NORDIC WALKING JAKO POSTREHABILITAČNÍ POHYBOVÝ REŽIM*

NORDIC WALKING AS THE MODE OF HUMAN MOVEMENT ACTIVITY AFTER PHYSIOTHERAPY

Radka Bačáková, Petra Tlašková, Bronislav Kračmar

Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, ČR

ABSTRACT

The aim of the thesis is to compare muscle timing in shoulder girdle during the Nordic Walking, and during a free bipedal walk. It all to compare with muscle timing when the crawling by Vojta's reflex locomotion. Methods - surface electromyography combined with kinematography analysis used synchronized video recording. As the research shows, there is a difference in muscle timing between the NW and free bipedal walk. It was proved that the activity NW has more locomotive character than in free bipedal walk. We have found the muscle timing during the NW consistent with the phenomenon of cocontraction of the Musculus biceps brachii, caput longum and Musculus triceps brachii, caput longum connect in parallel with the contraction of the Musculus latissimus dorsi. This result of our research corresponds with the Theory of the Vojta's reflex locomotion.

Keywords: Nordic Walking, free bipedal walk, shoulder girdle, surface electromyography, kinematics analysis, Vojta's reflex locomotion

SOUHRN

V příspěvku je porovnávána koordinace svalové práce v pletenci ramenním při volné bipedální chůzi a při chůzi s holemi. Porovnání je srovnáno s aktivitou při Vojtově reflexní lokomoci. Jako analytická metoda je použita povrchová elektromyografie se synchronizovaným videozáznamem. Výzkum ukázal rozdíl v koordinaci práce sledovaných svalů v pletenci ramenním při volné chůzi a při chůzi s holemi. Při chůzi s holemi je charakter práce svalů lokomoční, byla nalezena kokontrakce dlouhých hlav pažních svalů a musculus latissimus dorsi. Koordinace práce svalů v pletenci ramenním se tak blíží charakteristikám Vojtovy reflexní lokomoce.

Klíčová slova: nordic walking, chůze, pletenec ramenní povrchová elektromyografie, kinematická analýza, Vojtova reflexní lokomoce

Úvod

Volná bipedální chůze člověka stojí na aktuálním konci evoluce lokomoce suchozemských obratlovců (D' Amore et al., 2001) a je zřejmě příčinou humanizace druhu homo sapiens (Véle, 2008). I když se zdá, že Haeckelova teorie (Starr, Taggart, 1998) popisující intrauteriní vývoj a ontogenezi jako zkrácené opakování fylogeneze je překonána (Wells, 2000), existuje obsáhlá experimentální práce Vojty s bohatými empirickými zkušenostmi fyzioterapeutů, nazývaná jako Vojtův princip (Vojta, Peters, 1995). Ten se implicitně dotýká samotné podstaty evoluce lokomoce a víceméně

dokazuje, že v lidských pohybových programech, rozvíjených (nikoliv naučených) v průběhu posturálně pohybové ontogeneze nacházíme primitivní formu lokomoce obratlovců, nazývanou jako bazální kvadrupedie (Vančata, 1996, Kračmar et al., 2007). Pohybový vzor reflexního plazení v lidské ontogenezi přímo sice obsažen není, ale nalézáme jeho ekvivalenty ve spontánním plazení, tzv. tulenění a podle nejnovějších poznatků i ve sportovních aktivitách (Novotný, 2007, Vystrčilová et al., 2007). Což jinými slovy znamená, že v ontogenezi lokomoce člověka se nacházejí

*Výzkum byl vytvořen v rámci podpory GAČR 406/08/1449

Graf 1. Polyelektromyografický záznam svalové aktivity v ramenním pletenci při reflexním plazení. Upraveno podle Vojty (Vojta, 1993), m. triceps brachii vyznačen dodatečně modře, m. biceps brachii červeně a m. latissimus dorsi zeleně, všechny svaly na čelistní straně.

Graph 1. EMG record of muscle activity in the shoulder girdle during reflexive crawling. Adjusted according to Vojta (Vojta, 1993), m. triceps brachii marked blue, m. biceps brachii marked red and m. latissimus dorsi marked green, all muscles on the jawbone side.

podstatné prvky evolučně překonané bazální kvadrupedie, projevující se v kvadrupedálním zkříženém lokomočním vzoru, ovlivňujícím jak strukturu pohybové soustavy člověka, tak jeho motoriku.

Pletenec ramenní je na počátku pohybového vývoje dítěte v rámci vztahu pletenec ramenní - pletenec pánevní vedoucí strukturou podle kraniokaudálního principu zrání CNS. Lokomoční funkce ramenního pletence se ve čtvrtém trimenonu stává z lidského

hlediska funkcí sekundární. Lokomoci zajišťuje pletenec pánevní, pletenec ramenní zajišťuje pak funkci humanizační, tedy funkci manipulace a úchopu (Véle, 2006).

Součástí kineziologického obsahu pohybu při reflexním plazení je kokontrakce funkčních antagonistů (Kolář, 2006). Reprezentantem této 150kokontrakce m. triceps brachii, caput longum a m. biceps brachii, caput longum ve fázi lokomočního působení v rámci krokového cyklu.

EMG záznam svalové aktivity v ramenním pletenci při reflexním plazení ukazuje graf 1 (Soerjano et al., 1984, Vojta, 1993).

Problém

V poslední době byly prezentovány výsledky studií pohybových aktivit člověka, realizovaných pomocí pletence ramenního - běh na lyžích, pádlování, sportovní lezení, NW, in line bruslení s holemi (Novotný, 2007). Tedy aktivit, při kterých je vytvořeno další punctum fixum na akru horní končetiny. Zde se obecně ukazuje, že hlavním svalem, zajišťujícím lokomoce v oblasti pletence ramenního je m. latissimus dorsi. Podle Vojtovy teorie reflexní lokomoce by měl tento sval pracovat ve fázi shodě s výše jmenovanými dvěma dlouhými hlavami pažních svalů (Vojta, Peters, 2005).

Při chůzi s holemi, NW je práce dolních končetin v podstatě totožná s běžnou rychlou chůzí (Kukkonen-Harjula, 2007) a činnost trupu a horních končetin by se dala připodobnit pohybu při klasické technice v běžeckém lyžování (Kračmar et al., 2007). Úchop holí je identický s držením holí pro běh na lyžích (Karlsson, 2007). Tělo je mírně nakloněno vpřed, jsou aktivovány zádové svaly podporující vzpřímené držení páteře (Morsø et al., 2006) a svaly pletence ramenního, zvyšuje se rotační pohyb trupu (Karlsson, 2007). Technikou severské chůze a následně jejím popisem se zabývá Leiper (2008), Vystrčil (2005), Tlašková (2008). Při chůzi s holemi je trup držen v mírném předklonu, hlava v prodloužení páteře (brada mírně zasunutá vzad), pohled směřuje přibližně 20m dopředu. Ramena jsou „stažena od uší“ a posazena dozadu. Hrudník i ramena jsou uvolněná, aby střídavý pohyb horních končetin v ramenních kloubech nebyl omezován zapojením svalů v oblasti horního hrudníku. Pohyb rukou v poutkách holí je přirozený. Začíná za tělem z propnutého lokte, horní končetina se pohybuje vpřed a vzhůru s postupnou flexí v lokti až do fáze opory o hůlku, poté se cyklicky vrací zpět za tělo. Až do závěrečné fáze odrazu hůlky svírají prsty pevně rukojeť, pak se dlaň otevírá a odrazová síla je přenášena přes poutko, loket i prsty jsou natažené. Horní a dolní část trupu rotují kontralaterálně při každém kroku (Vystrčil, 2005).

Reflexní lokomoce, reflexní plazení, případně spontánní plazení, tzv. tulení probíhá u dítěte v horizontální poloze těla. Chůze s holemi je lokomocí ve vertikále, kdy se lokomoční režim jakoby vrací směrem ke kvadrupedii. Styčnými body obou forem lokomoce pro oblast pletence ramenního jsou: formulace puncta fixa distálně, fáze lokomoce - nalezení opory, přenášení hmotnosti těla, odraz, nákok.

Cíl

Cílem práce je pokusit se nalézt styčné koordinační

atributy lokomoce v horizontále a lokomoce ve vertikále v oblasti pletence ramenního u vybraných svalů. Jako lokomoce v horizontále předkládáme paradigma kineziologického obsahu reflexního plazení Vojtovy reflexní lokomoce jako modelu fylogeneticky determinovaných pohybových programů s úrovní obecnosti suchozemských obratlovců. Jako lokomoce v horizontále jsou předloženy výsledky průběžného výzkumu pohybové aktivity člověka, při níž jsou v uzavřeném kinematickém řetězci sekundárně zapojeny horní končetiny. Analýza chůze s holemi, NW do mírného kopce (10°) je doplněna analýzou volné chůze na stejném terénu. Chůze do kopce s holemi a bez holí zvýrazní změny v koordinaci pohybu v oblasti pletence ramenního ve dvou mezních situacích: 1. otevřený kinematický řetězec, fázi práce horní končetiny pro torzní vyrovnávání a 2. uzavřený kinematický řetězec s formulací puncta fixa na akru horní končetiny uchopením chodecké hole.

Nášim cílem bylo analyzovat právě specifickou lokomoci ve vertikále a získané výsledky porovnat se svalovými souhrny ve Vojtově reflexní lokomoci, která je obecně uznávána jako metodika léčebné rehabilitace.

Metody

Výzkum byl koncipován jako srovnávací případová studie. Intraindividuální srovnávací analýza volné bipedální chůze a NW je postavena na EMG sledování se synchronizovaným videozáznamem. Bylo použito přenosné měřicí zařízení pracující na bázi EMG potenciálů, nesené na těle probanda o celkové hmotnosti 1,3 kg se vzorkovací frekvencí 200 vzorků za sekundu, filtry nastaveny na měřicí frekvenci 30 – 1200 Hz. Bližší údaje o přístroji a přesném umístění elektrod jsou k dispozici u autorů. Nalepení elektrod obdobným postupem jako viz (Yanac Paredes, 2006). U každého probanda bylo analyzováno 8krát 20sec každé pohybové aktivity. První 3 měření každého probanda u NW i u volné chůze nebyla vyhodnocována, byla považována za zácvik. Měření každé aktivity bylo hodnoceno 5krát. Větší počet měření nebyl realizován pro vyloučení vlivu únavy. Mezi každým měřením 20sec úsekem byla povinná 5min přestávka. Soubor činilo 6 probandů, 4 ženy, 2 muži v průběhu 4 měření, věk 22 - 53 let, učitelé běhu na lyžích na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze a závodníci v běhu na lyžích, studenti stejné fakulty. Všichni probandi zdraví bez subjektivních potíží. Synchronizace ve videosekvencích provedena programem Darfish.

Lokalizace timingu svalů byla realizována stanovením lokálních maxim EMG křivky a stanovením významné amplitudy EMG signálu pro určení začátku a konce aktivace svalu podle metodiky 10% relativního lokálního maxima (De

Luca, 2003) ve spojitosti se synchronizovaně přiřazenými pozicemi probanda. Byl posouzen charakter EMG křivky ve smyslu výskytu lokálních maxim.

Po kvantitativní srovnávací analýze vždy u jednoho probanda byly střední hodnoty pod EMG křivkou krokového cyklu podrobeny sekundární analýze, byly vytvořeny korelační matice timingů všech 3 měřených svalů, ty posléze byly převedeny programem Matlab na matice průměrných korelačních koeficientů timingu svalů u všech 6 probandů. A to zvlášť pro volnou chůzi a zvlášť pro NW. Z velikosti plochy pod EMG křivkou (související s amplitudou) usuzujeme na aktivaci

svalu a z míry aktivace svalu pak na vykonanou práci. Tato pravděpodobnostní metoda není sama sobě schopna formulovat velikost nutné chyby měření, ale je to aktuálně jediný dostupný způsob objektivizace práce pohybové soustavy v terénních podmínkách mimo laboratoř.

Výsledky

Obrázek 1 ukazuje výřez z kinogramů NW a volné chůze probandky M. Ch.. Graf 2 ukazuje vybraný úsek EMG grafů probandky M. Ch. při NW a volné chůzi. Krokový cyklus z předcházejícího výřezu z kinogramu odpovídá úsekům označeným na grafu.

Obr. 1. Kinogramy NW a volné chůze 1 vybraného krokového cyklu odpovídající následujícímu grafu
Fig. 1. Cine-graph of Nordic Walking and free walking, 1 step

Graf 2 . Vybraný dvojkrok u probandky M.Ch. U chůze je opuštěna fázická shoda aktivace m. biceps brachii sin., cap. longum a m. latissimus dorsi sin
Graph 2. Selected double step of the tested person M. Ch.

Tab. 1. Matice průměrných korelačních koeficientů timingů svalů u všech 6 probandů při volné chůzi a při NW. Je doplněna o procentuálně vyjádřenou průměrnou směrodatnou odchylku u všech probandů
Table 1. Average correlation coefficients of mutual muscle timing in all 6 tested persons during free walking and NW

Matice průměrných korelačních koeficientů timingu svalů			
chůze s holemi, NW			
měř. sval	m. latiss.	m. tric. br.	m. bic. br.
m. latiss.	x	0,936	0,921
m. tric. br.	0,936	x	0,897
m. bic. br.	0,921	0,897	x
průměrná interindiv. směř. odch.			
všech členů matice 14,2%			
volná chůze			
měř. sval	m. latiss.	m. tric. br.	m. bic. br.
m. latiss.	x	0,675	0,269
m. tric. br.	0,675	x	0,512
m. bic. br.	0,269	0,512	x
průměrná interindiv. směř. odch.			
všech členů matice 41,8%			

Diskuse

Z výsledků vyplývají dvě důležité skutečnosti: Všimněme si nejdříve směrodatných odchylek u všech probandů, které nám ukazují stabilitu pohybových stereotypů. V tabulce 1 jsou směrodatné odchylky upraveny do poměrové podoby (%), aby nám ukázaly, v jaké míře si udržely nebo měnily polohu v rámci dvojroku náboje jednotlivých svalů. A to v průběhu všech pohybových cyklů (dvojroků). U volné chůze, kdy nebylo formulováno na akru horní končetiny nové, další punctum fixum, je variabilita provedení vysoká - variabilita timingu sledovaných svalů na hladině 41,8%. Při NW formulace nového puncta fixa sjednotila koordinaci práce pletence ramenního i interindividuálně, snížila se variabilita timingu až na 14,2%. Mohli bychom spekulovat o tom, že fixace fylogeneticky determinovaných pohybových vzorů v oblasti pletence ramenního (bazální kvadrupedie) se nachází v mnohem menší šíři variačního rozpětí nežli vyšší forma lokomoce člověka, která prošla posturálně pohybovou ontogenezí individua se svými vlivy strukturálními (individuální strukturální stavba) i sociálními (např. odzírání typu chůze od rodičů). I když pletenec ramenní při volné chůzi přímo nevytváří propulzní sílu, jeho zapojení do celého stereotypu je velmi důležité. A právě mnohem delší doba „užívání“ volné bipedální chůze oproti formě bazální kvadrupedie v hlubokém dětství výrazně diverzifikuje pohybový stereotyp ramenního

pletence v rámci populace. Co zatím necháváme bez komentáře, je bezesporu změna stabilizačních poměrů při opoře horních končetin.

Další skutečností vyplývající z tabulky 1 a ilustrované na vybraném příkladě na grafu 2 jsou velmi zajímavé korelační koeficienty fázické spolupráce sledovaných svalů. U všech probandů byly při NW nalezeny velmi vysoké korelační koeficienty ve sledovaných krokových cyklech, pohybující se kolem hodnoty 0,9. Naopak velmi nízká korelace mezi fázemi práce svalů byla nalezena při volné chůzi, mezi m. latissimus dorsi a m. biceps brachii, cap. longum dokonce pod úrovní 0,3. Výsledky korelačních matic velice silně podporují naše domněnky o koordinační příbuznosti práce svalů ve fázi vytváření propulzní síly při dětském plazení, tulení a při NW. Je zajímavé, že vliv směru gravitace vůči poloze těla nehraje významnou úlohu. Ve studii ovšem nejsou zahrnuty svaly, které více souvisejí s antigravitační funkcí (např. m. pectoralis major).

Pozitivní dojem z výsledků studie musí být zmírněn konstatacím o malém počtu probandů, nedovolující zatím širší zobecnění. Rovněž určitá homogenita souboru, související s velmi dobrou úrovní osvojení pohybového stereotypu při běhu na lyžích může hrát svoji roli.

Závěr

Na šesti probandech byla zjištěna bez výjimky bazální změna timingu svalů v oblasti pletence

ramenního při vytvoření puncta fixa na horní končetině použitím chodeckých holí. Vysoká korelace fázické práce všech tří sledovaných svalů při NW odpovídá tvrzení Vojty o kokontrakci funkčních antagonistů, zde tedy dlouhých hlav pažních a hlavního lokomočního svalu pletence ramenního m. latissimus dorsi, vytvářejícího propulzní sílu. U všech šesti probandů byla dokázána změna koordinace svalů z režimu fázické práce pro vyrovnávání torzních sil při volné chůzi do režimu lokomoční fázické práce pro vytváření hnací, propulzní síly směrem k nově formulovanému punctu fixu. Koordinační změna, která sjednotila fáze aktivity všech tří sledovaných svalů při chůzi s holemi, je podložena komplexním řízením lokomoce v rámci CNS. U všech našich probandů došlo k vybavení svalových souher, popisovaných Vojtou při reflexní lokomoci, samozřejmě v řádově odlišných časových úsecích. Podobný kineziologický obsah pohybu při chůzi s holemi jako při Vojtově reflexní lokomoci, tedy při obecně uznané metodě léčebné rehabilitace, nám umožňuje formulovat závěr:

U všech našich šesti probandů je chůze s holemi optimálním pohybovým režimem po ukončené rehabilitaci pohybové soustavy, např. (Mucha, 2007), především pro oblast paží, pletence ramenního a trupu.

LITERATURA

- D'Amore, G., Frederic, P., Vančata, V. (2001). Process of Encephalization in Hominid Evolution: Preliminary Results of Biostatistic Analysis of Brain Size Phylogenetic Changes. *Antropologie*, 39 (2-3), pp. 223-234.
- De Luca, C. J. (2003). *The use of Surface Electromyography in Biomechanics*. The international Society for Biomechanics. [on-line]. [cit. 10.11.2007]. Dostupné na: <<http://www.delsys.com/>>
- Leiper, I. (2008). *The 3 Levels of Nordic Walking*. [on-line]. [cit. 05.03.2008]. Dostupné www: <http://www.scottishnordicwalkingassociation.co.uk/4.html>>
- Karlsson, E. (2007). *Tekniikka kuntoon*. [on-line]. 2007 [cit. 08.11.2007]. Dostupné na www.: <<http://www.suomenlatu.fi/hilavitkutin/hilavitkutin.cgi?S031903>>
- Kolář, P. (2006). Vertebrogenní obtíže a stabilizační funkce svalů – diagnostika. *Rehab. fyz. lék.*, 13 (4), ss. 155-170.
- Kračmar, B., Vystrčilová, M., Psotová, D. (2007). Sledování aktivity vybraných svalů u nordic walking a chůze pomocí povrchové EMG. *Rehab. fyz. lék.*, 14 (3), ss. 101 – 106.
- Kračmar, B., Novotný, P. O., Mrůzková, M., Dufková, A., Suchý, J. (2007). Lidská lokomoce

přes pletenec ramenní. *Rehabilitácia*, 44 (1), ss. 3 – 13.

[Kukkonen-Harjula, K.](#) et al. (2007). Self-guided brisk walking training with or without poles: a randomized-controlled trial in middle-aged women. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(4), pp. 316-323.

Morsø, L. et al. (2006). *Nordic Walking and chronic low back pain: desing of a randomized clinical trial BMC Musculoskelet Disord*. 2006, October 2, p77. [on-line] [cit. 22.01.2008]. Dostupné na:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1610114>>

Mucha, C. (2007). Chronologická funkčná analýza k pooperačnej intenzite cvičenia po luxačnej zlomenine ľavka. *Rehabilitácia*, 44(2), ss.116-122.

Novotný, P. O. (2007). *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce ramenním pletencem*. Disertační práce. Praha: UK FTVS.

Sedliská, V. et al.(2007). Terénní kineziologická analýza zapojení vybraných svalů dolních končetin při pohybové aktivitě - zatáčení na carvingových lyžích. *Rehabilitácia*, 44(3), ss. 145-151.

Starr, C., Tadggart, R. (1998). *Biology: The Unity and Diversity of the Life*. Belmont: Wadseorth Publishing Company.

Vančata, V. (1996). Ontogeny of Primate Locomotion and the Origin of Hominid Bipedality. *Folia Primatologica*, 67, pp. 213 - 214.

Véle, F. (2006). *Kineziologie*, 2. vyd. Praha: Triton 2006.

Vojta, V. (1993). *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku: včasná diagnóza a terapie*. Praha: Grada.

Vojta, V., Peters, A. (1995). *Vojtův princip*, s. 25, 39, 95. Praha : Grada.

Vystrčil, M. (2004). *Severská chůze*. Diplomová práce. Olomouc : Univerzita Palackého, FTK.

Vystrčilová, M., Kračmar, B. (2007). Nové pohledy na pohybové aktivity člověka – III. Chůze. *Těl. Vých. Sport Mlád.*, 73(5), ss. 2-8.

Wells. J. *Icons of Evolution*. p. 73. Washington,DC: An Eagle Publishing Copany,

Yanac Paredes, E., Opavský, J., Branžovská, R., Smékal, D. (2007). Hodnocení pohybového stereotypu extenze v kyčelním kloubu palpací a povrchovou elektromyografií. *Rehabilitácia*, 43(4), s. 215.

Internetové odkazy:

http://www.nordicwalking.com/portal/nordic_walki ng/english/nordicwalkers/

PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

FTVS UK Praha

J.Martího 31

162 52 Praha 6, CZ

e-mail: kracmar@ftvs.cuni.cz