova, 2004, str.294). Okolo 4-5 mesiaca života sa zlepšuje odhad vzdialenosti a smeru k dosiahnutiu určitého cieľa, ale orientácia ruky a uzatvorenie prstov zostávajú naďalej ešte stále pomerne obmedzené (Gordon et Forssberg in Connolly, 1997,

str.216). Dieťa dokáže uvoľniť jednu hornú končatinu pre úchop a manipuláciu s predmetom, pomocou vychýlenia ťažiska laterálne (Vojta, 2010, str.9). Okolo tohto veku nastáva aj progresívna disociácia úchopového reflexu a trakčnej odpovede. Často je táto reorganizácia sprevádzaná poklesom pohybových zručností, ktoré sú potom preformované viac na primeranú úroveň (Bennett et al., 1994, str.39). V 6.mesiaci začína dieťa uchopovať predmet už aj cez strednú líniu. Palec sa začína pomaly zapájať do úchopu (Cibochová, 2004, str.295). V tomto mesiaci už možno u dieťaťa pozorovať určitú formu silového a precízneho úchopu. Pričom precízny úchop sa postupne stáva dominantnou formou, ktorá je modifikovaná pre menšie predmety počas druhého roka života (Butterworth et al., 1997 in Oztop et al., 2004, str.481).

V 7.mesiaci sa dieťa začína dostávať na štyri a odtiaľ sa môže dostať do šikmého sedu. V tomto období je úchop dlaňovo-radiálny, pričom dochádza k diferenciacii ruky na 3 funkčné paprsky – palec, ukazovák a prostredník, prstenník a malíček. Asi v 7,5 mesiaci sa začína dieťaťu vyvíjať pinzetový úchop. V 8.mesiaci sú horné končatiny používané k lokomócie na štyroch. Najprv je lezenie o širokej báze, ktorá sa postupne zužuje. Dieťa cielene uchopí predmet nad hlavou (Cibochová, 2004, str.295). V 9.mesiaci sa u dieťaťa vyvinie spodný kliešťový úchop, kedy je schopné uchopiť guľôčku medzi palec a ukazovák. Začína sa postavovať z polohy na štyroch pomocou rúk, kedy dochádza k oslobodeniu ramenného pletenca od lokomócie, čo umožňuje dokončenie vývoja úchopu a manipulácie hornou končatinou. Pôvodná lokomočná funkcia sa nestráca ale zasúva sa za funkciu manipulácie a úchopu. Medzi 9-13 mesiacom života, dosah je viac preprogramovaný o čom svedčí skoršia orientácia ruky a predvídanie veľkosti objektu a jeho orientácia (Oztop et al., 2004, str.481), ruka začína byť otvorená v tvare veľkosti objektu (Gordon et Forssberg in Connolly, 1997, str.215). V 12. mesiaci sa definitívne mení funkcia ruky z opornej na úchopovú (Cibochová, 2004, str.296).

2 CIELE A HYPOTÉZY

2.1 Cieľ práce

Zistiť rozdiel v miere zapojenia svalov ramenného pletenca a predlaktia pri jednotlivých typoch úchopov a zistiť vzájomné korelácie proximálnych a distálnych svalov počas dosahu, úchopu a nadvihnutia 5-ich predmetov.

2.2 Vedecké otázky a hypotézy

Vedecká otázka č.1 :

Ako sa zmení miera zapojenia svalov ramenného pletenca a predlaktia pri rôznych typoch úchopov?

H₀1: Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri dosahu malého a veľkého valca, lopty, golfovej loptičky a pera.

H₀2: Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri úchope jednotlivých predmetov malého a veľkého valca, lopty, golfovej loptičky a pera

H₀3: Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri nadvihnutí jednotlivých predmetov malého a veľkého valca, lopty, golfovej loptičky a pera

Vedecká otázka č.2:

Aký je vzájomný vzťah medzi proximálnymi a distálnymi svalmi hornej končatiny počas jednotlivých fáz úchopu predmetov?

H₀4: Medzi mm. extensores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri dosahu

H₀5: Medzi mm. extensores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri úchope

H₀6: Medzi mm. extensores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri nadvihnutí

H₀7: Medzi mm. flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri dosahu

H₀8: Medzi mm. flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri úchope

H₀9: Medzi mm. flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri nadvihnutí

3 METODIKA

3.1 Charakteristika súboru

Vybraný súbor obsahoval 26 zdravých probandov, pričom boli zastúpené obe pohlavia, 20 žien a 6 mužov. Ich priemerný vek bol 24,73 rokov (rozpätie 21-33 rokov), priemerná výška 167,15 cm (rozpätie 160-191cm) a priemerná hmotnosť 68,34 kg (rozpätie 52-100kg). U probandov neboli v anamnéze zistené žiadne úrazy dominantnej pravej hornej končatiny. Všetci probandi podpísali písomný súhlas s účasťou vo svojej štúdií.

3.2 Výskumná metóda

Bola snímaná svalová aktivita na pravej dominantnej hornej končatine pomocou povrchovej elektromyografie. Dominantnosť hornej končatiny sme určili na základe testu presného hodu.

3.3 Postup merania

Meranie prebiehalo v Kineziologickom laboratóriu Fakultnej nemocnice Olomouc v pracovných dňoch medzi 7:00-16:00 hodinou. Priebeh merania bol rovnaký pre všetkých probandov, pričom bola snaha zaistiť pokojné prostredie, aby probandi neboli ničím rušení.

Na začiatku merania boli probandi oboznámený s priebehom merania. Probandi zaujali pozíciu v sede na stoličke, čelom k stolu. Stolička bola výškovo nastaviteľná tak, aby probandi mohli zaujať vzpriamenú pozíciu tela s predlaktím položeným voľne na stole. Bola vyznačená pomocou lepiacej pásky vzdialenosť 20 cm od okraja stola a vzdialenosť na dĺžku hornej končatiny bez rotácie trupu s extendovaným laktom.

3.3.1 Čistenie kože a lepenie elektród

Najprv boli vypalované stredy svalových brušiek snímaných svalov. Pred nalepením elektród bola koža očistená abrazívnou pastou a utretá následne mokrým uterákom a vytretá dosucha. Potom boli izometrickou aktivitou ozrejmené svalové

vlákna, na ktoré boli nalepené 2 elektródy kolmo na priebeh svalových vlákien. Na olecranon ulnae bola nalepená zemniaca elektróda. Správne nalepenie elektród bolo overené pohybom jednotlivých častí proti odporu a zmena svalovej aktivity bola sledovaná na monitore EMG záznamu. Následne boli zafixované zosilňovače signálu pomocou lepiacej pásky. Snímanie elektrickej aktivity svalov bolo robené pomocou 8 kanálového povrchového elektromyografu Myosystem od firmy Noraxon zo softwarom Myovideo. Bolo použitých všetkých osem kanálov:

1. kanál – mm.extensores antebrachii (EA)
2. kanál – mm. flexores antebrachii (FA)
3. kanál – m.infraspinatus (INF)
4. kanál – m.trapezius pars descendens (TD)
5. kanál – m.latissimus dorsi (LD)
6. kanál – m.deltoideus pars anterior (DA)
7. kanál – m.serratus anterior (SA)
8. kanál – m. triceps brachii pars medialis (TB)

3.3.2 Priebeh merania

Vlastný priebeh merania spočíval v uchopovaní rôznych predmetov. Medzi tieto predmety patrili valec s priemerom 6,5 a 7,5 cm, lopta o priemere 23 cm, golfová loptička a pero (obr.7). Probandi sedeli za stolom, pričom nohy mali na šírku panvy a horné končatiny mali voľne položené na stole s laktami mimo stôl. Najprv bola zameraná kľudová aktivita v čase rozmedzí 20 sekúnd. Potom probandi z východzej pozície uchopovali predmet, ktorý bol na vzdialenosť dĺžky hornej končatiny s extendovaným laktom a ich úlohou bolo umiestniť tento predmet na značku, ktorá bola 20 cm pred nimi a následne mali vrátiť horné končatiny do východzej pozície. Tento postup bol zopakovaný trikrát pre každý z predmetov, pričom rozdiel bol v uchopovaní pera, kedy probandi nevracali ruky do východzej pozície ale dotkli sa hrotom pera značky pred sebou.

Obrázok 7. Typy uchopovaných predmetov.



3.4 Spracovanie a vyhodnotenie EMG signálu

K spracovaniu a k vyhodnoteniu nameraných dát bol použitý program Myoresearch a Myovideo. V rámci vyhodnotenia bol úchop rozdelený na tri časti: dosah (od okamžiku zdvihnutia ruky nad stôl po dosah predmetu), samotný úchop predmetu (plné uchopenie predmetu všetkými prstami) a nadvihnutie predmetu nad stôl. Samotný záznam bol najprv upravený pomocou EKG redukcie, následne vyhladený a rektifikovaný. Pre získanie číselných hodnôt bola použitá funkcia Standart Report, kde sa kľudová aktivita a samotná aktivita vyhodnotila pomocou 50ms stepov. Získané priemerné hodnoty boli následne spracované pomocou programu MS Excel, kde bola vypočítaná aktivačná hodnota svalu (AH) ako súčet priemernej kľudovej aktivity + 2x smerodatná odchýlka. Aktivačná hodnota bola využitá na vydelenie aktivity jednotlivých svalov pri aktivite, čím sme dostali násobky aktivačných hodnôt, ktoré boli následne štatisticky spracované.

3.5 Štatistické spracovanie

Pre štatistické spracovanie údajov bol použitý program Matlab, software Statistika Cz verzia 10 a čiastočne aj software Excel 2007.

Z násobkov aktivačných hodnôt bol vypočítaný integrál plochy pod krivkou, smerodatná odchýlka, priemerná hodnota násobku aktivačnej pre jednotlivé svaly a rozsah násobku aktivačnej hodnoty. Následne bola použitá viacfaktorová ANOVA

pre zistenie vzťahu medzi aktivitou svalov a predmetmi, medzi svalmi navzájom a u jednotlivých predmetov. Následne sme urobili Post hoc test – Scheffeho test, ktorý sa robí ak sa v ANOVA zachytil významný rozdiel medzi priemermi, na identifikáciu skupín, ktorých priemery sa od seba líšia. Používa sa pre určenie signifikantného rozdielu medzi skupinami.

Pre vedeckú otázku č.2, aký je vzájomný vzťah medzi distálnymi a proximálnymi svalmi hornej končatiny počas jednotlivých fáz úchopu predmetov sme použili program Matlab, pre výpočet viacnásobnej regresie. Viacnásobná regresia skúma lineárnu závislosť medzi dvoma a viacerými premennými.

Vzorec č.1: Výpočet viacnásobnej regresie

$$y=b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m + u$$

Z hodnôt, ktoré nám vyšli sme v software Excel 2007 vytvorili tabuľky a grafy regresných parametrov pre jednotlivé svaly pri dosahu, úchope a nadvihnutí.

4 VÝSLEDKY

4.1 Výsledky k výskumnej otázke č.1

„Ako sa zmení miera zapojenia svalov ramenného pletenca a predlaktia pri rôznych typoch úchopov?“

Hypotéza H_0 : Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri dosahu valcov, lopty, golfovej loptičky a pera - **nedá sa zamietnuť**.

Na základe analýzy opakovaných meraní rozptylu nevyšiel štatisticky významný rozdiel v závislosti na type dosahovaného predmetu ($p > 0,05$) vid' tab.1. Na základe priemerných hodnôt integrálu (vid' tab 2.) je možné vidieť rozdiely zapojenia medzi svalmi, predovšetkým sa to týka svalov m.deltoideus pars anterior (DA) a infraspinatus, DA a m.trapezius pars descendes a DA a m.latissimus dorsi. Scheffov test (vid' tab 3.), ktorým sa dá zistiť či sú alebo nie sú priemery dát z dvoch testovaných parametrov významne odlišné sa potvrdil štatisticky významný rozdiel medzi zapojením DA a všetkými svalmi, EA a LD, FA a INF, LD, LD a SA (vid' tab.1).

Tab 1. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri dosahu

Efekt	P
predmet	0,9631
Sval	0,0000
Sval*predmet	1,0000

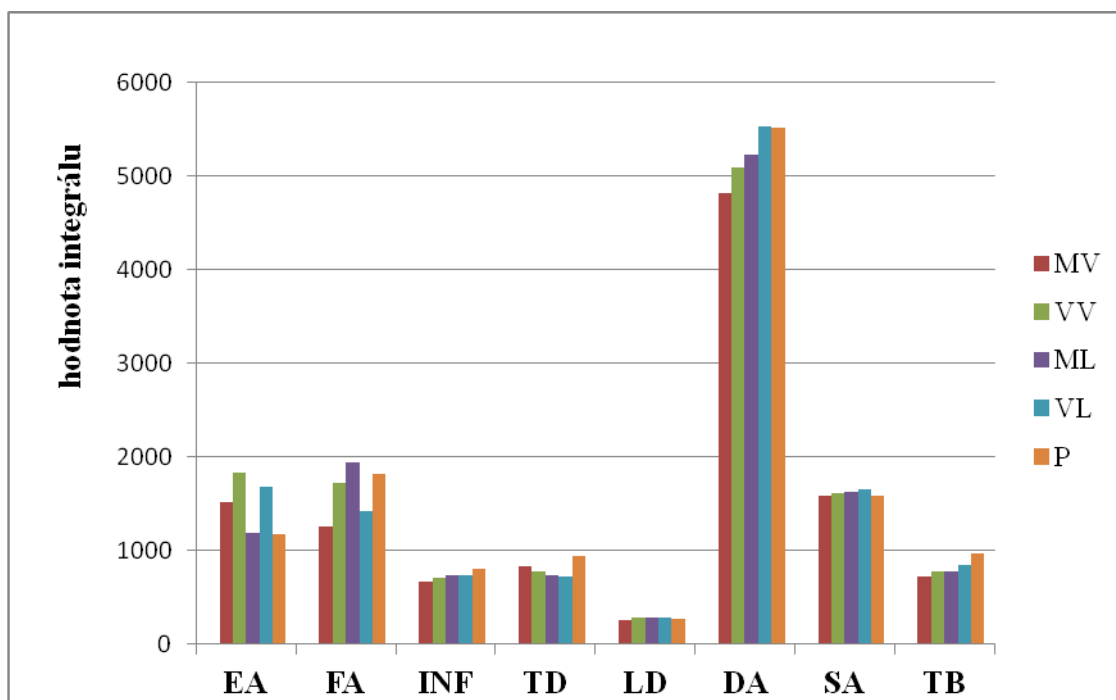
Legenda: p – hladina štatistickej významnosti

Tab 2. Priemerná hodnota integrálu pri dosahu

	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
Predmet								
MV	1514,056	1263,254	672,8984	830,3079	261,5309	4818,359	1588,007	722,1421
VV	1833,905	1724,656	706,0036	776,5576	278,7889	5098,124	1618,062	780,8025
ML	1189,664	1935,844	741,4093	738,0566	289,5779	5231,603	1633,883	782,5367
VL	1680,907	1415,844	739,1123	719,3431	281,1394	5532,830	1658,574	846,6653
P	1168,969	1820,691	801,6849	940,5946	272,7840	5514,058	1589,752	964,1160

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P - pero

Graf 1. Priemerná hodnota integrálov pri dosahu pre jednotlivé svaly



Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero

Tab 3. Scheffeho test pri dosahu

		Scheffeho test, premenná ZP 1 (vse.sta)							
		Pravdepodobnosť pre post-hoc testy							
Sval	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	
	1477,5	1632,1	732,22	800,97	276,76	5239,0	1617,7	819,25	
EA		0,9997	0,2024	0,3279	0,0007	0,0000	0,9998	0,3667	
FA	0,9997		0,0478	0,0965	0,0000	0,0000	1,0000	0,1145	
INF	0,2024	0,0478		1,0000	0,8181	0,0000	0,0558	1,0000	
TD	0,3279	0,0965	1,0000		0,6790	0,0000	0,1105	1,0000	
LD	0,0007	0,0000	0,8181	0,6790		0,0000	0,0001	0,6372	
DA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	
SA	0,9998	1,0000	0,0558	0,1105	0,0001	0,0000		0,1303	
TB	0,3667	0,1145	1,0000	1,0000	0,6372	0,0000	0,1303		

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii

Hypotéza H₀₂ Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri úchope jednotlivých predmetov valcov, lopty, golfovej loptičky a pera - **nedá sa zamietnuť**

Analýzou rozptylu opakovaných meraní nevyšiel štatisticky významný rozdiel medzi uchopovanými predmetmi a svalmi ($p > 0,05$) vid' tab.4. V tabuľke č.5 a grafe č.2 môžeme vidieť veľký rozdiel v priemernej hodnote medzi svalmi m.deltoideus a ostatnými svalmi. Scheffeho testom (tab. 6) bol zistený štatisticky významný rozdiel v aktivite svalov DA a všetkými svalmi, EA a temer všetkými svalmi okrem SA, LD a SA.

Tab 4. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri úchope

Efekt	p
predmet	0,980
sval	0,000
predmet*sval	0,940

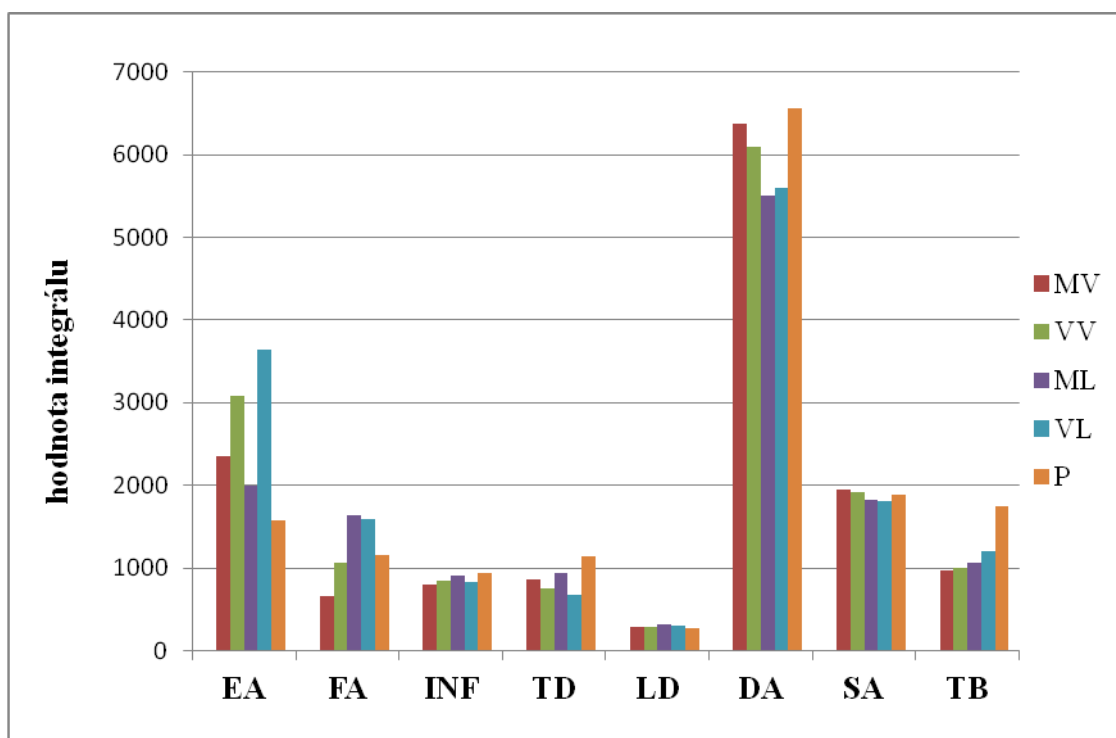
Legenda: p – hodnota významnosti

Tab 5. Priemerná hodnota integrálu pri úchope

	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
Predmet								
MV	2344,832	662,723	798,246	853,327	283,441	6373,224	1944,519	974,564
VV	3078,226	1063,762	842,452	751,498	283,262	6094,477	1920,251	1002,300
ML	1995,778	1635,603	910,048	941,149	309,987	5502,223	1816,007	1055,238
VL	3633,041	1594,024	821,982	667,371	296,689	5603,528	1803,899	1209,001
P	1570,976	1159,258	936,242	1143,060	267,042	6565,851	1883,965	1751,815

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P - pero

Graf 2. Priemerná hodnota integrálov pri úchope pre jednotlivé svaly



Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P - pero

Tab 6. Scheffeho test pri úchope

		Scheffeho test, premenná ZP 1 (vse.sta)						
		Pravdepodobnosť pre post-hoc testy						
Sval	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
	2524,6	1223,1	861,79	871,28	288,88	6027,9	1873,7	1198,6
EA		0,0280	0,0006	0,0007	0,0000	0,0000	0,7852	0,0226
FA	0,0280		0,9905	0,9919	0,3206	0,0000	0,7855	1,0000
INF	0,0006	0,9905		1,0000	0,8782	0,0000	0,2171	0,9938
TD	0,0007	0,9919	1,0000		0,8683	0,0000	0,2286	0,9948
LD	0,0000	0,3206	0,8782	0,8683		0,0000	0,0016	0,3580
DA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
SA	0,7852	0,7855	0,2171	0,2286	0,0016	0,0000		0,7503
TB	0,0226	1,0000	0,9938	0,9948	0,3580	0,0000	0,7503	

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii

Hypotéza H_03 Nie je štatisticky významný rozdiel v aktivite sledovaných svalov ramenného pletenca a predlaktia pri nadvihnutí jednotlivých predmetov valcov, lopty, golfovej loptičky a pera – **nedá sa zamietnuť**

Na základe analýzy opakovaných meraní rozptylu nevyšiel štatisticky významný rozdiel v závislosti na type nadvihnutého predmetu ($p > 0,05$) vid' tab 6. Na základe priemerných hodnôt integrálu (graf č. 3) je možné vidieť rozdiely zapojenia medzi svalmi, predovšetkým sa to týka svalov m.deltoideus pars anterior (DA) a m.lattissimus dorsi. Scheffeho test (tab.8) ukázal, že je štatisticky významný rozdiel medzi DA a všetkými svalmi, EA a všetkými svalmi okrem SA, LD a SA, TB.

Tab 7. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri nadvihnutí

Efekt	p
predmet	0,859
sval	0,000
sval*predmet	1,000

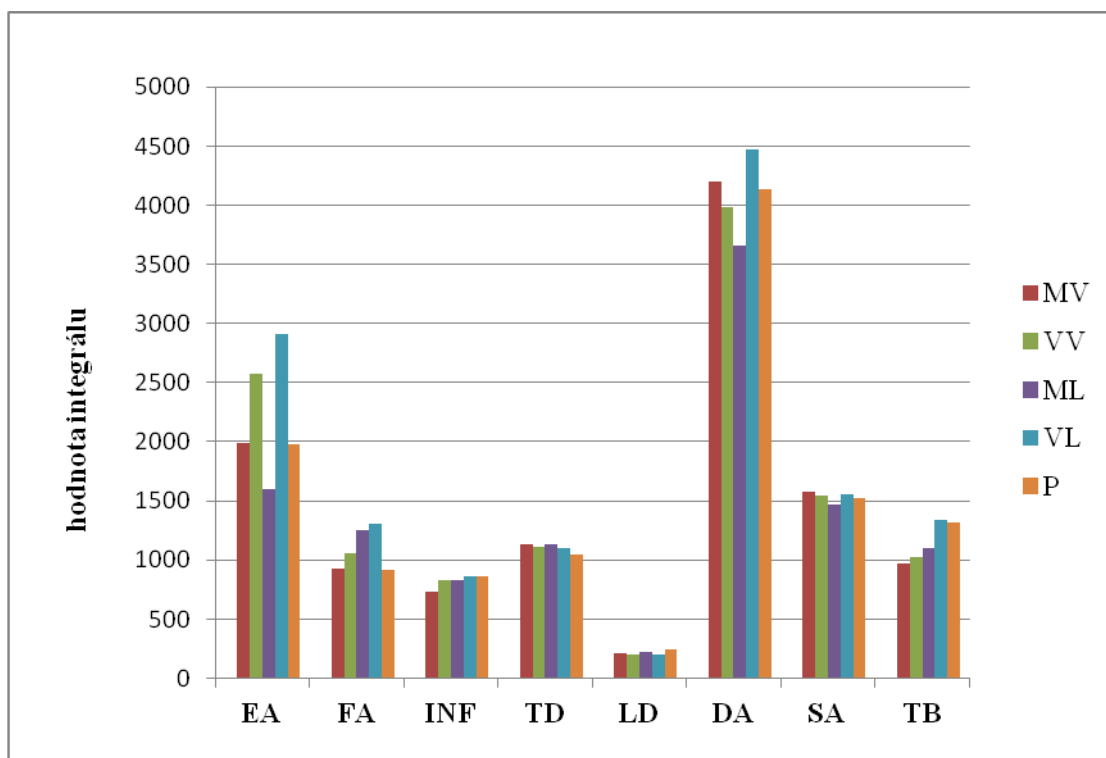
Legenda: p- hodnota významnosti

Tab 8. Priemerná hodnota integrálov pri nadvihnutí

	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
Predmet								
MV	1990,614	925,044	733,528	1131,773	210,579	4197,116	1581,433	965,586
VV	2573,270	1055,410	834,246	1114,764	201,300	3987,008	1542,582	1024,546
ML	1594,667	1252,220	825,186	1135,160	217,650	3655,814	1473,886	1105,530
VL	2910,969	1308,094	858,174	1099,295	195,833	4473,502	1556,441	1336,855
P	1974,628	915,442	862,585	1050,169	242,021	4135,055	1527,777	1314,720

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P - pero

Graf 3. Priemerná hodnota integrálov jednotlivých svalov pri nadvihnutí



Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P-pero

Tab 9. Scheffeho test pri nadvihnutí

		Scheffeho test, premenná ZP 1 (vse.sta)						
		Pravdepodobnosť pre post-hoc testy						
Sval	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}
	2203,4	1089,6	822,47	1106,3	213,61	4086,7	1536,3	1148,0
EA		0,0057	0,0001	0,0071	0,0000	0,0000	0,4077	0,0123
FA	0,0057		0,9918	1,0000	0,0885	0,0000	0,8621	1,0000
INF	0,0001	0,9918		0,9882	0,5390	0,0000	0,3115	0,9736
TD	0,0071	1,0000	0,9882		0,0756	0,0000	0,8849	1,0000
LD	0,0000	0,0885	0,5390	0,0756		0,0000	0,0002	0,0498
DA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
SA	0,4077	0,8621	0,3115	0,8849	0,0002	0,0000		0,9310
TB	0,0123	1,0000	0,9736	1,0000	0,0498	0,0000	0,9310	

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii,

4.2 Výsledky k výskumnej otázke č.2

„Aký je vzájomný vzťah medzi proximálnymi a distálnymi svalmi hornej končatiny počas jednotlivých fáz úchopu predmetov?“

H₀₄ Medzi mm. extenzores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri dosahu.

Na základe štatistického spracovania pomocou viacnásobnej regresie boli zistené korelačné vzťahy medzi mm.extenzores a m.DA. Medzi svalom DA a EA dochádza k pozitívnej korelácii pri dosahu veľkého valca ($p = 0,014$), čo je menej ako určená hladina významnosti $p > 0,05$. Pre tieto dva svaly **hypotézu zamietame** (viď. tab 10.). Medzi ostatnými svalmi (EA a INF, EA a TD, EA a LD, EA a TB, EA a SA) nedochádza k štatisticky významnej korelácii. Pre túto skupinu svalov **hypotézu nemôžeme zamietnuť**.

H₀₅ Medzi mm.flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri dosahu

Ku štatisticky významnej korelácii dochádza medzi FA a DA pri dosahu malého valca, malej a veľkej lopty a pera. FA a LD majú vzájomný štatistický vzťah pri dosahu malej lopty, FA a TB pri dosahu veľkej lopty (tab 11.). Pre tieto svaly **hypotézu zamietame**. Medzi ostatnými svalmi nedochádza k vzájomnej korelácii (FA a SA, FA a INF, FA a TD) preto pre tieto svaly **hypotézu nemôžeme zamietnuť**.

Tab 10. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu

Sval/ predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/EA	0,951	0,911	0,951	0,772	0,948
TD/EA	0,717	0,662	0,512	0,942	0,585
LD/EA	0,467	0,487	0,458	0,469	0,770
DA/EA	0,052	0,014	0,148	0,232	0,121
SA/EA	0,792	0,974	0,819	0,946	0,945
TB/EA	0,614	0,540	0,830	0,613	0,953

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

Tab 11. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu

Sval/predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/FA	0,473	0,770	0,350	0,699	0,356
TD/FA	0,147	0,522	0,194	0,810	0,501
LD/FA	0,760	0,991	0,017	0,904	0,810
DA/FA	0,003	0,050	0,028	0,027	0,044
SA/FA	0,291	0,728	0,546	0,915	0,053
TB/FA	0,259	0,144	0,346	0,009	0,234

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

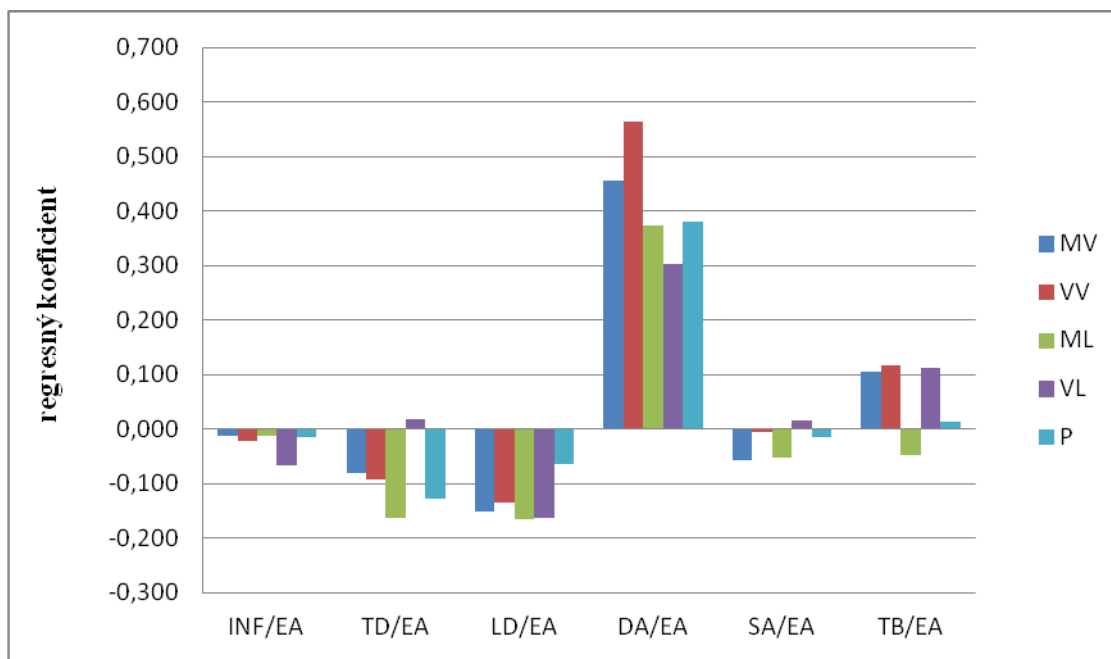
Na základe vypočítaného regresného koeficientu je vidieť v tabuľke (tab 12.) , že medzi svalmi EA a DA je určitý pozitívny vzájomný vzťah. Medzi FA a DA, FA a LD je možné vidieť v tab. 13 vzájomný agonistický vzťah na základe vypočítaných regresných koeficientov.

Tab 12. Regresný koeficient medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu

Sval/predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/EA	-0,013	-0,022	-0,014	-0,068	-0,015
TD/EA	-0,080	-0,092	-0,164	0,018	-0,128
LD/EA	-0,152	-0,135	-0,166	-0,163	-0,066
DA/EA	0,456	0,565	0,374	0,302	0,380
SA/EA	-0,057	-0,007	-0,053	0,016	-0,016
TB/EA	0,105	0,117	-0,047	0,111	0,013

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero

Graf 4. Parametre regresie medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu



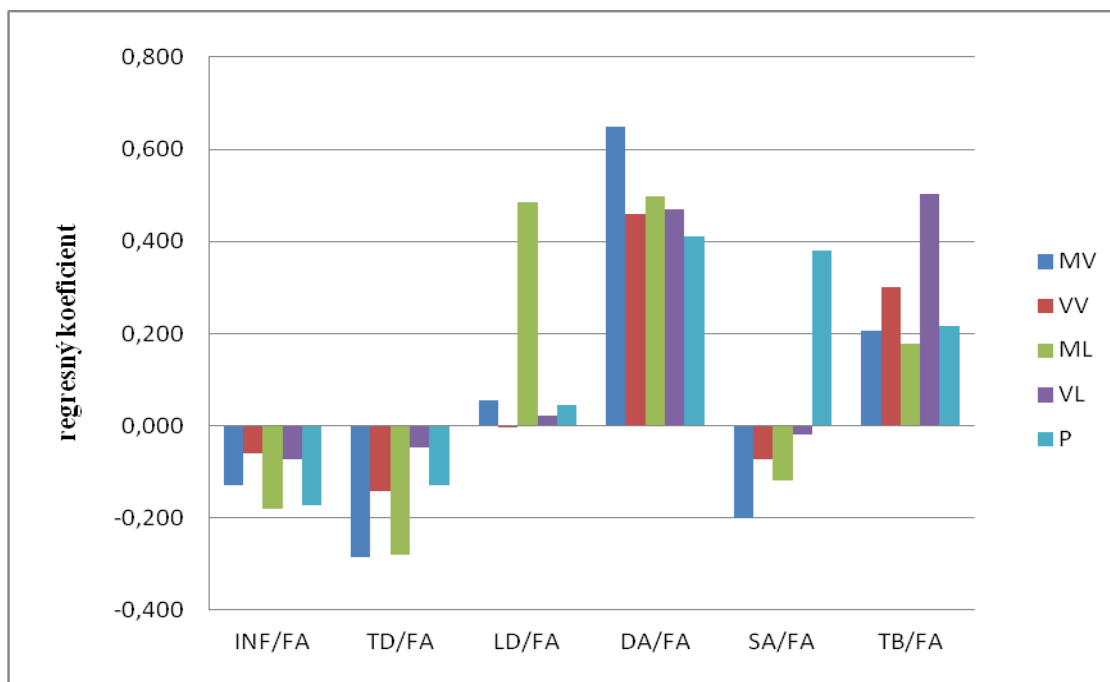
Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Tab 13. Regresný koeficient medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu

sval/predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/FA	-0,129	-0,060	-0,179	-0,073	-0,172
TD/FA	-0,285	-0,142	-0,281	-0,048	-0,130
LD/FA	0,055	-0,002	0,485	0,021	0,044
DA/FA	0,650	0,461	0,499	0,470	0,412
SA/FA	-0,201	-0,074	-0,120	-0,020	0,380
TB/FA	0,205	0,301	0,177	0,504	0,218

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Graf 5. Parametre regresie medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri dosahu



Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

H₀₆ Medzi mm. extensores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri úchope.

Pri úchope dochádza k štatisticky významnej regresii medzi svalmi EA a DA pri všetkých predmetoch okrem veľkej lopty. Pre tieto dva svaly **hypotézu zamietame**. Pre ostatné svaly (EA a INF, EA a LD, EA a TD, EA a SA, EA a TB) **hypotézu nemôžeme zamietnuť**, lebo hladina štatistickej významnosti parametrov regresie je väčšie ako $p = 0,05$ (tab 14.).

H₀₇ Medzi mm.flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri úchope.

Pre dvojice svalov FA a INF, FA a LD dochádza k štatisticky významnej regresii pri úchope malej lopty. Pri úchope pera je vzájomná korelácia medzi FA a TD. Hodnota parametru regresie je signifikantne významná pri úchope malého a veľkého valca pre svaly FA a DA. (tab 15.). Pre tieto vyššie vymenované svaly **hypotézu zamietame**. Pre ostatné dvojice svalov (FA a TB, FA a SA) **hypotézu nemôžeme zamietnuť**.

Tab 14. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extensores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope

sval/predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/EA	0,776	0,909	0,753	0,645	0,267
TD/EA	0,945	0,892	0,458	0,635	0,237
LD/EA	0,772	0,891	0,627	0,751	0,870
DA/EA	0,000	0,000	0,036	0,121	0,005
SA/EA	0,649	0,481	0,581	0,533	0,495
TB/EA	0,589	0,797	0,895	0,795	0,992

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

Tab 15. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope

sval/predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/FA	0,866	0,429	0,015	0,944	0,913
TD/FA	0,848	0,868	0,231	0,975	0,003
LD/FA	0,821	0,692	0,000	0,895	0,857
DA/FA	0,004	0,025	0,318	0,126	0,231
SA/FA	0,826	0,917	0,562	0,809	0,782
TB/FA	0,306	0,950	0,765	0,289	0,401

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

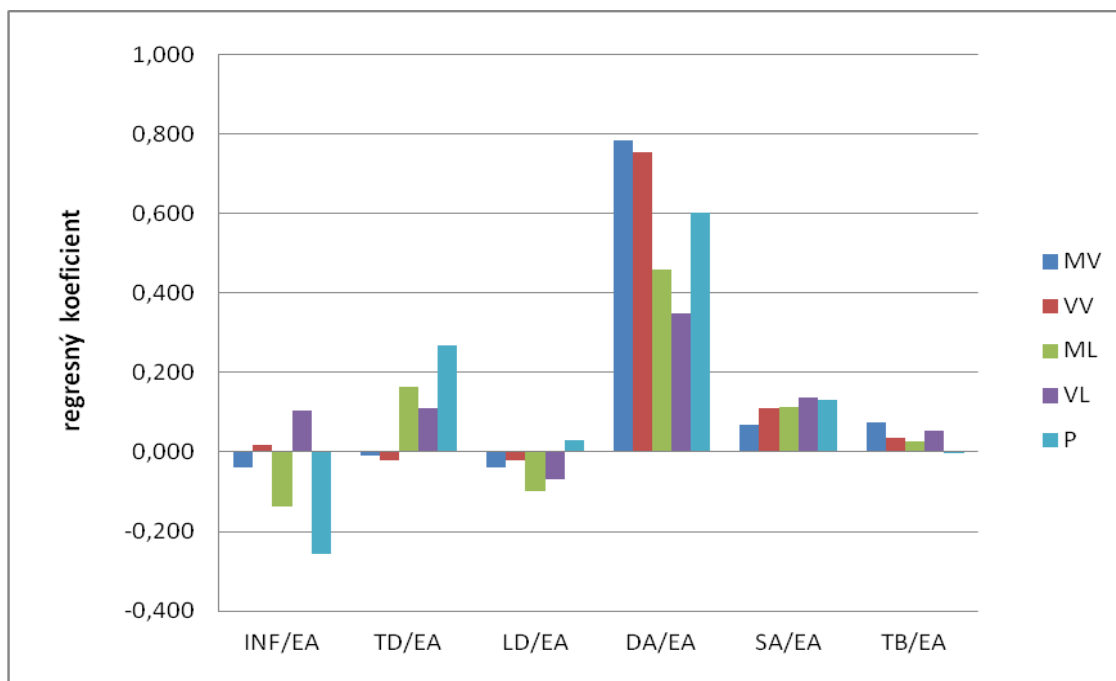
Regresný koeficient vyšiel štatisticky významne medzi dvojicou svalov EA a DA (tab.16). V tabuľke č.17 môžeme vidieť, že regresné koeficienty ukazujú na vzájomný vzťah medzi FA a DA, FA a LD a FA a TD, pričom medzi FA a INF je vzťah antagonisticky pre záporný regresný koeficient. Čiže pre vzťah FA a INF hypotézu zamietame.

Tab 16. Regresný koeficient medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope

sval/predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/EA	-0,040	0,018	-0,137	0,105	-0,258
TD/EA	-0,010	-0,022	0,164	0,111	0,267
LD/EA	-0,040	-0,020	-0,098	-0,068	0,030
DA/EA	0,783	0,754	0,458	0,348	0,603
SA/EA	0,068	0,110	0,113	0,138	0,132
TB/EA	0,073	0,036	0,026	0,055	-0,002

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Graf 6. Parametre regresie medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope



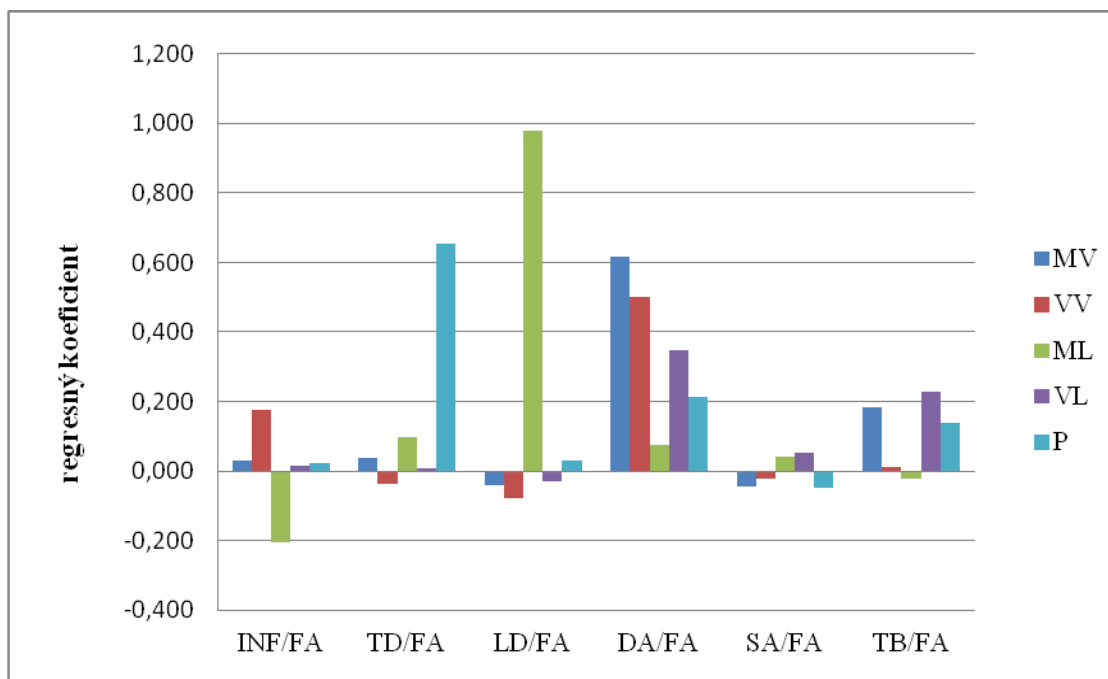
Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Tab 17. Regresný koeficient medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope

sval/predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/FA	0,031	0,176	-0,207	0,016	0,022
TD/FA	0,037	-0,038	0,097	0,007	0,653
LD/FA	-0,040	-0,079	0,979	-0,029	0,029
DA/FA	0,615	0,503	0,075	0,348	0,211
SA/FA	-0,043	-0,022	0,043	0,054	-0,047
TB/FA	0,185	0,012	-0,021	0,229	0,138

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Graf 7. Parametre regresie medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri úchope



Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

H₀₈ Medzi mm.extensores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri nadvihnutí.

Štatisticky významné parametre regresie sa nachádzajú medzi svalmi EA a INF pri nadvihnutí veľkej lopty, EA a DA pri nadvihnutí všetkých predmetov. Pre tieto svaly **hypotézu zamietame**.(tab 18.).

H₀₉ Medzi mm.flexores antebrachii a žiadnym z proximálnych svalov nedochádza k vzájomnej korelácii pri nadvihnutí.

Pri tejto hypotéze môžeme **hypotézu zamietnuť** pre všetky svaly. Pre skupinu flexorov predlaktia je významná hodnota medzi FA a INF pri nadvihnutí všetkých predmetov okrem pera. Medzi FA a TD je signifikantne významný parameter regresie pri nadvihnutí veľkej lopty. Počas nadvihnutia malého a veľkého valca je hladina významnosti pod 0,05 medzi svalmi FA a DA, kde je aj významná hodnota pri nadvihnutí pera, medzi FA a TB je významná hodnota pri nadvihnutí veľkej lopty.

Počas nadvihnutia veľkej lopty je hladina významnosti menšia ako 0,05 medzi svalmi FA a SA (tab 19.).

Tab 18. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí

sval/predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/EA	0,300	0,527	0,860	0,738	0,325
TD/EA	0,568	0,263	0,422	0,049	0,635
LD/EA	0,971	0,843	0,725	0,915	0,710
DA/EA	0,000	0,000	0,031	0,023	0,000
SA/EA	0,386	0,501	0,298	0,171	0,265
TB/EA	0,116	0,608	0,596	0,496	0,700

Legenda: EA – mm.extenzores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

Tab 19. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí

sval/predmet	p (MV)	p (VV)	p (ML)	p (VL)	p (P)
INF/FA	0,030	0,009	0,001	0,027	0,390
TD/FA	0,329	0,246	0,240	0,002	0,073
LD/FA	0,800	0,906	0,000	0,066	0,663
DA/FA	0,002	0,000	0,076	0,070	0,025
SA/FA	0,296	0,829	0,294	0,032	0,943
TB/FA	0,000	0,001	0,922	0,009	0,061

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero, p – hladina významnosti

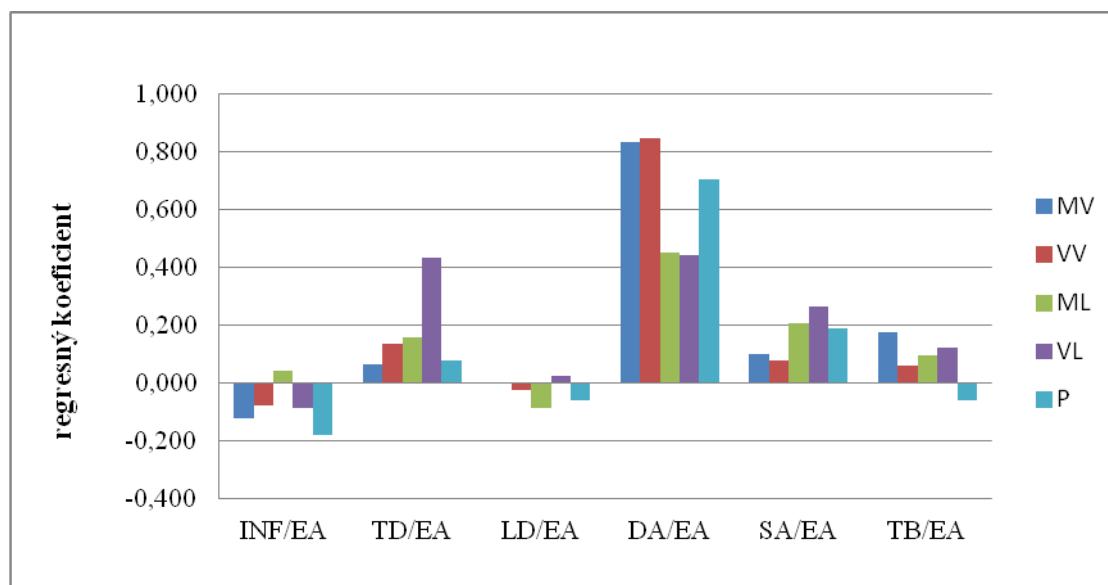
Pri nadvihnutí predmetov vyšiel významný regresný koeficient medzi dvojicou svalov EA a DA, EA a TD (tab 20.) Medzi flexormi a INF bol záporný regresný koeficient, čiže pre túto dvojicu svalov hypotéza sa **nedá zamietnuť**. Štatisticky významný regresný koeficient vyšiel inak medzi flexormi a ostatnými svalmi (tab.21).

Tab 20. Regresný koeficient medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí

sval/ predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/EA	-0,123	-0,079	0,043	-0,087	-0,177
TD/EA	0,066	0,136	0,159	0,433	0,080
LD/EA	0,004	-0,023	-0,085	0,025	-0,060
DA/EA	0,836	0,846	0,451	0,445	0,706
SA/EA	0,101	0,079	0,206	0,264	0,189
TB/EA	0,178	0,061	0,098	0,125	-0,061

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Graf 8. Parametre regresie medzi mm.extensores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí



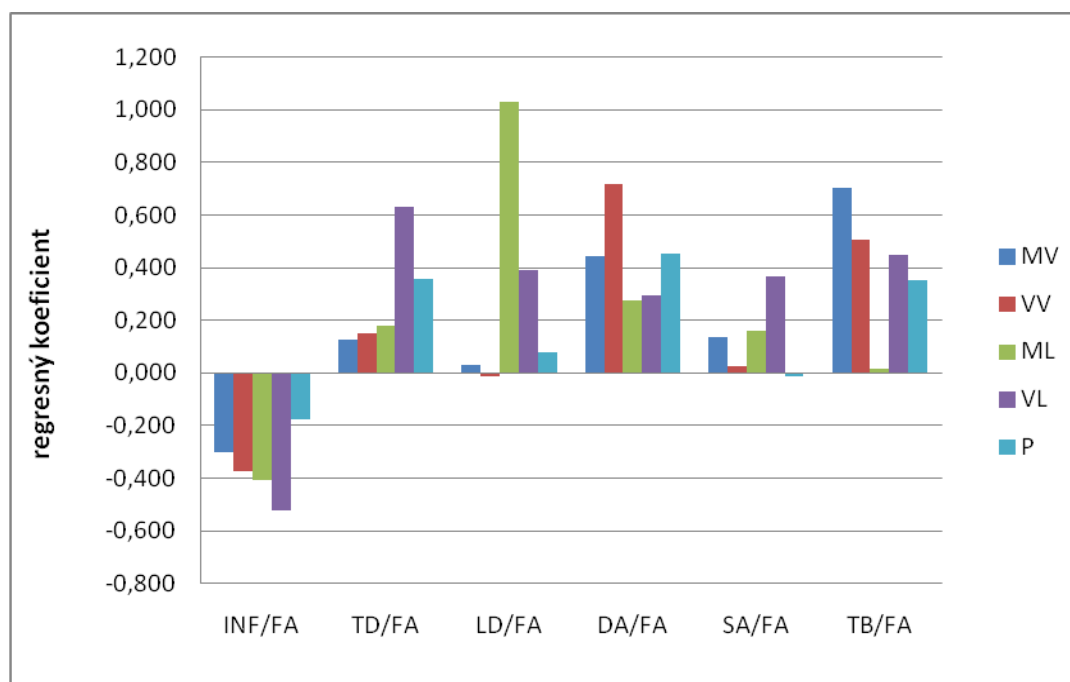
Legenda: EA – mm.extensores antebrachii INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Tab 21. Regresný koeficient medzi mm.flexores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí

sval/predmet	MV	VV	ML	VL	P
INF/FA	-0,301	-0,375	-0,408	-0,524	-0,176
TD/FA	0,126	0,150	0,179	0,630	0,356
LD/FA	0,032	-0,014	1,030	0,389	0,080
DA/FA	0,443	0,719	0,277	0,294	0,453
SA/FA	0,136	0,027	0,159	0,366	-0,014
TB/FA	0,704	0,505	0,014	0,447	0,352

Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

Graf 9. Parametre regresie medzi mm.extenzores antebrachii a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí



Legenda: FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD- m.lattissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV- veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P – pero,

5 DISKUSIA

V tejto kapitole by sme sa chceli bližšie vyjadriť k výsledkom tejto práce a konfrontovať ich s poznatkami z článkov od viacerých autorov. V práci sme sa zamerali na zistenie miery zapojenia svalov ramenného pletenca a predlaktia počas uchopovania rôznych predmetov počas jednotlivých fáz a vzájomný vzťah distálnych a proximálnych svalov počas jednotlivých fáz úchopu (dosah, úchop, nadvihnutie). Bola meraná svalová aktivita u 8 svalov (mm.extensores antebrachii, mm. flexores antebrachii, m. trapezius pars ascendens, m.infraspinatus, m. latissimus dorsi, m.serratus anterior, m.triceps brachii, m.deltoideus pars anterior). Medzi predmety, ktoré boli zaradené do tejto práce patril malý valec s priemerom 6,5 cm, veľký valec s priemerom 7,5 cm, veľká lopta 23 cm, golfová loptička a pero. Probandi boli vybraní na základe dominantnosti hornej končatiny. Našou požiadavkou bolo, aby ich dominantná končatina bola pravá (vo funkcii písania a presného hodu), bez predošlého úrazu alebo známk patológie. Úchopovú činnosť na štatistické spracovanie sme rozdelili do troch fáz podľa Raghavan, (2010): dosah, úchop a nadvihnutie.

Horná končatina ako manipulačný orgán, ktorí ľudia využívajú pri rôznych aktivitách počas dňa, zohráva neoceniteľnú úlohu pri sebaobsluže, dorozumievaní sa, manipulácii s predmetmi. Pri strate schopností používať hornú končatinu sa človek dostáva do určitého stavu vnútornej tiesne a z viacerých strán to vplýva na jeho duševný stav.

Základnou funkciou hornej končatiny a predovšetkým jej distálnej časti je jemná motorika, ktorá dovoľuje človeku uchopovať rôzne malé predmety s rôznou povrchovou úpravou. Človek počas svojho života využíva pri úchope predmetu viacero druhou úchopov. Závislé to na činnosti, ktorú práve ide konať. Napríklad počas odšróbovania žiarovky je na jej uvoľnenie použitý silový úchop pomocou dlane a všetkých prstov. Následne keď už nie je tak potrebná sila, mení sa silový úchop na precízny a dochádza k dokončeniu pomocou končekov všetkých prstov.

Na riadení hornej končatiny a predovšetkým jej distálnej časti sa podieľa viacero mozgových štruktúr. Medzi tieto štruktúry patrí predovšetkým mozgová kôra, bazálne ganglia, mozoček, talamus. V týchto štruktúrach dochádza k väčšiemu či menšiemu

zastúpeniu neurónov, ktoré sa podieľajú na riadení svalov hornej končatiny. Jednotlivé okrsky, ktoré sú zodpovedné za riadenie distálnych a proximálnych svalov hornej končatiny sa vzájomne prekrývajú (Devanne, 2007).

5.1 Diskusia k vedeckej otázke č.1

Cieľom tejto otázky bolo zistiť mieru zapojenia svalov ramenného pletenca a predlaktia pri rôznych typoch úchopov. V troch hypotézach sme vzájomne porovnávali svaly pri úchope rôznych predmetov a to pri dosahu, úchope a nadvihnutí.

Soma et al., (2009) vo svojej práci študovali pomocou EMG a akcelometra, či dochádza k zmene aktivity proximálnych svalov (pectoralis major pars clavicularis, deltoideus acromialis, trapezius pars descendens, pars ascendens, teres major) pri troch rôznych úchopoch (palmárny, sférický a spodný) v 5 rozličných pozíciách paže. Výsledky štúdie ukázali, že je možné rozlíšiť dynamiku rôznych úchopov a polohy ramena len z činnosti svalov ramenného pletenca. Pri dosahu objektu v centre bola najnižšia miera diskriminácie oproti ďalším pozíciám. Podľa inej štúdie sa pri úchope valca v sagitálnej rovine zapájajú svaly m.deltoideus, triceps brachii a m. biceps brachii (Louis et al., 2009).

Na základe našich nameraných výsledkov, nie je rozdiel v miere zapojenia jednotlivých svalov v priebehu celého uchopovaného aktu pri rôznych typoch uchopovaných predmetov. Hladina významnosti sa u všetkých pozorovaných svalov rovnala 1 a to u všetkých typoch úchopu. To naznačuje, že nie je žiadna závislosť medzi zmenou svalovej aktivity a typom uchopovaného predmetu. Usudzujeme tak aj na základe štúdia od Soma, (2009), že to môže byť spôsobené tým, že predmet, ktorý bol uchopovaný sa nachádzal v strede. Ďalším možným dôvodom je váha predmetov, či by zvýšenie váhy mohlo spôsobiť zvýšenie rozdielu aktivity svalu a typom predmetu. Na závislosť váhy predmetu a aktivity svalu sme nenašli žiadne nami dostupné štúdie. Gordon et al., (2009) študovali vplyv veľkosti objektu ale s rovnakou hmotnosťou predmetu.

Pri samotnom úchope všetkých predmetov dochádza na základe priemernej hodnoty integrálu k vyššej aktivite mm.extensores oproti mm.flexores. Pri uchopení

predmetu sa dá predpokladať aktivita flexorov predovšetkým krátkych flexorov v oblasti ruky, ako sú mm.lumbricales.

Na základe analýzy rozptylu nám vyšla štatistická hladina významnosti $p = 0$ pri porovnaní svalov medzi sebou. Keďže nám test významnosti nevytvorí, ktorý zo svalov sa od ostatných líši v miere dosiahnutej aktivity, tak bol spravený na zistenie danej skutočnosti Scheffeho post-hoc test. Najvyšší rozdiel bol medzi aktivitou DA a všetkými ostatnými svalmi, kedy hladina významnosti dosahovala $p = 0$, pri všetkých fázach úchopu (vid' tab.3., 6., 9.). Keď sme zobrali do úvahy aj jednotlivé predmety, tak aktivita m.deltoideus anterior sa odlišovala štatisticky významne pri dosahu malého a veľkého valca, malej lopty od m.infraspinatus, m.trapezius pars descendens, m.lattissimus dorsi, m.triceps brachii. Pri dosahu veľkej lopty a pera pribudol aj mm.flexores antebrachii. Pri úchope malého valca a pera sa aktivita DA odlišovala štatisticky významne od FA, INF, TD, LD, ale pri úchope veľkého valca sa aktivita odlišovala už len pri LD. Medzi ostatnými svalmi k štatisticky významnej odlišnosti nedošlo. Pri nadvihnutí nedošlo k štatisticky významnému rozdielu pri žiadnej z dvojice svalov. V štúdií Hodder, (2012) počas 45°flexie v RK a 90°flexie v LK boli videné viaceré koaktivácie antagonistických svalových párov. Najväčšími prispievateľmi boli predný a stredný deltoideus, supraspinatus a teres major, pričom lattissimus dorsi, infraspinatus a subscapularis boli počas flexie aktívne, hoci majú opačnú funkciu. V tejto činnosti pôsobia svaly skôr ako stabilizátory kĺbu..

Na základe priemerných hodnôt, ktoré sme dostali z analýzy plochy pod krivkou môžeme usúdiť, že výrazná aktivita m.deltoideus anterior oproti iným svalom je spôsobená tým, že tento sval je flexorom ramenného kĺbu a práve najvýraznejšou aktivitou počas všetkých fáz úchopu je flexia v ramennom kĺbe. Podľa Lemon, (1995) dochádza k zapojeniu m.deltoideus vo všetkých fázach úchopu. Brookham, (2009) vo svojej práci študoval vplyv ľahkej ručnej práce na aktivitu svalov ramenného pletenca počas rozličných pozícií flexie a rotácie ramena. Na základe výsledkov aktivity DA vyplýva, že je primárne flexorom RK a napomáha aj vnútornej rotácii, lebo časť jeho vlákien prispieva k vnútornej rotácii. INF bol v tejto štúdií aktívny počas neutrálnej flexie ale nárast a rovinu (plateau) dosiahol medzi 60° - 90°flexie v RK. Primárna funkcia tohto svalu spočíva vo vonkajšej rotácii v RK a jeho aktivita narastá pri ťažších ručných aktivitách. Flexia ramena vyžaduje akciu „primer mover“ , ktorým je

vyššie spomínaný *m.deltoideus pars anterior* ako aj príspevok rotátorovej manžety (*m.infraspinatus* a *m.teres minor*) a dlhej šľachy *m.biceps brachii* s cieľom poskytnúť dynamickú stabilitu kĺbu (Sigholm, 1984; Kronberg, 1990; Sakurai, 1998 in Mandalidis, 2008).

Za úvahu by stálo, ak by sme namiesto iba nadvihnutia predmetu vyhodnotili celú fázu transportu hornej končatiny späť k telu. Bolo by zaujímavé zmerať, či by aj naďalej zostala aktivita DA tak výrazne vysoká pri tejto fáze úchopu.

5.2 Diskusia k vedeckej otázke č.2

Predmetom tejto otázky bolo zistiť vzájomné korelácie medzi svalmi predlaktia a ramenného pletenca pri úchope. Na zistenie vzájomných vzťahov sme využili viacnásobnú regresiu, pričom sme neporovnávali každý sval s každým ale zvlášť *mm.extensores* a všetky svaly ramenného pletenca, *mm.flexores* a svaly ramenného pletenca. Týmto sme zabezpečili, že výsledky budú ovplyvnené aj ostatnými svalmi, keďže počas denných aktivít nedochádza k izolovanej aktivite svalov, ale na danom pohybe sú do určitej miery zapojené všetky svaly.

Mucha, (2000) sa vo svojej publikácii zaoberal poradím aktivácie svalov pri úchope. Dospel k záveru, že pri úchope dochádza najprv k aktivácii proximálnych svalov hornej končatiny, ktorých časový vzor aktivácie je uložený v sekundárnom motorickom kortexe. V primárnom motorickom kortexe dominuje distálna časť končatiny. U zdravých jedincov dochádza k súčasnému zapojeniu nasledujúcich svalov : *m.deltoideus*, *m.biceps brachii*, *m.extensorum longus*. U pacientov po mozgovej cievnej príhode došlo k latencii *m.extensorum longus* o 35ms.

Castiello, (2005) vo svojej štúdií hovorí, že pri lézii primárnej motorickej kôry alebo kortikospinálneho traktu dochádza k poruche úchopu. Táto lézia vedie k poruche úchopových pohybov, ktoré sú na začiatku charakteristické stratou samostatných pohybov prstov, síce synergický pohyb všetkých prstov je zachovaný (silový úchop). Tento samostatný pohyb prstov sa obvykle navracia po určitej dobe späť. V inej štúdií sa píše, že pri lézii v parientálnej asociačnej oblasti, ktorá sa prejavuje hemianestéziou dochádza k poruche koordinácie medzi dosahom a úchopom (Weiss, 1998).

Vplyv motorickej kôry na svaly ruky by mal byť obzvlášť vysoký pri konečnom zovretí predmetu prstami a počas skorej fázy zdvíhania predmetu, čiže fáza, ktorá je náročná na senzomotorickú kontrolu. Počas transportu hornej končatiny k predmetu bolo zistené, že m.brachioradialis a m.deltoideus majú veľký vzťah k tejto fáze úchopu. M.deltoideus sa zapája počas všetkých fáz úchopu. Z výsledkov tejto štúdie vyplýva, že je signifikantná a heterogénna variácia v kortikálnej aktivite počas vývoja dosahu, úchopu a nadvihnutia (Lemon, 1995).

Pri dosahu veľkého valca došlo k signifikantnej vzájomnej korelácii medzi mm.extensores a m.deltoideus anterior. Pri dosahu toho istého predmetu nedošlo k vzájomnej korelácii medzi FA a DA. Regresný koeficient pre EA a DA je 0,565. Podľa Cohena, (1988) korelácia nad 0,5 predstavuje stredne silnú koreláciu. Medzi mm.flexores antebrachii a LD došlo k významnej korelácii pri dosahu malej lopty (0,485), čo predstavuje stredne silnú koreláciu. Tento vzťah by sa dal vysvetliť na základne funkčného prepojenia, že flexia v zápästnom kĺbe facilituje addukciu, vnútornú rotáciu v ramennom kĺbe. Medzi FA a TB pri dosahu veľkej lopty má regresný koeficient hodnotu 0,504. Podľa Dylevského, (2001) dlhá hlava m. triceps brachii okrem extenzie LK, napomáha aj addukcii RK a pôsobí tým ako stabilizačný sval pri pronácii predlaktia.

Pri úchope jednotlivých predmetov boli významné regresie medzi EA a DA. Nekladíme tomu nejakú významnosť lebo DA, ako sme už vyššie spomínali, pomaly vždy koreluje s EA. Miera korelácie nekorešponduje s intenzitou zapojenia svalu, len informuje, že oba svaly sú v rovnaký čas v aktivite. Mm.flexores antebrachii majú významnú koreláciu s LD pri úchope malej lopty, jej hodnota je 0,979, čo sa blíži k 1 čo je veľmi vysoká korelácia. Toto potvrdzuje teóriu funkčného prepojenia, lebo ako môžeme vidieť v predchádzajúcom odstavci, tak vzájomná korelácia týchto dvoch svalov bola aj pri dosahu malej lopty. Mohli by sme klásť za významné, že práve pri dosahu a úchope golfovej loptičky došlo k vzájomnému vzťahu FA a LD. Pri dosahu a úchope tohto predmetu dochádza k určitej facilitácii práve m.latissimus dorsi. Medzi FA a INF je záporná vzájomná korelácia, čo znamená že tieto svaly pri úchope malého valca majú antagonistický priebeh aktivity. Pri úchope pera je vzájomná korelácia medzi FA a TD. Proximálne svaly počas písania zobrazujú vo svojej štúdii Steinhart, (2007) signifikantne nižšiu variabilitu než distálne svaly. Znížená aktivita u proximálnych svalov bola spojená s poklesom variability distálnej svalovej činnosti.

Znížená variabilita u distálnych svalov bola signifikantne spojená s rýchlejšim pohybom písania.

Pri pronovanom predlaktí, boli popísané kortikálne mechanizmy facilitujúce prepojenie párov svalov pre úchop a nadvihnutie predmetu, čo vyžaduje zapojenie proximálnych svalov pre stabilizáciu kĺbu a zvýšenie tuhosti hornej končatiny. Zatiaľ čo pri supinovanom predlaktí sa facilituje motorická akcia pre predmety uchopované vo vertikálnej osi s menším zapojením proximálnych svalov (Melgari et al., 2008).

Pri nadvihnutí veľkej lopty dochádza k vzájomnej korelácii medzi EA a TD. Pri nadvihnutí malého a veľkého valca, malej a veľkej lopty je záporný regresný koeficient medzi FA a INF, čiže pri stúpaní aktivity flexorov, aktivita INF je opačná. Infraspinatus je sval rotátorovej manžety a zabezpečuje vonkajšiu rotáciu v ramene. Z hľadiska ontogenézy sa flexory spájajú skôr z vnútornými rotátormi a extenzory s vonkajšími rotátormi. Veľmi silný korelačný koeficient je pri nadvihnutí malej lopty medzi FA a LD ($p = 1,308$), čo by sa zhodovalo so vzájomným vzťahom flexorov prstov, pronátormi zápästia, adduktormi a vnútornými rotátormi ramenného kĺbu. Ako môžeme vidieť korelácia medzi FA a LD postupne stúpa od dosahu po nadvihnutie.

Pri nadvihnutí veľkej lopty dochádza aj ku korelácii FA a SA, čo je jediný prípad kde koreluje aj SA. Musculus serratus anterior ako sval ramenného pletenca robí jeho abdukciu a umožňuje vzpaženie, pôsobí aj na lopatku, ktorú fixuje a stáča dolným uhlom laterálne. Je antagonistom transverzálnych snopcov m.trapezius. V štúdiu Coelho et al., (2009) sa píše, že m.SA. a m.TD sú ako synergický pár pre rotáciu lopatky smerom nahor pri elevácii paže.

Ako vidíme na grafe 1. a 2. tak dochádza k zmene mieri zapojenia EA u všetkých predmetov. Pri úchope aktivita EA je vyššia oproti dosahu. Domnievame sa, že je to spôsobené hlavne tým, že pri samotnom uchopení predmetu dochádza k dorzálnej flexii zápästia. Najvyššia aktivita je pri úchope veľkej lopty, keďže sa tu vyžaduje väčšia úchopová apertúra, ako aj pri úchope veľkého valca. Z toho by vyplývalo, že čím väčší predmet tým väčšia dorzálna flexia zápästia a tým väčšia aktivita mm.extensores antebrachii. Podľa Brunkow dorzálnou flexiou ruky a nôh sa aktivujú svalové reťazce, ktorých fixný bod leží proximálne. Táto reťazová aktivácia je pravdepodobne spôsobená dosiaľ neobjasnenými subkortikálnymi reflexnými mechanizmami (Pavlů in Bínová & Špringrová Palaščáková, 2008).

5.3 Využitie pre prax

Rehabilitáciou hornej končatiny, pri neschopnosti alebo nemožnosti cvičiť akrálne svaly, by sa na základe vyššie uvedených poznatkov dali ovplyvniť svaly pomocou aktivácie proximálnych svalov. Bruhnová, (2002) vo svojej práci píše, že pacienti s ťažkým zdravotným postihnutím, ktoré výrazne ovplyvní aj úchopovú funkciu ruky dokážu ju i naďalej používať. Je treba vybrať pre ne také úchopové formy, ktoré zvládnu a ktoré môžu využiť v rámci samostatnosti a sebestačnosti. Preto je dôležitý nácvik týchto úchopových foriem v rámci rehabilitácie. Je treba zostaviť terapeutický program na základe objektívneho testovania, ktoré bude vychádzať z biomechanických princípov. Antony, (2009) skúmal 8 svalov na 16 probandoch, ktorí mali vykonávať izometrickú a dynamickú aktivitu ramena v troch rovinách (flexia, stredná abdukcia a abdukcia) v rôznych stupňoch elevácie. Táto aktivita bola robená bez záťaže, 0,5 kg záťažou a 30 % úchopom. Pri pridaní záťaže došlo k nárastu svalovej aktivity o 1% MVE (maximal voluntary excitation) vo všetkých polohách. Pri úchope aktivita predného a stredného deltového svalu klesla o 2% MVE a aktivita m.biceps brachii stúpila o 6% MVE. Nález, že úchop zmení svalovú aktivitu a tým vnútorne zaťaží rameno, môže mať rolu pri poranení ramena a jeho rehabilitácii. V nasledujúcej štúdii Thielman, (2004) hodnotili ako môže vplývať pravidelný tréning úchopu spojený s rôznymi úlohami na kinematiku paretickej hornej končatiny pri dosahu u pacientov s chronickou cievnou mozgovou príhodou. Štúdie ukázali, že takýto tréning zlepšuje funkciu hornej končatiny. Na MRI zistili, že tréning vyvoláva mozgovú plasticitu u pacientov. K zlepšeniu napomáha aj to, že jedinci používajú dané predmety každý deň. Cieľom rehabilitácie po CMP je zvýšiť využitie hemiparetickej hornej končatiny a zároveň minimalizovať kompenzačné stratégie.

ZÁVER

Predmetom tejto práce bolo zistiť vzájomný vzťah medzi proximálnymi a distálnymi svalmi hornej končatiny počas úchopu piatich predmetov. Cieľom bolo aj zistiť či je rozdiel v miere zapojenia svalu pri rôznych typoch úchopov.

Na základe výsledkov sme mohli vidieť, že nedochádza k rozdielu v miere svalovej aktivity pri dosahu, úchope a nadvihnutí veľkého, malého valca, lopty, golfovej loptičky a pera. Rozdiel bol spozorovaný medzi jednotlivými svalmi navzájom v závislosti na uchopovanom predmete. Z výsledkov vzájomných korelácií môžeme vidieť určitý vzťah medzi distálnymi a proximálnymi svalmi. Signifikantne významný vzťah bol počas všetkých fáz pri medzi mm.flexores antebrachii a m. latissimus dorsi u golfovej loptičky. Tento vzťah môže byť na základe vzťahu flexorov s vnútornými rotátormi a adduktormi. Regresný vzťah narastá od dosahu po nadvihnutie, kde môžeme vidieť veľmi silnú koreláciu. Vo všetkých fázach úchopu dochádzalo k regresii medzi mm.extensores antebrachii a m.deltoides pars anterior pri dosahu veľkého valca, pri úchope valcov, golfovej loptičky a pera a pri nadvihnutí všetkých predmetov. Medzi mm.flexores antebrachii a m.triceps brachii pri dosahu veľkej lopty dochádza k signifikantnej vzájomnej korelácií. Podľa Dylevského, (2001) dlhá hlava m. triceps brachii okrem extenzie lakt'ového kĺbu, napomáha aj addukcii ramenného kĺbu a pôsobí tým ako stabilizačný sval pri pronácii predlaktia. Počas nadvihnutia veľkej lopty dochádza k vzájomnej korelácií mm.extensores a m.trapezius pars descendens, mm.flexores antebrachii a m.serratus anterior. M.serratus anterior a m.trapezius sú synergistami pri rotácii lopatky smerom nahor počas elevácie paže.

REFERENČNÝ ZOZNAM

ANTONY, N. T. & KEIR, P. J. *Effects of posture, movement and hand load on shoulder muscle activity*. Journal of electromyography and kinesiology, 2010. vol. 20, 191-8. ISSN: 1050-6411

ATKESON, CH.G.; HOLLERBACH, J.M. *Kinematic features of unrestrained vertical arm movements*. The journal of neuroscience. [online] 1985. vol.5 (9), 2318-2330, Dostupné na WWW: http://www.cs.cmu.edu/~jkh/gnhm/arm_movements.pdf. ISSN:0270-6474

BENNETT, K.M.B.; CASTIELLO, U.; *Insights into the reach to grasp movement*. Advances in psychology, 1994. North Holland, ISBN: 0444899316

BERTRAM, CH.P. *Motor control in compound movements involving prehension*. Simon Fraser University, 2002, ISBN: 061281632X

BÍNOVÁ, A. ; ŠPRINGROVÁ PALAŠČÁKOVÁ, I. *Nové aspekty v metodě Roswithy Brunkow sledováním aktivity vybraných svalů pomocí povrchové emg*. Rehabilitace a fyzikální lékařství. 2008, vol. 15 (2), 74-81. ISSN 1803-6597.

BONNEFOY, A.; LOUIS, N. & GORCE, P. *Muscle activation during a reach-to-grasp movement in sitting position: influence of the distance*. Journal of electromyography and kinesiology, 2010. vol. 19, 269-75. ISSN: 1050-6411

BROOKHAM, R. L.; WONG, J. M. & DICKERSON, C. R. *Upper limb posture and submaximal hand tasks influence shoulder muscle activity*. International Journal of Industrial Ergonomics, 2010. vol. 40, 337-344. ISSN: 0169-8141

BROWN, J. M.; WICKHAM, J. B.; MCANDREW, D. J. & HUANG, X.F. *Muscles within muscles: Coordination of 19 muscle segments within three shoulder muscles during isometric motor tasks*. Journal of electromyography and kinesiology, 2010. vol. 17, 57-73. ISSN: 1050-6411

BRUHNOVA, L. *Testování úchopu jako základ pro nácvik úchopových forem*. Rehabilitácia. 2002, vol. 35/39, č. 2, 102-104. ISSN: 0375-0922.

BUTLER, E. E.; LADD, A. L.; LOUIE, S. A.; LAMONT, L. E.; WONG, W. & ROSE, J. *Three-dimensional kinematics of the upper limb during a Reach and Grasp Cycle for children*. *Gait & posture*, 2010. vol. 32, 72-7. ISSN: 0966-6362

CASTIELLO, U. *The neuroscience of grasping*. *Nature reviews neuroscience*, 2005, vol.6, Dostupné na WWW: http://www.psy.unipd.it/~varotto/diego_file/Castiello.pdf. ISSN: 1471-0048

CIBOCHOVÁ, R. Psychomotorický vývoj dítěte v prvním roce života. *Pediatric pro praxi* [online].2004, č.6., s.291-297 Dostupné na WWW: <http://www.solen.cz/pdfs/ped/2004/06/07.pdf>. ISSN 1213-0494

COELHO, D.CH.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F.; GOMES, P.F. *Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles*. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 2009. vol.18, 764-772. ISSN: 1058-2746

CUTKOVSKY, M.R.; HOWE, D.R. *Human grasp choice and robotic grasp analysis*.1990. In S.T. Venkataraman & T.Iberall, *Dexterous robot hands* 5-31

ČÁPOVÁ, J. *Terapeutický koncept „ Bazální programy a podprogramy“*. 2008, Ostrava: Repronis. ISBN: 9738073291808

D'AVELLA, A.; PORTONE, A.; FERNANDEZ, L. & LACQUANITI, F. *Control of fast-reaching movements by muscle synergy combinations*. *The Journal of neuroscience*, [online] 2006. vol.26, 7791-810. Dostupné na WWW: <http://www.jneurosci.org/cgi/reprint/26/30/7791>. ISSN: 1097-4547

D'AVELLA, A.; SALTIEL, P.; BIZZI, E. *Combinations of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior*. *Natural neuroscience*, [online] 2003. vol.6 (3), 300-308, Dostupné na WWW:[http://web.mit.edu/gorlins/Public/Motor System/d'Avella_2003.pdf](http://web.mit.edu/gorlins/Public/Motor_System/d'Avella_2003.pdf). ISSN: 1097-6256

DEVANNE, H.; COHEN, L. G.; KOUCHTIR-DEVANNE, N.; & CAPADAY, C. *Integrated motor cortical control of task-related muscles during pointing in humans*. *Journal of neurophysiology*, [online] 2002. vol.87, 3006-17. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12037204>. ISSN: 0022-3077

DOMINICI, F.; POPA, T.; GINANNESCHI, F.; MAZZOCCHIO, R.; & ROSSI, A. *Cortico-motoneuronal output to intrinsic hand muscles is differentially influenced by static changes in shoulder positions*. Experimental brain research, Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale, 2005. vol.164, 500-4. ISSN: 0014-4819

DUBROWSKI, A.; & CARNAHAN, H. *Grip force when grasping moving cylinders*. International Journal of Industrial Ergonomics, 2004. vol.34, 69-76. ISSN: 0169-8141

DYLEVSKY, I. Speciální kineziologie. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN: 978802471648-0

DYLEVSKÝ, I., KUBÁLKOVÁ, L., NAVRÁTIL, I. L. Kineziologie, kinezioterapie a fyzioterapie. 2001. Praha : Manus, ISBN 8090231888

GAGNÉ, M.; & SCHNEIDER, C. *Dynamic influence of wrist flexion and extension on the intracortical inhibition of the first dorsal interosseus muscle during precision grip*. Experimental brain research, 2008. vol.1195, 77-88. ISSN: 0014-4819

GALLETTI, C.; KUTZ, D. F.; GAMBERINI, M.; BREVEGLIERI, R.; & FATTORI, P. *Role of the medial parieto-occipital cortex in the control of reaching and grasping movements*. Experimental brain research. 2003. vol.153, 158-70. ISSN: 0014-4819

GALLOWAY, J. C. & KOSHLAND, G. F. *General coordination of shoulder, elbow and wrist dynamics during multijoint arm movements*. Experimental brain research., 2002. vol.142, 163-80. ISSN: 0014-4819

GINANNESCHI, F.; DEL SANTO, F.; DOMINICI, F.; GELLI, F.; MAZZOCCHIO, R. & ROSSI, A. *Changes in corticomotor excitability of hand muscles in relation to static shoulder positions*. Experimental brain research. 2008. vol.161, 374-82. ISSN: 0014-4819

GONZÁLEZ, J.; HORIUCHI, Y. & YU, W. *Classification of upper limb motions from around-shoulder muscle activities: hand biofeedback*. The open medical informatics journal, 2010. vol.4, 74-80. ISSN: 1874-4311

GORDON, A.M.; FORSSBERG, H.; NEWELL, K.L.; MCDONALD, V.P. in CONNOLLY, J.K.; FORSSBERG, H. *Neurophysiology and neuropsychology of motor development*. 1997, London: Mac Keith press, ISBN: 1898683107

GROSSKOPF, A. & KUHTZ-BUSCHBECK, J. P. *Grasping with the left and right hand: a kinematic study*. Experimental brain research. 2006. vol.168, 230-40. ISSN: 0014-4819

HADRABA, I., *Úchop v protetice*. Ortopedická protetika. 2004. vol.10

HESSE, C.; & DEUBEL, H. *Changes in grasping kinematics due to different start postures of the hand*. Human movement science, 2009. vol.28 , 415-36. ISSN: 0167-9457

HODDER, J.N. *Investigation of the neuromuscular control of the shoulder when performing concurrent upper extremity tasks*. Open access dissertations and theses. 2012. ISSN: 2156-2253

INCEL, N.; CECELI, E.; DURUKAN, P.B.; ERDEM, H.R.; YORGANCIOGLU, Z.R.; *Grip strenght effect of hand dominance*. Singapore medical journal, [online]2002. vol. 4; 234-237. Dostupné na WWW: [http:// www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12188074](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12188074). ISSN: 0037-5675

ISHIDA, F.; KARATSU, K.; & SAKAGUCHI, Y. *Muscle synergies extracted from human grasping movements*. International Congress Series, 2007. vol.1301, 110-113. ISSN: 0531-5131

ITO, S.; MIZUKOSHI, Y.; ISHIHARA, K.; SASAKI, M. *The optimal object posture that minimizes contact forces in grasping*. Journal of the Franklin institute. 2009. vol. 346 (10) 969-979. ISSN: 0016-0032

JEANNEROD, M. *The timing of natural prehension movements*. Journal of Motor Behavior. 1984 vol. 6(3), 235-254. ISSN: 1940-1027

JEANNEROD, M. *Intersegmental coordination during reaching at natural visual objects*. Attention and performance. 1981. vol.9, 153-169. ISSN: 1047-0387

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H. *Principles of neural science*. 1985. Amsterdam: Elsevier Science Publishing. ISBN-10 0838577016

KANG, S.B.;IKEUCHI. K., *Grasp recognition using the contact web*, Proc. IEEE/RSJ Int'l Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1992, 194-201. ISBN: 0780307372

KLEIN BRETELER, M. D.; SIMURA, K. J.; & FLANDERS, M. *Timing of muscle activation in a hand movement sequence*. Cerebral cortex, [online] 2007. vol.17 (4), 803-15. Dostupné na WWW: <http://cercor.oxfordjournals.org/content/17/4/803.full>. ISSN: 1460-2199

KOUDELKA, M.; ŽÁK, R.; RUJBROVÁ, B. *Meranie úchopovej sily v reumatológii*. Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, [online] 1997. vol.1, 49-52. Dostupné na WWW: <http://www.sav.sk/journals/rheum/full/rh197h.pdf>

KOUKOLÍK, F. *Lidský mozek: funkční systémy: normy a poruchy*. 2002. 2.vyd., Praha: Portál, ISBN 80-7178-632-2

KRISHNAMOORTHY, V.; SCHOLZ, J. P. & LATASH, M. L. *The use of flexible arm muscle synergies to perform an isometric stabilization task*. Clinical neurophysiology, 2007. vol. 118(3), 525-37. ISSN: 1388-2457

KRUTKY, M. A. & PERREAULT, E. J. *Motor cortical measures of use-dependent plasticity are graded from distal to proximal in the human upper limb*. Journal of neurophysiology, 2003. vol. 98(6), 3230-41. ISSN: 022-3077

LACQUANITI, F. & SOECHTING, J. F. *Coordination of arm and wrist motion during a reaching task*. The Journal of neuroscience, [online] 1982. vol.2(4), 399-408. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7069463>. ISSN: 0270-6474

LANDSMEER, J. M. *Power grip and precision handling*. Annals of the rheumatic diseases, [online] 1962, vol.21, 164-70. Dostupné na WWW: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1007266&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. ISSN: 1468-2060

LATASH, M. L.; FRIEDMAN, J.; KIM, S.W.; FELDMAN, A.G. & ZATSIORSKY, V. M. *Prehension synergies and control with referent hand configurations*. Experimental brain research., 2010. vol.202(1), 213-29. ISSN: 0014-4819
LATASH, M. L.; *Neurophysiological basis of movement*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics, 2008. ISBN -10: 0736063676.

LATASH, M. L.; GORNIK, S.; & ZATSIORSKY, V.M. *Hierarchies of Synergies in Human Movements*. Kinesiology, [online] 2008. vol.40(1), 29-38. Dostupné na WWW:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2846665&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. ISSN: 13311441

LEMON, R.N; JOHANSSON, R.S; WESTLING, G. *Corticospinal control during reach, grasp and precision lift in man*. The journal of neuroscience. [online] 1995. vol.15 (9); 6145-6156. Dostupné na WWW:<http://www.jneurosci.org/content/15/9/6145.full.pdf>. ISSN: 0270-6474

LOUIS, N. & GORCE, P. *Upper limb muscle forces during a simple reach-to-grasp movement: a comparative study*. Medical & biological engineering & computing, 2009. vol. 47(11), 1173-9. ISSN: 1471-0444

LUGO, R. & KUNG, P. & MA, B. *Shoulder biomechanics*. European Journal of Radiology [online]. 2008, vol. 68 (1), 16-24 [cit. 2009-12-09]. Dostupné na WWW: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6F-4SNHNYS-1&_user=2925126&_coverDate=10%2F31%2F2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000049942&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2925126&md5=49a8d304ddc5e88199f395a5ea81e090. ISSN: 0720-048X

MA, S.; FELDMAN, A.G *Two functionally different synergies during arm reaching movements involving the trunk*. Journal of Neurophysiology, 1996. vol. 73, 2120-2122. ISSN: 0022-3077

MACKENZIE, L.C. *The grasping hand*. Advances in psychology, 1994. North Holland: Elsevier Science B.V. ISBN: 0-444-81746-8

MANDALIDIS, D.; O'BRIEN, M. *Relationship between hand-grip isometric strength and isokinetic movement data of the shoulder stabilizers*. Journal of bodywork and movement therapies, 2010. vol. 14, 19-26. ISSN: 1360-8592

MASON, C. R.; GOMEZ, J. E.; EBNER, T. J.; MOLLAZADEH, M.; AGGARWAL, V.; DAVIDSON, A. G.; LAW, A. J., et al. *Hand Synergies During Reach-to-Grasp*. Journal of Neurophysiology, 2010. 2896-2910. ISSN: 022-3077

- MAYER, M.; HLUŠTIK, P. *Ruka u hemiparetického pacienta: Neurofyziologie, patofyziologie, rehabilitace*, [online] Rehabilitácia 1. 2004, Dostupné na WWW: www.rehabilitacia.sk. . ISSN: 0375-0922
- MELGARI, J.M.; PASQUALETTI, P.; PAURI, F. & ROSSINI, P. M. *Muscles in "concert": study of primary motor cortex upper limb functional topography*. PloS one, 2008. vol. 3(8), e3069. ISSN: 1932-6203
- MGR., Z.; GROLIHOVÁ, J.; ALOIS, M. & PH, D. (n.d.). Seminář Lekce 7 *Ontogenetický vývoj lidské motoriky Novorozeneck*, 1-7.
- MICERA, S.; ROSSINI M.P.; RIGOSA, J. *Decoding of grasping information from neural signals recorded using peripheral intrafascicular interfaces*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, [online] 2011. vol.8:53 Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3177892/pdf/1743-0003-8-53.pdf>. ISSN: 1743-0003
- MICHAELSEN, S.M.; JACOBS, S.; ROBY-BRAMI, A.; LEVIN, M.F. *Compensation for distal impairments of grasping in adults with hemiparesis*. Experimental brain research ,2004, vol.157, 162-173. ISSN: 0014-4819
- MUCHA, C. *Poradie aktivácie svalov hemiparetickej hornej končatiny*. 2000. Rehabilitácia. vol. 4, 193-256. ISSN: 0375-0922
- NAPIER, J.R. *The prehensile movements of the human hand*. Journal of Bone and Joint Surgery, 1956, vol. 38, 902-913. ISSN: 2044-5377
- NEILSON, P. D. & NEILSON, M. D. *Motor maps and synergies*. Human movement science, 2005. vol.24(5-6), 774-97. ISSN: 0167-9457
- NEILSON, P. D. & NEILSON, M. D. *On theory of motor synergies*. Human movement science, 2010. vol.29(5), 655-83. ISSN: 0167-9457
- NORDIN, M.; FRANKEL, V. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. 3.vyd., 2001. Maryland: Lippincott Williams and Wilkins. ISBN 0-683-30247-7

- OLIVIER, I.; HAY, L.; BARD, C. & FLEURY, M. *Age-related differences in the reaching and grasping coordination in children: unimanual and bimanual tasks*. Experimental brain research., 2007. vol.179(1), 17-27. ISSN: 0014-4819
- OVERDUIN, S. A.; D' AVELLA, A.; ROH, J. & BIZZI, E. *Modulation of muscle synergy recruitment in primate grasping*. The Journal of neuroscience, 2008. vol. 28(4), 880-92. ISSN: 0270-6474
- OZTOP, E.; BRADLEY, N. S. & ARBIB, M. A. *Infant grasp learning: a computational model*. Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale, 2004. vol.158(4), 480-503. ISSN: 0014-4819
- PATAKY, T. C.; LATASH, M. L. & ZATSIORSKY, V. M. *Prehension synergies during nonvertical grasping, I: experimental observations*. Biological cybernetics, 2004. vol.91(3), 148-58. ISSN: 1432-0770
- PISTOHL, T.; SCHULZE-BONHAGE, A.; AERTSEN, A.; MEHRING, C. & BALL, T. *Decoding natural grasp types from human ECoG*. NeuroImage. 2012 vol.59 (1), 248-60. ISSN: 1053-8119
- PRODOEHL, J.; CORCOS, D.M.; VAILLANCOURT, D.E. *Basal ganglia mechanisms underlying precision grip force control*. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, [online] 2009. vol.33, 900-908. Dostupne na WWW: <http://www.elsevier.com/locate/neubiorev>. ISSN: 0149-7634
- RAGHAVAN, P.; SANTELLO, M.; GORDON, A.M.; KRAKAUER, J.W. *Compensatory motor control after stroke: an alternative joint strategy for object-dependent shaping of hand posture*. Journal of Neurophysiology. 2010. vol.103, 3034-3043. ISSN: 0022-3077
- ROBY-BRAMI, A.; JACOBS, S.; BENNIS, N. & LEVIN, M. F. *Hand orientation for grasping and arm joint rotation patterns in healthy subjects and hemiparetic stroke patients*. Brain research, [online] 2003. vol.969(1-2), 217-29. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12676382>. ISSN: 0006-8993

ROY, J.; MOFFET, H.; MCFADYEN, B.; MACDERMID, J. *The kinematics of upper extremity reaching: a reliability study on people with and without shoulder*. Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology. [online] 2010, vol.2 (8) Dostupné na WWW:<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2857852/?tool=pubmed>. ISSN: 1758-2555

RŮŽIČKA, E. *Role bazálních ganglií při řízení hybnosti a psychiky člověka*. Psychiatrie. 2006, vol.10 (2), 44-45, ISSN: 1211-7579

SALING, M.; STELMACH, GE.; MESCHERIAKOV, S.; BERGER, M. *Prehension with trunk assisted reaching*. Behav. Brain Res.,1996. vol.80(1-2), 153-60. ISSN: 0166-4328

SANDE, L. *International Encyclopedia of Rehabilitation: Prehension*. Center for international rehabilitation research information and exchange. 2010

SHIM, J.K.; LATASH, M. L. & ZATSIORSKY, V. M. *Prehension synergies: trial-to-trial variability and hierarchical organization of stable performance*. Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale, 2003, vol.152(2), 173-84. ISSN: 0014-4819

SKIRVEN, T.M.; OSTERMAN, A.L.; FEDORCZYK, J.M.; AMADIO, P.C. *Rehabilitation of the hand and upper extremity*. 6.vyd., 2011. US: Elsevier, ISBN: 9780323056021

SCHLESINGER, G. *Der Mechanische Aufbau der Kunstlichen Glider*. Ersatzglider und Arbeitshilfen,1919. Berlin: Springer. ISSN: 0933-8462

SMRČKA, V.; DYLEVSKÝ, I.; MAŘÍK, I. *Extenzory ruky*. 1.vyd. 1998. Brno: Inštitút pre ďalšie vzdelávanie pracovníkov v zdravotníctve. ISBN: 8070132604

SODERBERG, G.L. *Kinesiology: Application to Pathological Motion*. 2.vyd, 2010. USA: Williams and Wilkins, ISBN:0-683-07851-8

SOMA, H.; HORIUCHI Y.; GONZALEZ J.; YU, W. *Classification of upper limb motions from around-shoulder muscles activities*. Advances in applied elektromyography, [online] 2011. vol.4, 74-80. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2918869/>. ISSN: 0196-8858

SPORRONG, H.; PALMERUD, G. & HERBERTS, P. *Hand grip increases shoulder muscle activity, An EMG analysis with static hand contractions in 9 subjects.* Acta orthopaedica Scandinavica, [online] 1996. vol.67(5), 485-90. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8948256>. ISSN: 0001-6470

STEINHARD, N.S.; LEURER, M.K. *Analysis of proximal and distal muscle activity during handwriting tasks.* American Journal of Occupational Therapy. 2007. vol.61, 392-398. ISSN: 1943-7676

TAYLOR, C.L. & SCHWARTZ, R.J. *The anatomy and mechanics of the human hand.* Artificial Limbs, 1955. vol. 2(2), 22-35. ISSN: 0959-4388

THIELMAN, G.; KAMINSKI, T.; GENTILE, A.M. *Rehabilitation of reaching after stroke: comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint.* Neurorehabilitation and neural repair. 2008. vol. 22 (6), 697-705. ISSN: 1545-9683

TING, L.H.; MCKAY, J.L. *Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement.* Current opinion in neurobiology, [online] 2007. vol.17, 622-628, Dostupné na WWW: <http://www.neuro.gatech.edu/groups/ting/assets/papers/Ting%20and%20McKay%202007.pdf>. ISSN: 0959-4388

TYLDESLEY, B.; GRIEVE, B.I. *Muscle, nerves and movement: Kinesiology in daily live.* 2.ed. 1996. Oxford: Blackwell Science Ltd., ISSN:0-623-04096-3

VELÉ, F. *Kineziologie pro klinickou praxi.* 1997. Praha: Grada. ISBN: 8071692565

VELĚ, F. *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy.* 2006. 2. vyd., Praha: Triton. ISBN 80-7254-837-9

VLIET, P.M.; SHERIDAN, M.R. *Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects.* American congress of rehabilitation medicine and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, 2007. vol.88. 1325-1331. ISSN: 0003-9993

VOJTA, V.; PETERS, A. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenéze.* 3.vyd., 2010. Praha: Grada. ISBN: 9788024727103

WANG, J. & SAINBURG, R. L. *The dominant and nondominant arms are specialized for stabilizing different features of task performance*. Experimental brain research. 2007. vol.178(4), 565-70. ISSN: 0014-4819

WEISS, P. & JEANNEROD, M. *Getting a Grasp on Coordination*. News in physiological sciences : an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society, [online] 1996. 70-75. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11390765>. ISSN: 1548-9213

WEISS, E. J. & FLANDERS, M. *Muscular and postural synergies of the human hand*. Journal of neurophysiology, 2004. vol.92(1), 523-35. ISSN: 0022-3077

WINGES S.A.; KUNDU, B. SOECHTING, J.F.; FLANDERS, M. *Intrinsic hand muscle activation for grasp and horizontal transport*. Journal of neurophysiology, [online] 2007. vol.1 (2), 39-43. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2856132/pdf/nihms-125508.pdf> ISSN: 0022-3077

YAMAZAKI, Y.; SUZUKI, M.; OHKUWA, T. & ITOH, H. *Coactivation in arm and shoulder muscles during voluntary fixation of a single joint*. Brain research bulletin, [online] 2003. vol. 59(6), 439-46. Dostupné na WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12576140>. ISSN: 0361-9230

ZATSIORSKY, V. M.; GAO, F. & LATASH, M. L. *Prehension synergies: effects of object geometry and prescribed torques*. Experimental brain research. 2003. vol. 148(1), 77-87. ISSN: 0014-4819

ZHENG, B. *Natural and Remote Prehension: Kinematic Studies of Coordination*. Simon Fraser University, Spring, [online] 2005. Dostupné na WWW: <http://summit.sfu.ca/item/4863>

ZOZNAM SKRATIEK

AH – aktivačná hodnota

cm - centimeter

CMC – karpometakarpálny kĺb

CMP - cievna mozgová príhoda

DA – m.deltoideus anterior

EA – mm.extensores antebrachii

EKG – elektrogardiografia

EMG – elektromyografia

FA – mm. flexores antebrachii

INF – m.infraspinatus

kg – kilogram

LD – m.latissimus dorsi

LK – lakt'ový kĺb

m. – musculus

MCP – metacarpofalangeálny kĺb

ML – malý lopta

mm. – musculi

MV – malý valec

P – pero

RK – ramenný kĺb

SA- m.serratus anterior

SEMG – povrchová elektromyografia TB – m.triceps brachii

TD – m.trapezius pars descendens

VL – veľký valec

ZOZNAM GRAFOV

Graf 1. Priemerná hodnota integrálov pri dosahu pre jednotlivé svaly	35
Graf 2. Priemerná hodnota integrálov pri úchope pre jednotlivé svaly	37
Graf 3. Priemerná hodnota integrálov jednotlivých svalov pri nadvihnutí	39
Graf 4. Parametre regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri dosahu	42
Graf 5. Parametre regresie medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri dosahu	43
Graf 6. Parametre regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri úchope	46
Graf 7. Parametre regresie medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri úchope	47
Graf 8. Parametre regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	49
Graf 9. Parametre regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	50

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1. Cylindrický úchop	12
Obrázok 2. Sférický úchop a úchop pera	13
Obrázok 3. Gul'ový úchop	13
Obrázok 4: Fázy úchopu	20
Obrázok 5: Úrovne CNS	23
Obrázok 6: Funkčné oblasti zadnej časti mozgu makák	23
Obrázok 7. Typy uchopovaných predmetov	32

ZOZNAM TABULIEK

Tab 1. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri dosahu	34
Tab 2. Priemerná hodnota integrálu pri dosahu	35
Tab 3. Scheffeho test pri dosahu	36
Tab 4. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri úchope	36
Tab 5. Priemerná hodnota integrálu pri úchope	37
Tab 6. Scheffeho test pri úchope	38
Tab 7. Hodnota hladiny štatistickej významnosti pri nadvihnutí	38
Tab 8. Priemerná hodnota integrálov pri nadvihnutí	39
Tab 9. Scheffeho test pri nadvihnutí	40
Tab 10. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri dosahu	41
Tab 11. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri dosahu	41
Tab 12. Regresný koeficient medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri dosahu	42
Tab 13. Regresný koeficient medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri dosahu	43
Tab 14. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri úchope	44
Tab 15. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri úchope	45
Tab 16. Regresný koeficient medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri úchope	45
Tab 17. Regresný koeficient medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri úchope.....	46
Tab 18. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.extenzores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	48
Tab 19. Hodnoty hladiny štatistickej významnosti parametrov regresie medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	48
Tab 20. Regresný koeficient medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	49
Tab 21. Regresný koeficient medzi mm.flexores a proximálnymi svalmi pri nadvihnutí	50

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1. Informovaný súhlas klienta	75
Príloha 2. Tabuľky	76

PRÍLOHY

Príloha č.1 Informovaný súhlas klienta

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotníckých vied
tř. Svobody 8
Olomouc

Poučenie a súhlas klienta

Klient/ka súhlasí s prevedením vyšetrenia pomocou povrchovej elektromyografie firmy Noraxon v kineziologickom laboratóriu FNOL.

Bol/a som poučená a zoznámená s priebehom vyšetrenia a súhlasím s jeho prevedením, nahliadnutím do mojej zdravotnej dokumentácie a anonymným použitím získaných údajov do diplomovej práce s rešpektovaním pravidiel ochrany osobných údajov.

V Olomouci dňa:

Príloha č.2: Tabuľky

Tab I. Scheffeho test pri dosahu s viacnásobným porovnaním

predmet	sval	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
MV	EA		1,000	1,000	1,000	1,000	0,494	1,000	1,000
MV	FA	1,000		1,000	1,000	1,000	0,256	1,000	1,000
MV	INF	1,000	1,000		1,000	1,000	0,018	1,000	1,000
MV	TD	1,000	1,000	1,000		1,000	0,042	1,000	1,000
MV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000		0,001	1,000	1,000
MV	DA	0,494	0,256	0,018	0,042	0,001		0,571	0,023
MV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,571		1,000
MV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,023	1,000	
VV	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,887	1,000	1,000
VV	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,823	1,000	1,000
VV	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,058	1,000	1,000
VV	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,080	1,000	1,000
VV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,005	1,000	1,000
VV	DA	0,378	0,180	0,011	0,027	0,001	1,000	0,449	0,015
VV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,743	1,000	1,000
VV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,081	1,000	1,000
ML	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,337	1,000	1,000
ML	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,931	1,000	1,000
ML	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,068	1,000	1,000
ML	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,067	1,000	1,000
ML	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,006	1,000	1,000
ML	DA	0,263	0,109	0,005	0,013	0,000	1,000	0,324	0,007
ML	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,755	1,000	1,000
ML	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,082	1,000	1,000
VL	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,792	1,000	1,000
VL	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,555	1,000	1,000
VL	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,068	1,000	1,000
VL	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,062	1,000	1,000
VL	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,006	1,000	1,000
VL	DA	0,088	0,026	0,001	0,002	0,000	1,000	0,119	0,001
VL	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,775	1,000	1,000
VL	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,107	1,000	1,000
P	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,319	1,000	1,000
P	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,880	1,000	1,000
P	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,089	1,000	1,000
P	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,154	1,000	1,000
P	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,005	1,000	1,000
P	DA	0,095	0,029	0,001	0,002	0,000	1,000	0,128	0,001
P	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,719	1,000	1,000
P	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,168	1,000	1,000

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD – m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV – veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P- pero

pozn.: farebne vyznačené sú štatisticky významné p = 0,05

Tab II. Scheffeho test pri úchope s viacnásobným porovnaním

predmet	sval	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
MV	EA		1,000	1,000	1,000	1,000	0,837	1,000	1,000
MV	FA	1,000		1,000	1,000	1,000	0,017	1,000	1,000
MV	INF	1,000	1,000		1,000	1,000	0,029	1,000	1,000
MV	TD	1,000	1,000	1,000		1,000	0,037	1,000	1,000
MV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000		0,003	1,000	1,000
MV	DA	0,837	0,017	0,029	0,037	0,003		0,580	0,057
MV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,580		1,000
MV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,057	1,000	
VV	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	1,000	1,000
VV	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,166	1,000	1,000
VV	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,088	1,000	1,000
VV	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,066	1,000	1,000
VV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,011	1,000	1,000
VV	DA	0,972	0,119	0,171	0,197	0,034	1,000	0,871	0,261
VV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,713	1,000	1,000
VV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,141	1,000	1,000
ML	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,759	1,000	1,000
ML	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,516	1,000	1,000
ML	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,108	1,000	1,000
ML	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,118	1,000	1,000
ML	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,012	1,000	1,000
ML	DA	0,999	0,443	0,540	0,580	0,208	1,000	0,989	0,664
ML	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,644	1,000	1,000
ML	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,162	1,000	1,000
VL	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997	1,000	1,000	1,000
VL	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,486	1,000	1,000
VL	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,083	1,000	1,000
VL	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	1,000	1,000
VL	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,012	1,000	1,000
VL	DA	0,998	0,373	0,467	0,507	0,161	1,000	0,982	0,594
VL	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,636	1,000	1,000
VL	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,236	1,000	1,000
P	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,470	1,000	1,000
P	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,210	1,000	1,000
P	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,117	1,000	1,000
P	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,202	1,000	1,000
P	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,010	1,000	1,000
P	DA	0,840	0,024	0,040	0,048	0,005	1,000	0,599	0,073
P	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,689	1,000	1,000
P	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,599	1,000	1,000

Legenda: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD – m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV – veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P- pero

pozn.:farebne vyznačené sú štatisticky významné p = 0,05

Tab III. Scheffeho test pri úchope s viacnásobným porovnaním

predmet	sval	EA	FA	INF	TD	LD	DA	SA	TB
MV	EA		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
MV	FA	1,000		1,000	1,000	1,000	0,652	1,000	1,000
MV	INF	1,000	1,000		1,000	1,000	0,463	1,000	1,000
MV	TD	1,000	1,000	1,000		1,000	0,822	1,000	1,000
MV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000		0,087	1,000	1,000
MV	DA	1,000	0,652	0,463	0,822	0,087		0,984	0,689
MV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,984		1,000
MV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,689	1,000	
VV	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
VV	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,896	1,000	1,000
VV	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,762	1,000	1,000
VV	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,920	1,000	1,000
VV	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,221	1,000	1,000
VV	DA	1,000	0,927	0,837	0,976	0,395	1,000	0,999	0,941
VV	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	1,000	1,000
VV	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,881	1,000	1,000
ML	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	1,000	1,000
ML	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,960	1,000	1,000
ML	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,755	1,000	1,000
ML	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,927	1,000	1,000
ML	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,232	1,000	1,000
ML	DA	1,000	0,990	0,965	0,998	0,697	1,000	1,000	0,992
ML	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,990	1,000	1,000
ML	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000
VL	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	0,993	1,000	1,000	1,000
VL	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,976	1,000	1,000
VL	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,803	1,000	1,000
VL	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,926	1,000	1,000
VL	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,244	1,000	1,000
VL	DA	0,999	0,637	0,462	0,801	0,101	1,000	0,975	0,673
VL	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	1,000	1,000
VL	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,980	1,000	1,000
P	EA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
P	FA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,819	1,000	1,000
P	INF	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,783	1,000	1,000
P	TD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,893	1,000	1,000
P	LD	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,249	1,000	1,000
P	DA	1,000	0,862	0,732	0,946	0,272	1,000	0,997	0,883
P	SA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,993	1,000	1,000
P	TB	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,972	1,000	1,000

Legenda k tabulkám: EA – mm.extensores antebrachii, FA- mm.flexores antebrachii, INF – m.infraspinatus, TD – m.trapezius pars descendens, LD – m.latissimus dorsi, DA – m.deltoideus pars anterior, SA – m.serratus anterior, TB – m.triceps brachii, MV – malý valec, VV – veľký valec, ML – malá lopta, VL – veľká lopta, P- pero