

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

KINEZIOLOGICKÝ OBSAH LOKOMOCE PLETENCEM RAMENNÍM
PŘI NORDIC WALKING

Autoreferát disertační práce

Praha 2013

Mgr. Petra Mikulíková

Bibliografická identifikace

Název disertační práce:

Kineziologický obsah lokomoce pletencem ramenním při Nordic Walking

Autor: **Mgr. Petra Mikulíková**

Školitel: **doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.**

Školící pracoviště: **Katedra sportů v přírodě, FTVS UK Praha**

Obor studia: **Kinantropologie**

Oponenti:

Datum obhajoby disertační práce:

Disertační práce představuje původní rukopis, který byl zpracován v rámci řešení výzkumného záměru PRVOUK P38 Biomedicínská kinantropologie. S jejím plným textem je možné se seznámit v Ústřední tělovýchovné knihovně FTVS UK Praha, José Martího 31, Praha 6.

Souhrn

Název práce: Kineziologický obsah lokomoce pletencem ramenním při Nordic Walking

Cíl práce: Popis kineziologických souvislostí v zapojení svalů, jež probíhají v oblasti pletence ramenního a trupu při Nordic Walking a při volné chůzi do kopce.

Metoda: Studie má charakter primární analytické studie s dvojitým vyhodnocením v podobě intraindividuální a interindividuální analýzy. Na skupině deseti instruktorů Nordic Walking bylo uskutečněno měření pomocí povrchové elektromyografie synchronizované s videozáznamem. Data byla zpracována v programu Matlab a DartFish. Z výstupů zpracování bylo možné posoudit timing svalů a jeho změny v různých pohybech konkrétního sledovaného probanda a sledovat velikost rozsahu pohybu v oblasti ramenního a loketního kloubu. Výstupy byly porovnány s odbornými poznatky uznávanými v oboru fyzioterapie.

Výsledky: Výsledky ukázaly, že timing svalů při Nordic Walking a volné chůzi do kopce se liší. Projevovala se určitá pravidelnost v zapojení svalů a to hlavně při Nordic Walking a větší individualita v zapojení u jednotlivých probandů při volné chůzi.

Závěr: Závěry přináší popis svalových souher probíhajících při Nordic Walking a při chůzi s doporučením Nordic Walking jako vhodné pohybové aktivity pro pohybový aparát člověka.

Klíčová slova: chůze, Nordic Walking, pletenec ramenní, povrchová elektromyografie

Summary

Title: Kinesiological analysis of locomotion by shoulder girdle during Nordic Walking

Aim: The purpose of this work is to subscribe kinesiological coordination between shoulder and trunk muscles during uphill Nordic Walking and free walking.

Methods: The study has the character of primary analytical study of two evaluation in the form of inter-and intra-individual analysis. The group of ten Nordic Walking instructors measurements were carried out using surface electromyography synchronized with video. The data were processed in Matlab and DartFish. From the processed outputs could be visible the timing of muscles and its changes in specific movements. And also is visible the range of movement in the shoulder and elbow.

The outputs were compared with expert knowledge in a field of physiotherapy.

Result: Results showed that the timing of muscles during Nordic walking and free walking uphill is different. It showed a certain regularity in the muscle involvement, mainly in Nordic Walking and greater individuality in the involvement of individual probands during free walking.

Conclusion: Conclusions describe a muscle coordination during the activity of Nordic Walking and free walking. Nordic Walking is recommended as an appropriate physical activity for human musculoskeletal system.

Keywords: walking, Nordic Walking, shoulder girdle, surface electromyography

Obsah

1	Úvod.....	6
2	Cíle a úkoly práce	7
2.1	Cíl	7
2.2	Vědecká otázka.....	7
2.3	Hypotézy.....	8
3	Metodika	9
3.1	Charakteristika výzkumu	9
3.2	Charakteristika sledovaného souboru	9
3.3	Metody měření a získání dat.....	9
3.4	Měřené svaly a lokalizace elektrod	10
3.5	Organizace výzkumu	10
3.6	Analýza dat povrchové EMG	11
3.7	Analýza dat 2D kinematické analýzy	12
4	Výsledky	13
4.1	Intraindividuální analýza	13
4.2	Interindividuální analýza	16
5	Diskuze	17
5.1	Intraindividuální analýza	17
5.2	Interindividuální analýza	19
5.3	Teoretické srovnání principů a metod využívaných v rehabilitaci s výstupy studie.	20
5.4	2D kinematická analýza.....	20
6	Závěr	21
7	Seznam vybrané citované literatury	23

1 Úvod

Chůze u fylogenetických předchůdců člověka je záležitostí všech čtyř končetin, kdy všechny končetiny vytvářejí propulsní sílu pro pohyb jedince směrem vpřed (Vančata, 2001). Z hlediska ontogeneze je pohyb směrem vpřed u batolat zajišťován taktéž všemi čtyřmi končetinami a až kolem jednoho roku života dítěte je centrální nervová soustava schopna zajistit pohybový program, jež pro chůzi používá pouze dolních končetin (Kolář, 2009; Trojan et al., 2001). Do té doby je forma lokomoce kvadrupedální - využívající horní i dolní končetiny pro lokomoci vpřed. Chůze za použití holí pro Nordic Walking (dále též i jako NW) je taktéž formou kvadrupedální lokomoce z toho pohledu, že pro lokomoci vpřed využívá jak dolní, tak horní končetiny, i když horní končetiny zde plní funkci propulsní a ne antigravitační (Kračmar et al. 2009; 2011). Z kineziologického hlediska se při pohybu horními končetinami využívá svalových smyček tak, jak je popisuje Véle (2006), jelikož pro správné a ekonomické provedení pohybu je nutné koordinované zapojení všech svalů uvedených pro svalové smyčky paže a trupu. Motorickou ontogenezí a popisem svalových souher při reflexní lokomoci se zabývá Kolář (Kolář, 2009) i Vojta (Vojta, Peters, 1995). Jejich poznatky jsou uznávané odbornou veřejností z řad odborníků na rehabilitační lékařství a fyzioterapii a slouží k obnově hybných funkcí v jednotlivých segmentech těla. Ke stejnému účelu se používá také metoda proprioceptivní neuromuskulární facilitace (Holubářová, Pavlů, 2007; Pavlů, 2003).

Tato předkládaná práce má přinést popis vnějšího projevu pohybu při Nordic Walking prostřednictvím zpracování teoretických podkladů (Mommertová-Jauchová, 2009; Tlašková, 2008; Vytrčil, 2004) a pomocí použití 2D kinematické analýzy (Janura, Zahálka, 2004) a vnitřního projevu pohybu v podobě zpracování elektromyografického záznamu (Konrad, 2009; Krobot, Kolářová, 2011) a jejich následnou synchronizaci ve srovnání se základní formou lidské lokomoce – chůzí. Zhodnocením výstupů a jejich porovnáním s poznatky v odborné literatuře bude možné ozřejmit vliv působení Nordic Walking na pohybový aparát člověka a následně doporučit či nedoporučit NW jako vhodnou pohybovou aktivitu nezátěžující pohybový aparát. Práce má poskytnout konkrétní informace o aktivaci jednotlivých svalů a jejich spolupráci na základě konkrétních měření. Tím také posunout úroveň poznání o aktivitě Nordic Walking z roviny mediální a vědecky neověřené na úroveň vědecky podložených dat.

Ve studii budou zhodnoceny výstupy měření skupiny deseti instruktorů Nordic Walking. Tato skupina by měla být dostatečně reprezentativní z hlediska kvality provádění požadovaného a zkoumaného pohybu. I přesto je však jisté, že každý z probandů bude mít již svůj osobitý styl chůze, který může výsledky ovlivnit.

2 Cíle a úkoly práce

2.1 Cíl

Cílem disertační práce je kineziologická studie koordinace svalové aktivity vybraných svalů v oblasti ramenního pletence a trupu při Nordic Walking a při volné chůzi.

Dílčí cíle

1. Vymezení pohybu paží a trupu při chůzi a při Nordic Walking.
2. Výsledky kineziologické analýzy obou popsaných aktivit budou konfrontovány s odbornou literaturou, uznávanou odbornou veřejností v oblasti fyzioterapie (Společnost myoskeletální medicíny ČLS JEP¹, Společnost rehabilitační a fyzikální medicíny ČLS JEP, UNIFY²), tvořící aktuální paradigmaty v oboru. Soustředí se na komparaci s poznatky o:
 - řetězení funkce svalů (Véle, 2006);
 - aktivace svalů při provádění pohybu metodou proprioceptivní neuromuskulární facilitace (Holubářová, Pavlů, 2007; Adler et al., 1993);
 - reflexní lokomoci dle Vojty (Vojta, Peters, 1995).

2.2 Vědecká otázka

Je možné objektivizovat skutečnost, zda dojde k zásadním změnám v koordinaci pohybu v oblasti pletence ramenního při formulaci dalšího puncta fixa na akru horní končetiny při chůzi s holemi?

¹ Společnost myoskeletální medicíny Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně

² UNIFY – Unie fyzioterapeutů České republiky

2.3 Hypotézy

- H1: Při Nordic Walking dojde ke koaktivaci svalů ve dvojicích:
 - m. trapezius (pars medialis) - m. serratus anterior
 - m. pectoralis major – m. latissimus dorsi
 - m. biceps brachii caput longum - m. triceps brachii tak, jak to popisuje Véle (2006).
- H2 a: Timing sledovaných svalů na HK vykonávající tlak na zapíchnutou hůl ve smyslu vytvoření propulsní síly pro pohyb vpřed bude u většiny probandů při Nordic Walking bližší timingu sledovaných svalů na čelistní³ končetině při reflexním plazení než při volné bipedální chůzi.
- H2 b: Při volné chůzi nedojde ke společné aktivaci svalu m. latissimus dorsi a dlouhých hlav svalů m. biceps brachii a m. triceps brachii
- H3 a: Při Nordic Walking, ve fázi pohybu, kdy paže vykonává pohyb vpřed před tělo, dojde k aktivaci svalů m. pectoralis major, m. biceps brachii caput longum a m. serratus anterior stejně jako při vykonání I. diagonály flekčního vzorce s variantou flexe v lokti horní končetiny u PNF.
- H3 b: Při Nordic Walking, ve fázi pohybu, kdy se horní končetina opře o hůl a provádí extenzi, dojde k aktivaci svalů m. triceps brachii caput longum a m. latissimus dorsi stejně jako při vykonání I. diagonály extenčního vzorce s variantou extenze v lokti horní končetiny u PNF.

³ Končetiny jsou ve Vojtově principu označovány dle otočení hlavy. Končetiny na straně obličeje se označují jako čelistní, končetiny na straně záhlaví se označují jako záhlavní (Vojta, Peters, 1995).

3 Metodika

3.1 Charakteristika výzkumu

Předkládaná studie má charakter primární analytické studie s dvojitým vyhodnocením v podobě intraindividuální a interindividuální analýzy se střídáním kvalitativních i kvantitativních metod. Jedná se o intraindividuální srovnávací analýzu s cílem sledovat změny kvality pohybu. Intraindividuální charakter sledování vyplývá z možností sledovací metody – EMG a umožňuje posoudit především timing svalů a jeho změny v různých pohybech konkrétního sledovaného probanda.

3.2 Charakteristika sledovaného souboru

Výzkumná skupina byla tvořena 10 zdravými jedinci - instruktory Nordic Walking (sedm žen průměrného věku 30,5 let a tři muži průměrného věku 35 let) s ustáleným pohybovým stereotypem při provádění sledovaného pohybu. Všichni probandi byli zdraví, nevyskytovaly se u nich obtíže akutního či chronického charakteru pohybového aparátu, nebyla nalezena významná svalová dysbalance, v anamnéze neuvedli významný úraz či operaci, probandi subjektivně neformulovali zdravotní potíže.

3.3 Metody měření a získání dat

- metoda povrchové elektromyografie
- řízené pozorování - obrazový záznam společně s optoelektronickou synchronizací pohybu

Charakteristika měřících zařízení

Přenosný přístroj pro získání dat metodou povrchové elektromyografie - ME 6000 Biomonitor (Mega Electronics, Kuopio, Finland). Charakteristika přístroje: rozměry: 181 x 85 x 35 mm, hmotnost: 344 g, zdroj napájení: 4 x 1,5 V (AA/LR6), rozlišení: 14 bit, měřící rozpětí +/- 8192 μ V, CMRR: typ. 110 dB, počet kanálů: 4 – 16, typ EMG: Raw / Průměrný /RMS/ Integrovaný, vzorkovací frekvence: 100 / 250 / 1000 / 2000 / 5000 / 10000 Hz, pásmová propust': 15 – 500 Hz, přenos dat: USB, WLAN. Přístroj byl nesen probandem v pouzdře připevněném popruhem kolem pasu.

Ke snímání byly použity elektrody Kendal, ARBO*, ECG electrodes, H92SG, 48x34 mm, Ag/AgCl sensor s již originálně aplikovaným gelem a pěnovou náplastí.

Obrazový záznam pro sledování řízeného pohybu a pro vyhodnocení 2D kinematické analýzy byl přizpen pomocí digitální videokamery CANON Legria Hf R106 s rozlišením 2,39 megapixelu.

3.4 Měřené svaly a lokalizace elektrod

Svaly byly vybrány s ohledem na měřitelnost EMG potenciálů pomocí povrchových elektrod (Stegeman, Hermens, 2011) a na jejich funkční zapojení v rámci svalových řetězců (přepokládané lokomoční působení) (Véle, 2006).

Seznam sledovaných svalů:

1. m. biceps brachii – cap. longum dx.
2. m. triceps brachii – cap. longum dx.
3. m. latissimus dorsi dx.
4. m. pectoralis major – pars sternocostalis dx.
5. m. trapezius - pars medialis dx.
6. m. serratus anterior dx.
7. m. biceps brachii – cap. longum sin.
8. m. triceps brachii – cap. longum sin.
9. m. latissimus dorsi sin.
10. m. pectoralis major – pars sternocostalis sin.
11. m. trapezius - pars medialis sin.
12. m. serratus anterior sin.

(Čihák, 2006).

3.5 Organizace výzkumu

V rámci projektu byly snímány elektrické potenciály z vybraných svalů v oblasti pletence ramenního a trupu měřící metodou povrchové elektromyografie. Při měření se nejprve stanovila nejvhodnější místa pro umístění povrchových elektrod. Následně byl povrch kůže očištěn lékařským lihem a aplikovány elektrody. Přístroj Mega ME6000 měl proband umístěn v pouzdře připevněném pásem kolem pasu. Úkolem probanda bylo na znamení zahájit chůzi do kopce s holemi určenými pro Nordic Walking, následně totéž bez použití holí. Každý úkon byl prováděn 4x po dobu 30 sekund. Mezi jednotlivými měřeními byla tři minuty pauza pro odpočinek. Výsledky byly zpracovány a vyhodnoceny anonymně. Měření proběhlo se souhlasem Etické komise UK v Praze, FTVS.

Průběh měření pro 2D kinematickou analýzu

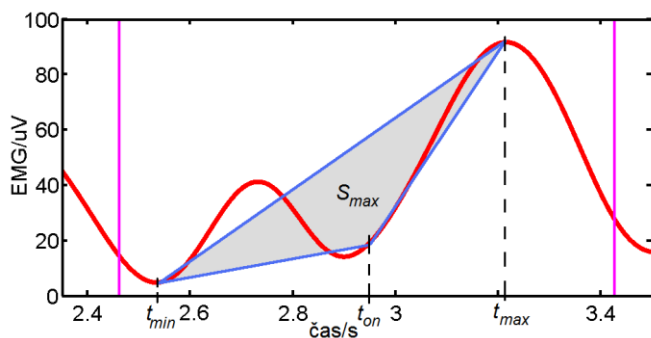
Na tělo probanda byly umístěny markery v podobě plného kruhu o průměru 25mm žlutozelené reflexní barvy. Markery byly umístěny bilaterálně nad anatomicky specifikovaná místa na těle po předchozí palpaci a to do těchto míst: acromion, epicondylus lateralis humeri, střed spojnice processu styloidei radii et ulnae na dorsální straně, trochanter major a epicondylus lateralis femoris.

Proband byl natáčen videokamerou při provádění Nordic Walking a při volné chůzi do kopce.

3.6 Analýza dat povrchové EMG

Zpracování dat proběhlo ve spolupráci s ČVUT v Praze, Fakultou elektrotechnickou.

Digitální nezpracovaná EMG křivka byla vyhlazena, rektifikována a vyhlazena prostřednictvím filtrace dolní propustí (FIR, hranice propustného pásma 5,2 Hz, útlum nepropustného pásma 55 dB, délka 501 pro signály se vzorkovací frekvencí 1000 Hz). Převedením do absolutních hodnot se vytvořila tzv. obálka EMG křivky. Na této křivce byly vyznačeny jednotlivé cykly pohybu. Obálky jednotlivých cyklů byly interpolovány na jednotnou délku a pro každý sval byl vytvořen jejich průměr v podobě průměrné obálky s vyznačenými maximy (Merletti, Parker, 2004; DeLuca, 2003). Mezi každou dvojicí maxim bylo dále na průměrné EMG křivce vyhledáno lokální minimum. Detekce svalové aktivity byla prováděna v jednotlivých pohybových cyklech (tedy nikoliv na průměrné obálce EMG). V rámci cyklu bylo nalezeno maximum ležící v intervalu $\pm 10\%$ cyklu od polohy maxima průměrné obálky. Stejným způsobem bylo nalezeno minimum a následně se trojúhelníkovou metodou vyznačil bod považovaný za počátek svalové aktivity (viz. obr. č. 1). Podobný postup se uplatnil při hledání konce svalové aktivity, ovšem s využitím minima ležícího až za maximem. U obou nalezených bodů (počátku a konce svalové aktivity) se zaznamenala absolutní poloha i relativní poloha v rámci pohybového cyklu. Lze říci, že v rámci stanovení prahu rozhodujícího nástupu svalové kontrakce v porovnání s dalšími metodami, jako např. dvě směrodatné odchylky klidového potenciálu nebo procenta relativního maxima (Merletti, Parker, 2004; DeLuca, 2003), se jedná o progresivní metodu lokalizace zmíněného nástupu.



Obr. č. 1 Trojúhelníková detekce počátku svalové aktivity na obálce EMG (červeně): t_{min} je poloha lokálního minima, t_{max} poloha lokálního maxima a t_{on} je detekovaný počátek svalové aktivity. S_{max} označuje plochu nejrozlehlejšího trojúhelníku, svislé čáry představují hranice pohybového cyklu (Špulák, Mikulíková, 2012).

Následně byly graficky vyjádřeny intervaly aktivit jednotlivých svalů v jednotlivých pohybových cyklech. Tyto intervaly byly zprůměrovány a určeny i směrodatné odchylky těchto hodnot a graficky znázorněny. U jednotlivých měření byl k segmentaci signálu na jednotlivé krokové cykly použit vhodný kanál se záznamem EMG.

V programu Megawin proběhlo zpracování EMG křivky obdobným způsobem jako v programu Matlab a následná synchronizace zpracované EMG křivky s videozáznamem. Byly stanoveny jednotlivé fáze krokového cyklu a vytvořen kinogram sledovaného pohybu.

V programu Matlab byla vypočtena také průměrná poloha začátků a konců aktivit jednotlivých svalů v závislosti na zapojení svalu m. latissimus dorsi dx., který byl vybrán pro svůj specifický nástup aktivity v průběhu pohybového cyklu i pro svoji nezastupitelnou funkci rozhodujícího propulzního svalu pro lokomoci prostřednictvím pletence ramenního. Na základě těchto vstupů byla vytvořena koordinační matice nástupu sledovaných svalů v rámci periody. (Pozn. data byla zaokrouhlena na celá čísla vzhledem k tomu, že se jedná o relativně pomalý pohyb, kde jedna perioda cyklu trvá cca 1 vteřinu.)

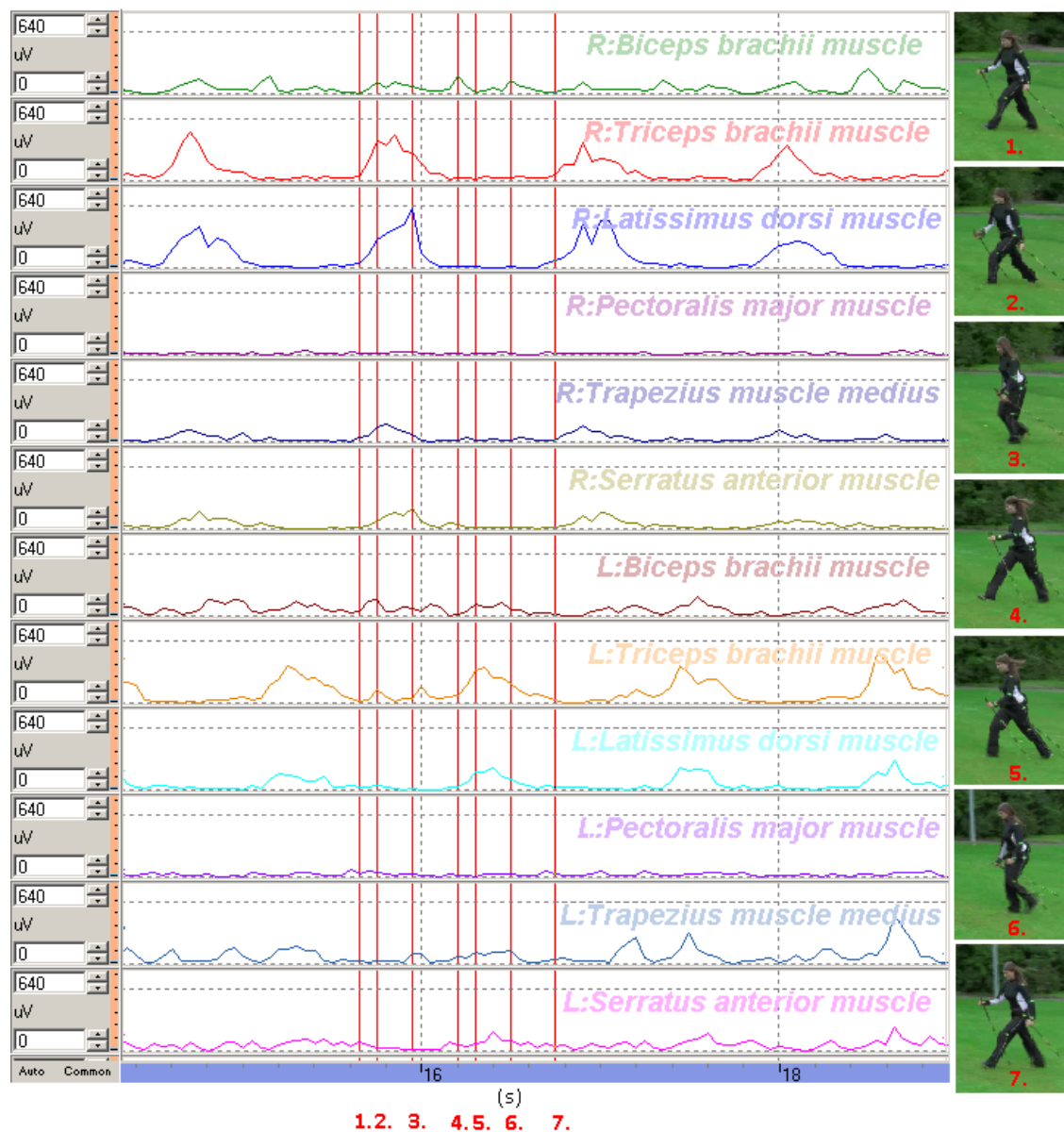
3.7 Analýza dat 2D kinematické analýzy

Pro analýzu dat byl použit software Dartfish, pomocí funkce „Analyze performance“. Zjištěné úhly byly zpracovány do tabulky. Prostřednictvím softwaru MS Excel byl vypočten průměr pro každý jednotlivý typ úhlu, stanoveno maximum a minimum vyskytující se ve sledované skupině a vypočtena směrodatná odchylka.

4 Výsledky

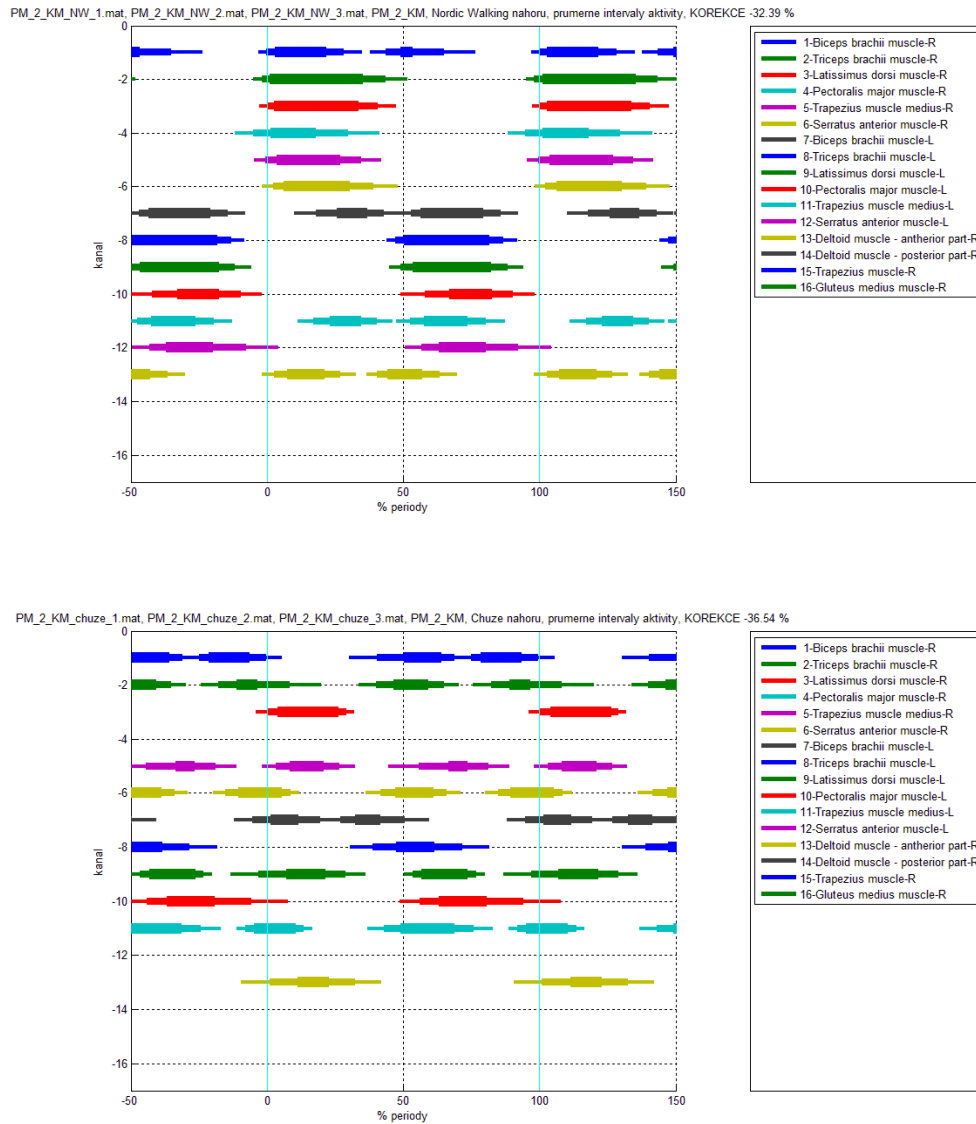
4.1 Intraindividuální analýza

Graf č. 1 ukazuje záznam EMG křivky čtyř pohybových cyklů Nordic Walking do kopce u probanda č. 2 s vyznačenými klíčovými pozicemi doplněnými kinogramem.



Graf č. 1 EMG křivka u Nordic Walking s vyznačenými klíčovými pozicemi doplněnými kinogramem

Graf č. 2 zobrazuje průměrné intervaly aktivity svalů při Nordic Walking (nahore) do kopce a volné chůzi (dole) do kopce (průměrná perioda je oddělena svislými modrými čarami a označena 0-100%).



Graf č. 2 Průměrné intervaly aktivity svalů při Nordic Walking (nahore) a volné chůzi (dole) do kopce

Tabulka č. 1 vyjadřuje crosskorelace obálek celého zpracovaného úseku mezi svaly u probanda č. 2 při Nordic Walking (nahore) a při volné chůzi (dole) do kopce

2. KM NW nahoru Korelace obálek celého zprac. úseku mezi svaly navzájem												
	1-Biceps brachii muscle-R	2-Triceps brachii muscle-R	3-Latissimus dorsi muscle-R	4-Pectoralis major muscle-R	5-Trapezius muscle medius-R	6-Serratus anterior muscle-R	7-Biceps brachii muscle-L	8-Triceps brachii muscle-L	9-Latissimus dorsi muscle-L	10-Pectoralis major muscle-L	11-Trapezius muscle medius-L	12-Serratus anterior muscle-L
1-Biceps brachii muscle-R	1	0,74	0,65	0,80	0,75	0,76	0,73	0,59	0,65	0,74	0,63	0,67
2-Triceps brachii muscle-R		1	0,92	0,79	0,87	0,90	0,60	0,30	0,37	0,62	0,50	0,46
3-Latissimus dorsi muscle-R			1	0,72	0,85	0,95	0,54	0,21	0,28	0,54	0,42	0,36
4-Pectoralis major muscle-R				1	0,78	0,79	0,83	0,66	0,71	0,88	0,75	0,79
5-Trapezius muscle medius-R					1	0,87	0,64	0,42	0,49	0,66	0,57	0,52
6-Serratus anterior muscle-R						1	0,64	0,34	0,40	0,63	0,54	0,47
7-Biceps brachii muscle-L							1	0,82	0,81	0,82	0,82	0,84
8-Triceps brachii muscle-L								1	0,93	0,73	0,81	0,87
9-Latissimus dorsi muscle-L									1	0,78	0,81	0,89
10-Pectoralis major muscle-L										1	0,77	0,83
11-Trapezius muscle medius-L											1	0,80
12-Serratus anterior muscle-L												1

2. KM chůze nahoru Korelace obálek celého zprac. úseku mezi svaly navzájem												
	1-Biceps brachii muscle-R	2-Triceps brachii muscle-R	3-Latissimus dorsi muscle-R	4-Pectoralis major muscle-R	5-Trapezius muscle medius-R	6-Serratus anterior muscle-R	7-Biceps brachii muscle-L	8-Triceps brachii muscle-L	9-Latissimus dorsi muscle-L	10-Pectoralis major muscle-L	11-Trapezius muscle medius-L	12-Serratus anterior muscle-L
1-Biceps brachii muscle-R	1	0,78	0,55	0,77	0,56	0,81	0,70	0,78	0,65	0,67	0,75	0,73
2-Triceps brachii muscle-R		1	0,69	0,74	0,65	0,83	0,75	0,71	0,64	0,58	0,70	0,74
3-Latissimus dorsi muscle-R			1	0,71	0,80	0,60	0,65	0,60	0,74	0,59	0,61	0,72
4-Pectoralis major muscle-R				1	0,70	0,71	0,78	0,83	0,75	0,79	0,75	0,84
5-Trapezius muscle medius-R					1	0,55	0,67	0,65	0,70	0,62	0,67	0,67
6-Serratus anterior muscle-R						1	0,67	0,74	0,65	0,61	0,77	0,71
7-Biceps brachii muscle-L							1	0,75	0,60	0,63	0,67	0,79
8-Triceps brachii muscle-L								1	0,69	0,76	0,74	0,78
9-Latissimus dorsi muscle-L									1	0,76	0,81	0,77
10-Pectoralis major muscle-L										1	0,71	0,75
11-Trapezius muscle medius-L											1	0,75
12-Serratus anterior muscle-L												1

Tab. č. 1 Crosskorelace obálek celého zpracovaného úseku mezi svaly u probanda č. 2 při Nordic Walking (nahore) a při volné chůzi (dole) do kopce.

4.2 Interindividuální analýza

Tabulka č. 2 znázorňuje zpracování interindividuální analýzy v podobě vyjádření četnosti výskytu lokálních maxim (svalové aktivity) v rámci průměrného krokového cyklu při Nordic Walking a volné chůzi do kopce. Krokový cyklus je znázorněn v % (0-100% cyklu), intenzita barevného zvýraznění odpovídá četnosti výskytu.

	NW do kopce									
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
1-Biceps brachii muscle-R	7	1		1	1	1	1	3		
2-Triceps brachii muscle-R	6	1						1	2	
3-Latissimus dorsi muscle-R	10						3			
4-Pectoralis major muscle-R	6	1					3			
5-Trapezius muscle medius-R	7	1				6				1
6-Serratus anterior muscle-R	8	1			3	1	2			
7-Biceps brachii muscle-L			4			6	1	1		1
8-Triceps brachii muscle-L					1	5	1			
9-Latissimus dorsi muscle-L	1				1	7				
10-Pectoralis major muscle-L	1	1				5	2			
11-Trapezius muscle medius-L	5	1	1		1	7				
12-Serratus anterior muscle-L		1	2			3	5			2

	chuze do kopce									
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
1-Biceps brachii muscle-R	2		2		1	1	2		2	1
2-Triceps brachii muscle-R	1		2	3	1		2	2	1	3
3-Latissimus dorsi muscle-R	10				1	4	1			
4-Pectoralis major muscle-R	3					1	1			3
5-Trapezius muscle medius-R	4				6	1	2			6
6-Serratus anterior muscle-R	2	2	2		3		2	1	1	2
7-Biceps brachii muscle-L	2	1	1	1	2	2		2		2
8-Triceps brachii muscle-L	1	1	1		6		1		2	1
9-Latissimus dorsi muscle-L	4	1			1	7				1
10-Pectoralis major muscle-L		1			2	1	1	1	1	
11-Trapezius muscle medius-L	2				7	1				6
12-Serratus anterior muscle-L	2	1				1	1		2	1

Tab. č. 2 Četnost výskytu lokálních maxim v rámci jednoho krokového cyklu (krokový cyklus znázorněn v % (0-100%) při Nordic Walking (nahore) a volné chůzi (dole) do kopce (intenzita barevného zvýraznění odpovídá četnosti výskytu).

5 Diskuze

5.1 Intraindividuální analýza

Prostřednictvím synchronizovaného videozáznamu s EMG daty je možné detailně sledovat aktivitu svalů při konkrétním kroku viz. graf č. 1.

Objektivnější přehled o aktivaci jednotlivých svalů při Nordic Walking v rámci jedné periody přináší údaje v grafu č. 2. Zde je možné sledovat průměrný krokový cyklus a aktivitu zapojení všech zkoumaných svalů zpracovanou ze všech vyhodnocovaných period. Crosscorelace obálek svalů celého zpracovaného úseku (viz. Tab. č. 1) doplňují číselným vyjádřením míru spolupráce mezi jednotlivými svaly. Zde je možné lépe najít fenomény svalových souher vyskytujících se při Nordic Walking a při chůzi.

U probanda č. 2 je při NW na začátku periody, v momentě, kdy se levá pata dostává do kontaktu s terénem a pravá horní končetina je v největší flexi v ramenním i loketním kloubu, které během pohybu dosáhne, patrný začínající nástup aktivity všech pravostranných svalů. V momentě došlapu levé dolní končetiny (dále i jako LDK), kdy pravá horní končetina (dále i jako PHK) provádí extenzi v loketním i ramenním kloubu před frontální osou těla a silou působí na zapíchnutou hůl, je probíhající aktivace jasně zřetelná. Svaly m. triceps brachii dx. a m. latissimus dorsi dx. vykazují vysokou hodnotu korelačního koeficientu 0,93. Sval m. biceps brachii se u tohoto probanda zapojuje dvojevrcholově a tudíž hodnota korelačního koeficientu se snižuje z důvodu nízké korelace s druhým nástupem aktivity. I přesto dosahuje hodnot 0,74 se svalem m. triceps brachii dx. a 0,65 s m. latissimus dorsi dx. Svaly m. trapezius dx. a m. serratus anterior dx. se aktivují v tomtéž okamžiku a vykazují korelační koeficienty s prvními dvěma zmíněnými svaly v rozmezí 0,85-0,94. Sval m. pectoralis major dx. se aktivuje s mírným předstihem, což se projeví i na korelačních koeficientech s výše uváděnými svaly v rozmezí 0,72-0,80. V době, kdy se PHK při provádění extenze dostává na úroveň těla, silové působení na hůl se zmenšuje, levá horní končetina (dále i jako LHK) se dostává před tělo a začíná provádět flexi v ramenním i loketním kloubu, aktivita pravostranných svalů klesá a objevuje se aktivita svalů m. biceps brachii sin. a m. trapezius sin., což u probanda může být z důvodů provádějící flexe v ramenním a loketním kloubu a potřebné fixace levé lopatky tak, aby LHK mohla zaujmout pozici před začátkem druhé poloviny periody a zapíchnutím hole. Na začátku druhé poloviny periody, kdy odezněla aktivita pravostranných svalů i první vrchol aktivity svalů m. biceps

brachii sin. a m. trapezius sin., se situace zrcadlově obrací. Pata pravé dolní končetiny (dále i jako PDK) se dostává do kontaktu s terénem a LHK se nachází v maximální flexi v ramenním a loketním kloubu, které během pohybu dosáhne. Levostranné svaly jsou na začátku svých aktivací. V momentě, kdy proband plně došlápne PDK a LHK začne silou působit na hůl, aktivují se současně levostranné svaly m. biceps brachii sin., m. triceps brachii sin., m. latissimus dorsi sin., m. trapezius sin. a s lehkým zpožděním i svaly m. pectoralis major sin. a m. serratus anterior sin. Hodnota korelačního koeficientu je nejvyšší pro m. triceps brachii sin a m. latissimus dorsi sin a to 0,93. U ostatních svalů se hodnoty korelačních koeficientů pohybují v rozmezí 0,81-0,89. Svaly m. biceps brachii sin. a m. trapezius sin., jak už bylo zmíněno, se aktivují dvojrcholově a tak je hodnota korelačního koeficientu s ostatními svaly nižší.

Při chůzi je u probanda č. 2 na začátku periody již zaznamenána končící aktivita svalu m. triceps brachii dx. a vrchol aktivit u svalů m. serratus anterior dx. a m. trapezius sin. Svou aktivitu začínají společně pouze čtyři svaly a to dva na pravé a dva na levé straně (m. latissimus dorsi dx., m. trapezius dx., m. biceps brachii sin. a m. latissimus dorsi sin.). Před dokončením prvního kroku se ještě jednou aktivuje sval m. biceps brachii sin. Na začátku druhé poloviny periody můžeme sledovat již probíhající aktivitu svalů m. biceps brachii dx., m. triceps brachii dx., m. serratus anterior dx., m. triceps brachii sin. a m. trapezius sin. Začínající aktivita je u m. trapezius dx., m. latissimus dorsi sin., m. pectoralis major sin. V polovině druhého kroku, kdy je stejná fáze na PDK, je patrný druhý vrchol aktivity svalu m. biceps brachii dx. a s lehkým zpožděním i aktivace svalů m. triceps brachii dx., m. serratus anterior dx. a m. trapezius sin. Hodnoty korelačních koeficientů nám ukazují na zvýšenou spolupráci svalů m. latissimus dorsi a m. trapezius a to hodnotou 0,80 jak u pravostranných tak u levostranných svalů. Dále je patrná spolupráce svalů m. serratus anterior dx. se svaly m. biceps brachii dx. a m. triceps brachii dx. s hodnotami 0,80 a 0,82.

V porovnání obou pohybů u probanda č. 2 je shodné zapojení svalů m. latissimus dorsi dx. a m. trapezius dx. na začátku periody. Dále pak v průběhu první poloviny periody aktivace svalu m. biceps brachii sin. V polovině krokového cyklu je patrná aktivace m. biceps brachii dx. Na začátku druhé poloviny periody je shodně značena aktivita svalů m. latissimus dorsi sin., m. pectoralis major sin. a m. trapezius sin. Sval m. triceps brachii dx. i sin. při NW lehce zaostává v zapojení v porovnání se zapojením při chůzi.

5.2 Interindividuální analýza

V porovnání sledovaných pohybů u všech probandů můžeme nalézt určité fenomény (Tab. č. 2). Při NW je to trend, kdy pravostranné svaly mají tendenci se zapojovat na začátku sledované periody v momentu, kdy dochází k dotyku paty LDK s terénem a PHK začíná působit silou na zapíchnutou hůlku. Začínají působit propulsně tak, aby vyvinuly sílu pro pohyb vpřed díky opoře o hůl. V tomto momentu je u pěti probandů zřejmá i aktivace svalu m. trapezius sin. pars medium. Levá horní končetina je ve fázi, kdy dokončuje pohyb do extenze v ramenním i loketním kloubu, hůl je stále v kontaktu s terénem, ale těsně před tím, než ji proband začne přenášet opět před tělo. Z toho se dá usuzovat na stabilizační funkci tohoto svalu pro lopatku.

Na začátku druhé poloviny periody, kdy se situace zrcadlově obrací a probandi se dostávají do kontaktu patou PDK s terénem, kdy LHK začíná působit silou na hůl, je možné sledovat totožný fenomén nástupu svalové aktivace u levostranných svalů. Lehké zpoždění zde zaznamenává sval m. serratus anterior sin., kdy je přesně v polovině cyklu na začátku aktivity u 3 probandů a teprve v 60% cyklu je nástup registrován u pěti probandů. Opět se zde u 6 probandů vyskytuje začátek aktivace m. trapezius dx.

U chůze je hledání fenoménu zapojení určité skupiny svalů složitější. Chůze je při srovnání všech probandů velmi nesourodá a představuje velmi individuální pohybový projev. Ovšem i zde bylo možné sledovat na začátku periody či těsně před začátkem periody a také v polovině periody častější výskyt nástupu aktivace u svalů m. latissimus dorsi bilaterálně a to v 10 případech na začátku periody na pravé straně a v šesti případech na levé straně a v polovině periody to bylo na pravé straně v šesti případech a v osmi případech na levé straně. Stejně tak tomu bylo i svalů u m. trapezius dx. et sin. U šesti probandů se vyskytl začátek aktivace v polovině periody i u m. triceps brachii sin. Na pravé straně není začátek aktivace svalu m. triceps brachii dx. na začátku periody tak jasný, aktivace byla zaznamenána pouze u čtyř probandů, ale lehce zvýšená četnost výskytu se zde dá také nalézt.

Je tedy možné říci, že při chůzi se aktivují u většího počtu probandů dvojice svalů m. trapezius bilaterálně a m. latissimus dorsi bilaterálně a to vždy na začátku krokového cyklu (v 10 případech vpravo a ve čtyřech případech vlevo) a v polovině krokového cyklu (ve čtyřech případech vpravo a v 10 případech vlevo). V polovině periody se ještě u šesti probandů aktivuje m. triceps brachii sin.

5.3 Teoretické srovnání principů a metod využívaných v rehabilitaci s výstupy studie

Véle (2006) popisuje v rámci svalové smyčky mezi trupem a lopatkou důležité zapojení svalu m. trapezius pars medium spojující obratle a lopatku. Dále při svalové smyčce mezi pletencem ramenním a trupem, spojnicí mezi hrudníkem a paží, kdy je potřebná vyváženost mezi aktivitou svalů m. pectoralis major a m. latissimus dorsi. V rámci uzavřeného řetězce je popisována žádoucí spolupráce skupiny svalů, z nichž součástí výzkumu bylo sledování m. biceps brachii a m. triceps brachii. Při NW se tyto svalové souhry objevovaly bilaterálně. V rámci otevřeného řetězce je žádoucí mimo jiné i zapojení svalů m. biceps brachii a m. triceps brachii. Tato spolupráce nebyla u chůze zřejmá, stejně jako souhra mezi m. pectoralis major a m. latissimus dorsi. Při chůzi bylo patrné zapojení svalu m. trapezius pars medium bilaterálně.

Vojta (2003) popisuje aktivaci skupiny svalů při stimulaci reflexního plazení na čelistní i záhlavní horní končetině. Při porovnání výstupů studie pro NW s poznatky Vojty bylo nalezeno ekvivalentní zapojení svalů m. triceps brachii, m. biceps brachii, m. latissimus dorsi a m. pectoralis major a také svalu m. serratus anterior.

Při porovnání zapojení svalů při provádění I. diagonály extenčního vzorce s variantou extenze v lokti s pohybem při Nordic Walking, kdy proband zapichuje hůl, provádí extenzi v ramenním i loketním kloubu, působí silou na hůl tak, aby vyvinul propulsní sílu pro pohyb vpřed prostřednictvím horní končetiny, až do úplné extenze v ramenním i loketním kloubu s dorzální flexí ruky, sledujeme shodně zapojení svalů m. latissimus dorsi i m. triceps brachii.

V metodě PNF je u I. flekční diagonály s variantou flexe v lokti popisována aktivace svalů m. biceps brachii (caput longum) a m. serratus anterior jako stabilizátoru lopatky. Výstupy ze studie však tyto aktivace těchto svalů postrádají.

5.4 2D kinematická analýza

Při 2D kinematické analýze byly nalezeny rozdíly v rozsahu pohybu v kloubu ramenním a loketním. Při NW je patrný větší rozsah pohybu v kloubu loketním ve smyslu flexe-extenze s průměrem 66,4° (SD 25,2) a při chůzi je větší pohyblivost v kloubu ramenním s průměrnou hodnotou 57,2° (12,5). Na základě expertního posouzení však byly sledované rozdíly v rozsahu pohybu shledány jako věcně nevýznamné.

6 Závěr

Studie ukázala na vznik zásadních změn v koordinaci pohybu v oblasti pletence ramenního a trupu při Nordic Walking ve srovnání s volnou chůzí. Svaly při NW vykazují systematictější spolupráci ve smyslu kokontrakce viz. kapitola Diskuze. Z výstupů interindividuální analýzy lze pozorovat celkový pohybový projev jako více komplexní viz. kapitola Diskuze. Při provádění Nordic Walking lze pozorovat fenomén zapojení svalů m. biceps brachii, m. triceps brachii, m. latissimus dorsi, m. pectoralis major, m. trapezius a m. serratus anterior při provádění zapíchnutí hole a následné vyvinutí tlaku na tuto hůl ve smyslu vytvoření propulsní síly pro pohyb vpřed prostřednictvím horní končetiny. Tento fenomén lze pozorovat oboustranně v 70% případů (u 7 probandů z 10 měřených).

U volné chůze je pozorována větší individualita pohybového projevu, i když i zde je možné nalézt určité fenomény vyskytující se u většího množství probandů a to koaktivaci svalů m. triceps brachii a m. latissimus dorsi v 70% případů a současné zapojení i m. trapezius v 50% případů bilaterálně.

Na základě výstupů z 2D kinematické analýzy byl při Nordic Walking sledován větší rozsah pohybu v kloubu loketním ve smyslu flexe-extenze v sagitální rovině z důvodů přenesení hole pro nárok HK a menší rozsah pohybu v kloubu ramenním ve smyslu flexe-extenze v sagitální rovině v porovnání s volnou chůzí. Na základě expertního posouzení i z důvodů nízkého počtu měření však byly výsledky shledány jako věcně nevýznamné.

Výsledky dílčích cílů byly zhodnoceny prostřednictvím hypotéz.

První hypotézu (H1) lze na základě získaných výsledků potvrdit. Při Nordic Walking byla nalezena koaktivace svalů ve dvojicích m. trapezius pars medium s m. serratus anterior a to bilaterálně. Koaktivace svalů m. pectoralis major a m. latissimus dorsi taktéž bilaterálně a koaktivace dvojice svalů m. biceps brachii a m. triceps brachii opět bilaterálně. Vzhledem k individualitě každého člověka byl trend výskytu výše uvedených svalových souher sledován ve velké většině případů v rámci sledované skupiny probandů.

Hypotéza druhá - část a (H2a), sledující timing svalů při Nordic Walking, volné chůzi a reflexním plazení byla potvrzena. Timing svalů na HK vykonávající odraz ze zapíchnuté hole při NW je dle získaných dat bližší aktivaci svalů na čelistní HK při reflexním plazení než aktivaci svalů HK vykonávající extenzi v ramenním kloubu při volné chůzi.

Hypotéza druhá - část b (H2b), sledující společnou aktivaci svalů m. latissimus dorsi a dlouhých hlav svalů m. biceps brachii a m. triceps brachii byla potvrzena. Tato společná aktivace se při volné chůzi nevyskytuje.

Hypotéza třetí - část a (H3a) nebyla potvrzena. Při NW, ve fázi pohybu, kdy nese HK hůl před tělo nedochází k aktivaci svalů m. pectoralis major, m. biceps brachii caput longum a m. serratus anterior tak, jak je to popisováno při provádění I. diagonály flekčního vzorce s variantou flexe v lokti u PNF.

Hypotéza třetí – část b (H3b) byla potvrzena. Při NW, ve fázi pohybu, kdy se HK opře o hůl a provádí extenzi v ramenním i loketním kloubu, byla nalezena aktivace svalů m. triceps brachii caput longum a m. latissimus dorsi stejně tak, jak je popisováno při vykonávání I. diagonály extenčního vzorce s variantou extenze v lokti HK u PNF a to u většiny případů v rámci sledované skupiny. I zde bylo přihlédnuto k individualitě každého jedince a hypotéza byla potvrzena na základě trendu výskytu zmiňované svalové souhry.

Vzhledem k profesionálnímu provádění pohybu si dovoluji vyjádřit závěry pro teorii i pro praxi. Závěry však nelze zobecnit na celou populaci. Je možné je formulovat rezervovaně s ohledem na počet probandů výzkumného souboru. Pro vyšší míru zobecnění je nutné provést šetření na skupině čítající větší množství jedinců.

Závěry pro teorii a pro praxi

Na základě výstupů studie bylo možné popsat kineziologické souvislosti v zapojení svalů probíhající v oblasti pletence ramenního a trupu při Nordic Walking a při chůzi. Zpracovaná studie poskytuje přehled poznatků z hlediska fylogenetického i ontogenetického, na základě kterých je popisovaná aktivita NW shledána jako blízká přirozenému pohybovému projevu člověka. Svalové souhry, které se vyskytují při vykonávání aktivity NW (viz. kap. Diskuze), jsou popisovány i v teoretických podkladech v léčebných metodách využívajících se ve fyzioterapii. Při NW je v porovnání s chůzí prokázána změna svalové souhry při vzniku opory na akru HK. Výsledky studie je možné prakticky využít v rámci fyzioterapie. NW je možné doporučit jako variantu vhodné fyzické aktivity pro udržení či zlepšení fyzické kondice, která, pokud je prováděna správnou technikou, nezatěžuje kloubně svalový aparát v oblasti ramenního pletence a trupu. NW je možné využít i jako doplňkový tréninkový prvek v přípravě sportovců, prevenci vertebrogenních obtíží i jako prostředek pro prevenci přetížení svalových partií v oblasti ramenního pletence.

7 Seznam vybrané citované literatury

1. ADLER, S. S., BECKERS, D., BUCK, M. *PNF in Practice*. Berlin: Springer, 1993, ISBN 3-540-52649-8
2. ČIHÁK, R. *Anatomie I*. Praha: Grada Publishing, 2006.
3. DE LUCA, C., J. *The use of Surface Electromyography in Biomechanics*. The international Society for Biomechanics. [on-line]. © 2003 [cit. 10.11.2007]. Dostupné na www: <http://www.delsys.com/>
4. HOLUBÁŘOVÁ, J., PAVLŮ, D. *Proprioceptivní neuromusculární facilitace*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2007. ISBN 978-80-246-1294-2.
5. JANURA, M., ZAHÁLKA, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2004. ISBN 80-244-0930-5
6. KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha, Galén 2009, ISBN 978-80-7262-657-1.
7. KONRAD, P. *The ABC of EMG – A practical Introduction to Kinesiological Electromyography*. Scottsdale: Noraxon, 2005.
8. KRAČMAR, B., TLAŠKOVÁ, P., VYTRČILOVÁ, M. Selected coordination indicators of the inclusion of shoulder girdle muscles during Nordic Walking. *Acta Universitatis Carolinae, Kinantropologica, Vol. 45, No. 1-2009*.
9. KRAČMAR, B. et al. Nordic Walking, vliv na pohybovou soustavu člověka. *Česká kinantropologie*. 2011, 15, č. 1.
10. KROBOT, A., KOLÁŘOVÁ, B. *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011, ISBN 978-80-244-2762-1.
11. MERLETTI, R., PARKER, P. *Electromyography*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2004.
12. MOMMERTO VÁ-JAUCHOVÁ, P. *Nordic Walking pro zdraví*. Praha: Plot, 2009. ISBN 978-80-86523-98-9.

13. PAVLŮ, D. *Speciální fyzioterapeutické koncepty a metody I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-7204312-9, str 71.
14. STEGEMAN, D.,F., HERMENS, H., J. *Standards for surface electromyography: the European project "Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM)"* [on-line]. © 1997 [cit. 4.2.2011]. Dostupné na www.med.inu-jena.de/motorik/pdf/stegeman.pdf
15. ŠPULÁK, D., MIKULÍKOVÁ, P. Segmentation of Electromyographic Signal During Periodic Movement. *POSTER 2012 - 16th International Student Conference on Electrical Engineering*. Praha: Czech Technical University in Prague, 2012. ISBN 978-80-01-05043-9.
16. TLAŠKOVÁ, P. *Zapojení svalů v oblasti ramenního pletence při Nordic Walking*. Praha, 2008. Diplomová práce na UK FTVS. Vedoucí práce: Bronislav Kračmar.
17. TROJAN, S. et al. *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada, 2001. ISBN 80-2470-031-X.
18. VANČATA, V. *Primatologie a evoluční antropologie. Díl 1. Primáti a jejich adaptace*. Praha: Karolinum, 2001.
19. VÉLE, F. *Kineziologie*. Praha: Triton, 2006.
20. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. Praha: Grada, 1995. s. 25, 39, 95. ISBN 80-7169-044-X.
21. VYSTRČIL, M. *Severská chůze*. Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého, FTK, 2004. s. 44.