

Úchopová funkce pacientů po iktu v obraze povrchové elektromyografie

The upper extremity function of stroke patients in the view of surface electromyography

Petra Bastlová, Ivana Barbora Frgalová, Barbora Kolářová, Milan Elfmark, Alois Krobot

Ústav fyzioterapie, Fakulta zdravotnických věd, Univerzita Palackého, Olomouc, Česká republika

ABSTRAKT

Východiska: Pohybový projev zdravého organismu je charakterizován vysokou mírou variability provedení pohybového úkonu. Za situace vzniklé poruchy řízení, zejména v důsledku neurologických onemocnění, dochází v různé míře k fixnímu pohybovému projevu, projevujícím se omezením schopnosti pružné reakce na změnu zevních či vnitřních podmínek, působících v průběhu provádění cíleně zaměřené pohybové akce.

Cíl: Zjistit rozdíly ve svalové aktivitě a variabilitě svalových souher akrálních a proximálních svalů během dosahu a úchopu u zdravých jedinců a u pacientů s hemiparézou.

Metody: Experimentální soubor tvořilo 24 probandů po prodělané ischemické cévní mozkové příhodě (iktu) s pravostrannou hemiparézou. Kontrolní soubor tvořilo 30 zdravých probandů. Svalová aktivita byla zaznamenána pomocí povrchové elektromyografie v průběhu dosahu, úchopu a oddálení válcového a kulového předmětu. Rozdíly v hodnotách plochy pod křivkou záznamu jednotlivých svalů mezi experimentálním a kontrolním souborem byly statisticky vyhodnoceny pomocí T-testu pro nezávislé skupiny. Vztah mezi aktivitou svalů předloktí a svalů pletence ramenního byl hodnocen pomocí Spearmanova korelačního koeficientu pro neparametrické hodnoty.

Výsledky: Byly zjištěny významné rozdíly v míře a počtu statisticky významných korelací akrálních a pletencových svalů. U souboru probandů s hemiparézou byla zjištěna statisticky významně nižší aktivita m. pectoralis major a naopak vyšší aktivita m. trapezius. Současně převažovala vysoká korelace m. pectoralis major a extenzorů zápěstí a prstů, na rozdíl od souboru zdravých probandů, kdy se vzájemné korelace akrálních a proximálních svalových skupin objevovaly nahodile, v menší míře a četnosti.

Závěry: Výsledky ukazují na snížení variability svalové aktivity u pacientů s hemiparézou v průběhu úchopové funkce. Náhradou nedostatečné funkčnosti akrálních svalových skupin se stává relativně fixní „ko-aktivace“ s vybranými proximálními svalovými skupinami.

ABSTRACT

Background: Movement of a healthy organism is characterized by a high degree of variability performance of a movement task. In a situation of a motor control lesion, mainly due to neurological disease, occurs in varying degrees to a fixed musculoskeletal manifestation. There are manifesting in a limiting responsiveness to changing external or internal conditions during the task oriented physical action.

Objective: To determine differences in muscle activity and variability between a muscle synergy of acral and proximal muscles during reach and grip in healthy subjects and stroke patients.

Methods: The experimental group consisted of 24 probands after ischemic stroke (ictus) with right-sided hemiparesis. The control group consisted of 30 healthy subjects. Muscle activity was recorded using surface electromyography during the performance of selected types of grips of cylindric and spheric objects. The differences in the area under the curve record of individual muscles between the experimental and control group were statistically evaluated using the t-test for independent groups. The relationship between the activity of the muscles of the forearm and shoulder girdle muscles was assessed using Spearman's correlation coefficient for non-parametric values.

Results: There were the significant differences in the size and number of statistically significant correlations distal and proximal arm muscles. In stroke group was found significantly lower activity m. pectoralis major and higher activity m. trapezius. At the same time the prevailing high correlation m. pectoralis major and

extensor wrist and fingers, unlike the group of healthy subjects, when the correlation distal and proximal muscle groups appeared at random, in a lesser extent and frequency.

Conclusions: The results indicate a reduction in variability of muscle activity during grasp function of stroke patients. To compensate the lack of activity of acral muscles becomes relatively fixed „co-activation“ with selected proximal muscles.

KLÍČOVÁ SLOVA

svalová synergie, hemiparéza, cévní mozková příhoda, iktus, ruka, manipulace, dosah, úchop

KEY WORDS

muscle synergy, stroke, ictus, hand, manipulation, reaching, grasp

ÚVOD

Variabilita a flexibilita pohybů horní končetiny je výsledkem mechanické redundantnosti muskuloskeletálního systému. Redundanci můžeme chápat jako existenci velkého množství kombinací jednotlivých kloubních pohybů (1). Bernstein definoval redundanci jako skutečnost, kdy více než jeden signál může vést ke stejné trajektorii pohybu. A naopak, stejný motorický signál může vést k rozdílným pohybům v případě změněných počátečních podmínek nebo odchylek zevního prostředí v průběhu pohybu (2). Bernstein spojoval problém redundance s pojmem synergie, které považoval za systém redundantních stupňů volnosti (degrees of freedom, dále jen DOF) k dosažení nižší variability neboli vyšší stability funkčního motorického výstupu (3).

Pod pojmem synergie se skrývají kinematické, kinetické nebo elektromyografické vzory proměnných aktivujících se současně v časovém průběhu akce nebo napříč opakovanými pokusy (4). Ve svalových synergiích jsou všechny svaly úzce svázány takovou měrou, že centrální koordinační signál aktivuje všechny svaly v synergii. Pokud se požadavky na úkol začnou lišit, kontrolní signál nastaví změnu synergií vedoucí k paralelní změně ve všech svalech svázaných s touto synergií (5).

Latash (5) nepovažuje množství DOF za problém CNS, ale za luxus, který dovoluje řídicímu centru zajistit stabilitu a flexibilitu pro řešení jednotlivých komponent úkolu a úpravu odchylek. Jeho snahou je změnit označení „problém motorické redundance“ na „výhody motorické abundance“ (6).

Abundance dovoluje v systému vykonání pohybu různými způsoby, umožňuje přizpůsobení se změněným podmínkám (1). Díky abundanci je umožněno současné řešení více úkolů současně bez vzájemného ovlivnění. Jinými slovy: bez motorické abundance by nebylo možné současně řídit transport ruky a její

orientaci na objekt, aniž by se tyto dvě komponenty pohybu ovlivnily (7).

K popisu způsobu provedení pohybu pacienty po iktu je často používán pojem patologická synergie z důvodu omezeného a neflexibilního propojení pohybu segmentů během pohybu. Latash a Anson (7) zdůrazňují, že je nutné analyzovat dva znaky takových synergií, a to sdílení („sharing“) a kompenzaci chyb („error compensation“). Sdílení míní ve smyslu přispění elementárních proměnných k výkonnostně proměnným a kompenzací chyb jsou myšleny koordinační změny v základních proměnných. Již Brunnströmová popisovala pomocí pojmů flexorová a extenzorová synergie kompenzaci léze centrálního nervového systému (dále jen CNS) (8).

Neschopnost izolované svalové aktivity a patologicky snížené množství dostupných synergií u pacientů s hemiparézou snižují schopnost vykonat pohyb horní končetinou v požadované trajektorii. Na druhou stranu i nábor přídatných DOF, například trupu během dosahu, může přispívat k zlepšení výkonu. Poškozenému CNS zůstává schopnost řešit problém redundance například nábořem pohybu trupu jako optimální kompenzační strategie pro zkvalitnění pohybového výstupu. Pacienti po iktu, neboli cévní mozkové příhodě (dále jen CMP) s omezeným návratem funkcí horní končetiny zahrnují trup do dosahových aktivit, což umožní rozšíření pole dosahu a funkční schopnosti paretické končetiny (9).

CÍL PRÁCE

Cílem experimentu bylo zjistit, jaká je variabilita svalových souher akrálních a proximálních svalů během dosahu a úchopu u zdravých jedinců a u pacientů s hemiparézou. Zaznamenat pomocí povrchové elektromyografie (dále jen SEMG), jaká je míra aktivity svalů paže pacientů po iktu při funkčních aktivitách ve srovnání se skupinou zdravých jedinců.

Cíle studie

Zjistit rozdíly v míře zapojení svalů ramenního pletence a předloktí mezi souborem pacientů s hemiparézou a kontrolním souborem zdravých probandů během úchopové funkce.

Zjistit rozdíly v korelacích aktivity proximálních a distálních svalů během dosahu, úchopu a přesunu čtyř předmětů mezi souborem pacientů s hemiparézou a kontrolním souborem.

Charakteristika souboru

Experimentální soubor $n = 24$ probandů po prodělané CMP, 16 mužů a 8 žen. Průměrný věk 52,4 let (31–68 let), průměrná doba od vzniku CMP 23,6 dní (15–55 dní). Ischemická léze arteria cerebri media vlevo, s parézou pravé, dominantní horní končetiny. Dominance byla hodnocena dotazem na funkci psaní a přesného hodu před vznikem onemocnění. Míra spasticity u všech probandů do stupně 1 dle modifikované Ashworthové škály. Kontrolní soubor $n=30$ probandů, 22 žen a 8 mužů. Průměrný věk 36,3 let (rozpětí 23–52 let). U probandů nebyly v anamnéze zjištěny žádné úrazy dominantní pravé horní končetiny. Dominance byla hodnocena testem přesného hodu. Všichni probandi byli informováni o průběhu měření a podepsali písemný souhlas s účastí ve studii. Studie byla schválena Etickou komisí FZV UP v Olomouci pod číslem OP-046 /2012 /FZV ze dne 6.2.2012.

Průběh měření

Probandi zaujali pozici vsedě na židli, čelem ke stolu ve vzpřímené pozici těla s předloktím položeným volně na stole. Byla vyznačena pomocí značka ve vzdálenosti 20 cm od okraje stolu a značka ve vzdálenosti na délku horní končetiny probanda bez rotace trupu s extendovaným loktem. Probandi byli vyzváni k úchopu předmětu umístěného blíže k nim a jeho přemístění na vzdálenější značku. Použité typy úchopů: válcový a kulový. Použité předměty: váleček o průměru 5,5 cm a 7,5 cm, koule o průměru 4,5 cm a 11 cm. Tento postup byl zopakován třikrát pro každý z předmětů, pro vyhodnocení byl použit průměr všech tří pokusů.

Snímání elektrické aktivity svalů bylo provedeno pomocí 8 kanálového povrchového elektromyografu (Myosystem, Noraxon). Snímané svaly: mm. extensores antebrachii (EA), mm. flexores antebrachii (FA), m.infraspinatus (INF), m. trapezius pars descendens (TD), m. latissimus dorsi (LD), m. deltoideus pars anterior (DA), m. serratus anterior (SA), m. pectoralis

Zpracování SEMG signálu a statistické zpracování dat

Pro vyhodnocení a statistické zpracování byl úchop rozdělen na tři části: dosah (od zahájení pohybu po dosah předmětu), samotný úchop předmětu (plné uchopení předmětu všemi prsty) a přesunu předmětu (na označené vzdálené místo na stole). Záznam byl upraven pomocí EKG redukce, vyhlazen a rektifikován, zpracování při stepu 50 ms. Z průměrných hodnot ze tří pokusů u každého předmětu byla vypočtena plocha pod křivkou záznamu a odečtena plocha klidového záznamu. K matematickému zpracování byl použit software Matlab. Hodnoty dat obou souborů byly porovnány pomocí T-testu pro nezávislé skupiny. Hladina statistické významnosti byla stanovena na hodnotě $p \leq 0,05$. Pro statistické zpracování dat byl použit software Statistika CZ, verze 10.

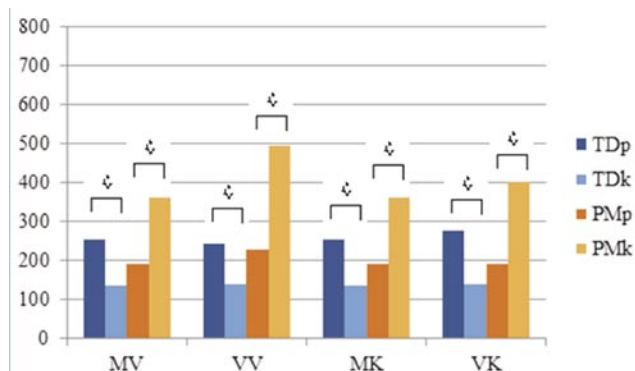
Pro hodnocení vzájemného vztahu mezi distálními a proximálními svaly horní končetiny během jednotlivých fází úchopu předmětů, byl použit výpočet vícenásobné regrese v software Matlab.

Vícenásobná regrese sleduje lineární závislost mezi dvěma a více proměnnými. První sadu hodnocení závislosti dvojic tvořily hodnoty integrálu (plochy pod křivkou záznamu) mm. extensores antebrachii a postupně všech proximálních svalů a druhou sadu dvojic hodnoty integrálu mm. flexores antebrachii a všech proximálních svalů. Síla vztahu závislosti byla hodnocena pomocí Spearmanova korelačního koeficientu pro neparametrické hodnoty. Hodnota statistické významnosti korelací byla stanovena na hladině $p \leq 0,05$. Pro statistické zpracování dat byl použit software Statistika CZ, verze 10.

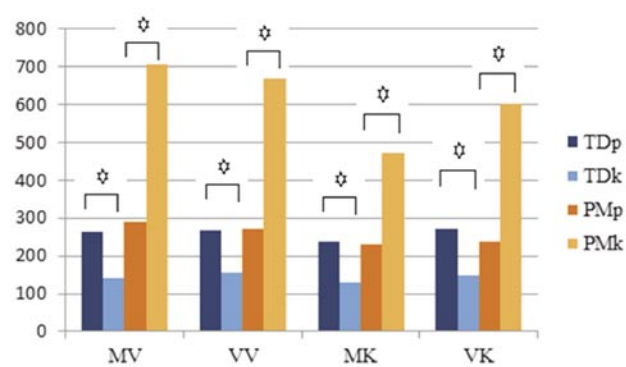
VÝSLEDKY

Výsledné srovnání ploch pod křivkou záznamu vykazuje statisticky významné rozdíly mezi soubory ve všech fázích testu. Statisticky významné změny aktivity při dosahu a při úchopu všech předmětů na hladině statistické významnosti $p \leq 0,05$ vykazuje m. trapezius pars descendens ve smyslu vyšší aktivity u experimentálního souboru a naopak nižší aktivitu na hladině statistické významnosti $p \leq 0,05$ vykazuje m. pectoralis major při dosahu a úchopu všech předmětů. Tytéž svaly vykazují stejný trend ve fázi manipulace s předmětem (oddálení směrem od probanda), statisticky významný rozdíl byl zjištěn v této fázi pouze u válcových předmětů.

Názorné srovnání hodnot integrálů (plochy pod křivkou záznamu jako reprezentace míry svalové aktivity) svalů vykazujících statisticky významné rozdíly v jednotlivých testech mezi oběma soubory nabízí grafy 1 a 2.



Graf 1 Zobrazení plochy pod křivkou záznamu (integrálu uV) m. trapezius pars descendens a m. pectoralis major během dosahu



Graf 2 Zobrazení plochy pod křivkou záznamu (integrálu uV) m. trapezius pars descendens a m. pectoralis major během úchopu

Legenda ke grafům 1 a 2: TDp – m. trapezius pars descendens pacienti, TDk – m. trapezius pars descendens kontrolní skupina, PMp – m. pectoralis major pacienti, PMk – m. pectoralis major kontrolní skupina, MV – malý válec, VV – velký válec, MK – malá koule, VK – velká koule. Statisticky významné korelace na hladině $p \leq 0,05$ jsou označeny *.

Tabulka 1 Přehled korelačních koeficientů mnohonásobné regrese. Všechny uvedené korelační koeficienty vykazovaly statistickou významnost na hladině ($p \leq 0,05$). Uveden je korelační koeficient dvou sad: flexorů předloktí se všemi proximálními svaly a extenzorů předloktí se všemi proximálními svaly pro dané aktivity a předměty (MV malý válec, VV velký válec, MK malá koule, VK velká koule)

	Experimentální soubor (pacientů s hemiparezou)		Kontrolní soubor (zdravých probandů)	
	mm. flexores antebrachii	mm. extensores antebrachii	mm. flexores antebrachii	mm. extensores antebrachii
m. trapezius descendens	---	----	---	---
m. deltoideus anterior	---	---	Dosah VK ($r = 0,4472$) Oddálení MV ($r = 0,3687$)	---
m. pectoralis major	---	Dosah VV ($r = 0,6637$) Úchop MV ($r = 0,7569$); Úchop VV ($r = 0,7954$); Úchop VK ($r = 0,7727$) Oddálení VV ($r = 0,9537$)	---	---
m. infraspinatus	---	Dosah MK ($r = 0,6142$)	Oddálení MV ($r = 0,4101$)	---
m. serratus anterior	---	---	---	---
m. latissimus dorsi	---	---	Oddálení MK ($r = -0,3508$)	---

Výsledky vícenásobné regrese ukazují na změny v synchronních aktivitách akrálních a pletencových svalů. Přehled statisticky významných korelací na hladině $p \leq 0,05$ u obou souborů je uveden v tabulce 2. Experimentální soubor vykazuje celkově vyšší počet statisticky významných korelací a jejich vyšší

hodnoty a to poměrně stereotypně u dvojice m. extensores antebrachii a m. pectoralis major ve fázích dosahu, manipulace, ale zejména statického úchopu u všech předmětů.

Kontrolní soubor vykazuje vyšší variabilitu závislosti dvou proměnných. Statisticky významné

korelace se objevují spíše sporadicky. Při dosahu i úchopu pouze v jedné z hodnocených 48 situací, u manipulace s předmětem (oddálení od subjektu) byla zjištěna ve dvou případech a to akrálně m. flexores antebrachii s přední porcí deltoideu a s m. infraspinatus při manipulaci s malým válcem.

DISKUZE

Horní končetina oproti dolní končetině vykonává více proměnlivou a komplexní činnost. Není pro ni stanovena standardní aktivita pro hodnocení jako je například pro dolní končetinu chůze, která je jednak cyklická a současně má jasné vymezené hranice provedení (10). Pro hodnocení aktivity paže u pacientů s hemiparezou je v odborných studiích nejčastěji použito hodnocení dosahu a úchopu (1, 11), převažují studie zaměřené na kinematickou analýzu pohybu (12), méně se využívá povrchové EMG (13). Výsledky studií dosahových aktivit zakončených úchopem s využitím kinematické analýzy se shodují, že pohyb paže u pacientů po mozkové příhodě je ve srovnání se zdravými probandy pomalejší, s omezenou extenzí v lokti a flexí v ramenním kloubu a větším dopředným pohybem trupu (12, 1, 11), pohyb paže je méně plynulý, dráha provedení je variabilnější, s více pohybovými chybami (1). Je pozorováno, že dosahový pohyb paže prováděný s flexí loketní je spojen se současnou zvýšenou zevní rotací a abdukci v ramenním kloubu, autory nazýváno jako flekční synergie. Naopak dostatečná extenze v loketním kloubu je při dosahových aktivitách spojena s addukcí a vnitřní rotací v ramenním kloubu, nazýváno jako extenční synergie (14).

Zdůvodněním volby SEMG pro komplexní hodnocení pohybové dysfunkce paže po CMP je fakt, že svalová aktivita odráží aktivitu motoneuronů, proto analýza svalové aktivity může nejlépe poskytnout pochopení funkčního neurálního deficitu po CMP. Neurální léze mění kortikální aktivační vzory svalových synergií, což vede k motorické dysfunkci postižené končetiny. Za této situace se pojem synergie spíše pojí se stereotypní pohybem, kdy celá končetina ztrácí nezávislé řízení kloubů a limituje tak jedince v koordinaci a flexibilitě vzorů pohybu (15). To potvrzují jak výše uváděné kinematické analýzy tak i naše studie, kdy je patrná určitá stereotypizace zapojení skupin akrálních a proximálních svalů v pevných vazbách při provádění jednotlivých fází úchopové funkce. K rozdílným výsledkům dospěli Michaelsen et al. (16), kteří při hodnocení svalové aktivity v průběhu dosahu a úchopu sledovali vyšší aktivitu m. pectoralis major v průběhu celého pohybu. Také McCrea et al. (17) popsali, že v průběhu

dosahu se u pacientů po CMP stereotypně objevovala zvýšená aktivita m. deltoideus pars lateralis a m. pectoralis major, jako kompenzace nedostatečné aktivity primárních agonistů, v tomto případě m. deltoideus pars anterior. Shodně s naší studií byla zjištěna výraznější aktivita m. trapezius pars descendens (superior) autory Rueda et al. (18), který se v jejich experimentu aktivoval zvýšeně oproti kontrolní skupině zejména v iniciační fázi pohybu dosahu, úchopu a napití se ze sklenice.

ZÁVĚR

Povrchová elektromyografie doplňuje komplexní hodnocení pohybové dysfunkce hemiparetiků, v našem případě konkrétně úchopové funkce. Hodnocení poukázalo na signifikantní snížení svalové aktivity m. pectoralis major ve většině testovaných situací, které je kompenzováno zvýšením svalové aktivity horní části m. trapezius na hladině statistické významnosti.

Významné je současně zvýšení počtu signifikantních korelací akrálních a proximálních svalů, jejich silnější vazba a zároveň nižší variabilita oproti kontrolnímu souboru. Maximálně se tato uniformita projevila u vazeb proximálních svalů (zejména m. pectoralis major) s extenzory zápěstí. Obě svalové skupiny vykazovaly nižší hodnoty plochy pod křivkou záznamu jako reprezentace míry svalové aktivity. Jejich silná vazba v průběhu všech fází úchopové funkce naznačuje jeden ze způsobů změny neurálního řízení s výslednou kompenzací jejich nedostatečné aktivity v průběhu úchopové funkce.

Příspěvek vznikl za podpory projektu „Podpora lidských zdrojů VaV nelékařských zdravotnických oborů Fakulty zdravotnických věd UP Olomouc“, reg. č. CZ1.07/2.3.00/20.0163.

REFERENČNÍ SEZNAM

1. Cirstea MC, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. *Brain*. 2000;123(5):940-53.
2. Bernstein NA. The Coordination and regulation of movement. London: Pergamon Press; 1967. Retraction of: Yang, N, Zhang M, Huang Ch, Jin D. Synergic analysis of upper limb target-reaching movements. *Journal of Biomechanics*. 2002;35(6):739-46.
3. Bernstein NA. The problem of interrelation between coordination and localization. *Archives of Biological Science*. 1935;38:1-35. Russian. Retraction of: Latash ML. Motor synergies and the equilibrium-point hypothesis. *Motor Control*. 2010;14(3):294-322.

4. Latash ML, Krishnamoorthy V, Scholz JP, Zatsiorsky VM. Postural synergies and their development. *Neural Plasticity*. 2005;12(2-3):119-30.
5. Latash ML, Scholz JP, Schöner G. Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control*. 2007;11(3):276-308.
6. Latash ML. The bliss of motor abundance. *Experimental Brain Research*. 2012;217(1):1-5.
7. Latash ML, Anson GJ. Synergies in health and disease: relations to adaptive changes in motor coordination. *Physical Therapy*. 2006;86(8):1151-60.
8. Brunnström S. Motor testing procedures in hemiplegia: based on sequential recovery stages. *Physical Therapy*. 1966;46:357-75. Retraction of: McCrea PH., Eng JJ., Hodgson AJ. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies after stroke. *Journal of Neurophysiology*. 2005;94(5):2999-3008.
9. Cirstea MC, Ptito A, Levin, MF. Arm reaching improvements with short-term practice depend on the severity of the motor deficit in stroke. *Experimental brain research*. 2003;152(4):476-88.
10. Yang, N, Zhang M, Huang Ch, Jin D. Synergic analysis of upper limb target-reaching movements. *Journal of Biomechanics*. 2002;35(6):739-46.
11. Robertson JVG, Roby-Brami A. The trunk as a part of the kinematic chain for reaching movements in healthy subjects and hemiparetic patients. *Brain Research*. 2011;1382:137-46.
12. Roby-Brami A, Feydy A, Combeaud, M, Biryukova EV, Bussel B, Levin MF. Motor compensation and recovery for reaching in stroke patients. *Acta Neurologica Scandinavica*. 2003;107(5):369-81.
13. Safavynia SA, Torres-Oviedo G, Ting, LH. Muscle synergies: Implications for clinical evaluation and rehabilitation of movement. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2011;17(1):16-24.
14. Dewald JPA, Beer RF. Abnormal joint torque patterns in the paretic upper limb of subjects with hemiparesis. *Muscle & Nerve*. 2001;24:273-83.
15. Ting LH, McKay JL. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Current Opinion in Neurobiology*. 2007;17:622-28.
16. Michaelsen SM, Luta A, Roby-Brami A., Levin MF. Effect of trunk restraint on the recovery of reaching movements in hemiparetic patients. *Stroke*. 2001;32(8):1875-83.
17. McCrea PH., Eng JJ., Hodgson AJ. Saturated muscle activation contributes to compensatory reaching strategies after stroke. *Journal of Neurophysiology*. 2005;94(5):2999-3008.
18. Rueda FM, Montero FMR, Heredia Torres MP, Diego IMA, Sánchez AM, Page JCM. Movement analysis of upper extremity hemiparesis in patients with cerebrovascular disease: a pilot study. *Neurología*. 2012;27(6):343-47.

KONTAKT NA HLAVNÍHO AUTORA

Mgr. Petra Bastlová, Ph.D.
 Ústav fyzioterapie Fakulty zdravotnických věd
 Univerzity Palackého v Olomouci
 přednosta: Doc. MUDr. Alois Krobot, Ph.D.
 Tř. Svobody 8
 CZ-771 11 OLOMOUC
petra.bastlova@upol.cz