UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Studijní obor - Kinantropologie

Kvadrupedální lokomoční diagonální vzor v pohybové činnosti člověka

Autoreferát disertační práce

Školitel:

Doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.

Zpracovala:

Mgr. Radka Bačáková

2011

Vědní obor:	Kinantropologie
Název práce:	Kvadrupedální lokomoční diagonální vzor v pohybové činnosti člověka
Autor:	Mgr. Radka Bačáková
Školitel:	Doc. PaedDr. Bronislav Kračmar, CSc.
Školící pracoviště:	Univerzita Karlova v Praze
	Fakulta tělesné výchovy a sportu
	Katedra sportů v přírodě

ABSTRAKT

Název práce:

Kvadrupedální lokomoční diagonální vzor v pohybové činnosti člověka

Cíl práce:

Cílem práce je popsat kvadrupedální lokomoční diagonální vzor u šplhu na laně a porovnat jej s chůzí a se shybem.

Metoda:

Tato práce je zpracována formou komparativní analýzy zvolených pohybů (šplh, chůze a shyb), ve které srovnáváme aktivitu sedmi zvolených svalů u pěti vybraných probandů. Ke komparaci pohybů byla použita povrchová elektromyografie a 2D plošná video-analýza.

Výsledky:

Při asymetrické práci horních končetin (šplh na laně bez přírazu) se nám podařilo nalézt doprovodný pohyb dolních končetin v kvadrupedálním lokomočním diagonálním vzoru. Symetrická práce horních končetin (shyb) nemá diferencované odezvy u dolních končetin v kvadrupedálním lokomočním diagonálním vzoru.

Klíčová slova:

elektromyografie (EMG), kvadrupedie, zkřížený vzor, šplh, shyb, chůze

1. Úvod

Ramenní pletenec je vývojově předřazen pletenci pánevnímu a tato dominance platí neurologicky i v dospělém věku. To znamená, že běžnou lokomoci dospělého člověka, tedy chůzi, zajišťuje sice primárně pletenec pánevní svým zapojením v uzavřeném kinetickém řetězci (punctum fixum je zde formováno distálně), přesto se zdá, že dominantní z pohledu řízení CNS je pletenec ramenní (např. rytmus pohybu - běžec při únavě při běhu do kopce může regulovat rytmus běhu vědomým udržováním rytmu pohybu paží).

V předložené práci chceme prokázat, že při lokomočním působení horních končetin jsou v tomto režimu organizovány i dolní končetiny. Jako základní pohyb člověka jsme při výzkumu vybrali chůzi, kde je zkřížený vzor již prokázán. Jedná se o pohyb prostřednictvím dolních končetin, které pracují v uzavřeném kinetickém řetězci se současným kontralaterálním doprovodným pohybem horních končetin v otevřeném kinetickém řetězci (punctum fixum je zde posunuto proximálně) ve zkříženém lokomočním vzoru. S tímto bazálním pohybem člověka jsme porovnávali šplh na laně bez pomoci dolních končetin (bez přírazu). Chůze je lokomoce polarizovaná ve prospěch dolních končetin, o šplhu by se dalo říci, že je to lokomoce polarizovaná ve prospěch horních končetin, ale ne úplně, protože to není pro člověka přirozené a běžné, jak je tomu u velkých nehumánních primátů, proto dolní končetiny nevytvářejí vyrovnávací pohyb jako horní končetiny při chůzi, ale vlastně „kráčejí“ po pomyslné rovině ve vertikálním směru. Při tomto pohybu pracují v uzavřeném kinetickém řetězci končetiny horní a dolní končetiny v doprovodném pohybu v otevřeném kinetickém řetězci. Pohyb horních končetin je střídavý. Jako další jsme zvolili pohyb – shyb na hrazdě nadhmatem opakovaně (svis, shyb), kde se horní končetiny zapojují též v uzavřeném kinetickém řetězci a dolní končetiny pracují v otevřeném kinetickém řetězci, ale hlavní a podstatný rozdíl pro naši práci je, že horní končetiny pracují současně a ne střídavě, jak je tomu u šplhu. Zároveň je shyb nejčastějším tréninkovým prostředkem závodníků ve šplhu na laně.

2. Cíle práce, hypotézy

2.1 Cíle práce

Cílem práce je popsat kvadrupedální lokomoční diagonální vzor u šplhu na laně a porovnat jej s chůzí a se shybem.

ZDŮVODNĚNÍ CÍLE

Cíl práce je formulován na základě empirického pozorování zapojení pletenců ramenního i pánevního do lokomoce člověka. Při chůzi vykonávají paže doprovodný pohyb kontralaterálně synchronizovaný s dolními končetinami. Pletenec pánevní je při tom zdrojem propulzního působení.

Při šplhu na laně je naopak zdrojem propulze pletenec ramenní, dolní končetiny přitom vykonávají kontralaterálně doprovodný (nikoli vyrovnávací) pohyb bez volní kontroly sportovce, který implikuje dynamický průběh nákroku dolních končetin při chůzi, ačkoliv se končetiny nachází v otevřeném kinetickém řetězci. Přičemž je chůze zvolena jakožto bazální pohyb člověka. Olympijský šplh zvládne jen pár jedinců, je to pohyb velmi náročný na funkční zdatnost horních končetin a trupu, a vůči chůzi se dá říci, že je to pohyb polarizačně opačný (Vančata, 1996, 2003, 2005). Tím pádem je kladen důraz této práce na šplh a chůze je zde jako fenomén polarizačně opačný, kdy je zaměněna aktivita dolních končetin v uzavřeném kinetickém řetězci a horních končetin v otevřeném kinetickém řetězci. Oproti tomu shyb je lokomoce, kde horní končetiny pracují v uzavřeném kinetickém řetězci, jako u šplhu. Pohyb horních končetin není střídavý, ale při shybu pracují současně. Zároveň je to nejvyužívanější tréninkový prostředek závodníků ve šplhu na laně.

2.2 Vědecká otázka

Je možné dokázat, že lokomoce člověka, při níž propulzní síla je vytvářena přes pletenec ramenní, vyvolá reakci dolních končetin (pracujících v otevřeném kinetickém řetězci) tak, abychom celou akci pohybové soustavy mohli definovat jako kvadrupedální diagonální lokomoční vzor?

U člověka došlo k polarizaci lokomoce ve prospěch dolních končetin, kdy horní končetiny se pohybují v rámci zkříženého lokomočního vzoru a spolu s trupem vyrovnávají torzní pohyby dolních končetin a pánve. Chůze člověka je výsledkem dlouhé fylogeneze lokomoce primátů,

zato lokomoce prostřednictvím pletence ramenního je pouze pokračování linie bazální kvadrupedie suchozemských obratlovců (pohybová ontogeneze člověka totiž také směřuje k chůzi a ne ke spontánnímu plazení).

2.3 Hypotézy

H1

Při střídavém zapojení horních končetin do lokomoce (šplh na laně) budou dolní končetiny aktivovány v rámci kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru (jako je tomu při chůzi u horních končetin).

H2

Při symetrické práci horních končetin (shyb) nedojde k zapojení dolních končetin do režimu kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru.

ZDŮVODNĚNÍ HYPOTÉZ

H1 Při šplhu na laně jsou dolní končetiny mimo volní kontrolu sportovce. Jejich pohyb v průběhu šplhu tvarově nápadně připomíná chůzi se svými koordinačními atributy. Lze se tak domnívat, že tato část pohybové soustavy pracuje bez volní kontroly v režimu kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru podobně jako horní končetiny při chůzi. Situace je v této kombinaci (pletenec ramenní v propulzní funkci, pletenec pánevní ve funkci vyrovnávací) oproti chůzi o to silnější, že při lokomoci je funkce pletence ramenního z neurologického hlediska dominantní vůči pletenci pánevnímu (kraniokaudální princip zrání CNS v rámci posturálně pohybové ontogeneze člověka).

H2 Při shybu nenastává střídavá práce horních končetin a pletenců ramenních, není proto důvod, aby byl provokován kvadrupedální lokomoční diagonální vzor, ačkoliv nervosvalová aktivita je předpokládána pro útlum práce dolních končetin tak, aby kvalita provedení pohybu byla pokud možno dokonalá.

3. Metodika práce

3.1 Popis sledovaného souboru

Při hledání obecných zákonitostí pohybu člověka ve smyslu kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru narážíme na určité obtíže. Při hledání pohybové aktivity, kde bude pracovat pletenec ramenní čistě v lokomočním režimu a pletenec pánevní bude zapojen

v otevřeném kinetickém řetězci bez dalšího omezení, jako je tomu u horních končetin při chůzi, byl nalezen šplh na laně bez opory dolních končetin. Tuto aktivitu je schopna vykonávat pouze část populace s dostatečnou funkční zdatností pletence ramenního. Proto je nutno sledovanou aktivitu monitorovat u populace závodníků v olympijském šplhu.

Sledovaný soubor byl vybrán expertním posouzením (nezávislé posouzení tří trenérů) z populace výkonnostních sportovců specifické disciplíny. Jedná se tím pádem o záměrný výběr. Populaci tvoří závodníci v tzv. olympijském šplhu - šplh na 8 metrovém laně bez přírazu, tzv. olympijským způsobem. Sledovaný soubor tvoří 5 probandů z 20 pravidelně se nominujících účastníků MČR ve výše jmenované disciplíně. Osobní rekordy probandů jsou nejhůře do 8 sec. a nejlepší výkon sezony, ve které proběhlo měření, nesmí být horší než 8,5 sec. Všichni probandi jsou praváci, kvalitu pohybu nám zajistí jejich výkonnost na úrovni reprezentace a jejich somatometrické údaje pro tento výzkum nejsou podstatné. Všichni probandi nebyli čtrnáct dní před měřením ani po měření nemocni, zároveň se v současné době neléčí s žádným onemocněním pohybového aparátu. Prošli sportovní zdravotní prohlídkou se závěrem: zdráv a schopen vyšší fyzické zátěže (vrcholového sportu).

3.2 Použité metody

V tomto výzkumu byla použita 2D plošná analýza pomocí videokamery. EMG záznam vybraných sedmi povrchových svalů, osmý kanál EMG přístroje byl použit pro synchronizaci EMG záznamu a videozáznamu. K získání EMG záznamu byl použit přístroj KaZe05 a videozáznam byl zaznamenán pomocí videokamery SONY HDR-SR12 High Definition (Series highlights: 5.6 MP ClearVid ™ CMOS sensor, BIONZ ™ image processor, 1920 x 1080 Video, 10.2 MP still image capture, Face Detection technology for video, hybrid recording, 120GB HDD, 3.2" touch panel).

Jedná se o intraindivuduální srovnávací analýzu s cílem sledovat změny kvality pohybu. Intraindividuální charakter sledování vyplývá z možností sledovací metody – EMG umožňuje posoudit především timing svalů a jeho změny v různých pohybech konkrétního sledovaného probanda.

Sledovanou proměnnou byla odpověď dolních končetin při dvou základních režimech práce pletence ramenního. Pletenec ramenní byl zatěžován ve dvou definovaných limitních formách pohybu:

a) střídavá, reciproční forma pohybu lokomočního charakteru – šplh na laně, dolní končetiny pracují v otevřeném kinetickém řetězci,

b) symetrická, souhlasná práce horních končetin a pletence ramenního – shyb na hrazdě, dolní končetiny pracují v otevřeném kinetickém řetězci.

Oba pohyby byly též porovnány s chůzí tedy s bazálním pohybem člověka.

Dále jsme použili interindividuální srovnávací analýzu, kdy jsme porovnávali timing nástupů aktivace vybraných svalů jednotlivých probandů u všech zvolených pohybů – šplh, chůze, shyb.

Nesledované proměnné jsou čas, délka kroku (ponecháno na rozhodnutí a pocitech probanda), únava by neměla nastupovat díky malému počtu opakování a vysoké úrovni trénovanosti probandů.

Výběr sledovaných proměnných vyplývá z charakteru výzkumu coby základního – nepotřebujeme znát jemné rozdíly na základě doprovodných metrických měření, ale potřebujeme potvrdit či vyvrátit fenomén kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru na základě pořadí (timingu) nástupů aktivace vybraných svalů.

3.3 Sběr dat

Všech pět probandů bylo naměřeno v rozmezí od 5. do 21. listopadu 2010. Toto období bylo zvoleno záměrně z důvodu přípravy probandů na blížící se mistrovství ČR, které se konalo 4. 12. 2010. Měření probíhalo vždy v tělocvičně v Praze v Trói – tělocvična u loděnice. Teplota v tělocvičně byla od 16 do 17 °C. Šplhalo se na klasickém laně 4,5 metru dlouhém o průměru 32 mm. Závěsná hrazda na ribstole (žebřiny) byla použita pro shyby a chůzi jsme měřili na délku tělocvičny. Byli zde měřeni všichni probandi za shodných podmínek.

Sledované pohyby:

Šplh

Jedná se o šplh na laně bez přírazu (bez opory dolních končetin o lano) svisle vzhůru. Pohyb dolních končetin je mimo volní kontrolu sportovce (pro závodníky je podstatné být v cíli v co nejkratším čase), není stanovena žádná technika ani její popis (závodníkům je jedno jak, ale hlavně rychle). Každý proband vyšplhal pětkrát s pěti minutovými pasivními pauzami mezi jednotlivými pokusy, abychom zamezili nástupu únavy.

Chůze

Chůze člověka ve volném (individuálně přirozeném) tempu. Měření chůze probíhalo v pěti opakováních s dvouminutovou pasivní pauzou, aby nedošlo k nástupu únavy.

Shyb

Shyb nadhmatem opakovaně na horizontální hrazdě zavěšené na žebřinách. Tento cvik je pro populaci závodníků ve šplhu na laně jedním ze základních tréninkových prostředků, proto nebyl z naší strany zadán žádný pokyn, jak má shyb vypadat (vše jsme nechali na individuálním provedení probandů, abychom nenarušili jejich pohybový stereotyp). I zde proběhlo pět opakování měření s pauzou pět minut, abychom zabránili nástupu únavy. Každé měření obsahovalo šest shybů.

3.4 Analýza dat – statistické zpracování dat

Synchronizace EMG záznamu a videozáznamu byla provedena v počítačovém programu Dartfish.

Komplexní analýza EMG záznamů byla provedena pomocí počítačového programu Matlab. Zajímala nás hlavně maximální kroskorelační matice EMG záznamů jednotlivých svalů při jednom určitém pohybu a příslušné fázové posuny, ze kterých byl následně určen timing (pořadí) nástupů aktivace jednotlivých svalů při zvoleném pohybu.

Prostřednictvím počítačového programu Matlab spočítáme maximální kroskorelační koeficienty u měřených svalů při zvolených pohybech (šplh, shyb a chůze). V závislosti na max. kroskorelačních koeficientech určíme fázové posuny, které nám určí pořadí (timing) nástupů aktivací jednotlivých svalů. Toto pořadí (timing) intraindividuálně porovnáme u jednotlivých pohybů (šplh, shyb a chůze) a získané výsledky iterindividuálně porovnáme mezi jednotlivými probandy.

3.5 Měřené svaly

V této práci nás zajímá aktiva svalů dolních končetin při šplhu na laně bez přírazu a bez volní kontroly dolních končetin probandem. Proto byly zvoleny svaly převážně dolní končetiny, kontralaterálně k dvěma svalům na horní polovině těla, které tvoří marker pro zapojení horních končetin. Jedním z markerů byl zvolen m. latissimus dorsi jako hlavní záběrový sval, dle Kračmar (2007). Svaly dolních končetin převládají záměrně, protože při pohledu na probanda při šplhu to vypadá, jako když jeho dolní končetiny, které jsou mimo volní kontrolu probanda, „kráčejí“ ve směru pohybu. Tento jev jsme chtěli porovnat právě s chůzí (jako pohybem bipolárně opačným šplhu a nalézt zde podobnost ve zkříženém lokomočním vzoru). Shyb, jakožto nejčastější tréninkový prostředek šplhu na laně, zde zastupuje pohyb

prostřednictvím pletence ramenního, ale horní končetiny pracují současně a ne střídavě jako u šplhu.

Vybrané svaly:

1. musculus latissimus dorsi dexter

2. musculus deltoideus dexter pars anterior

3. musculus gluteus medius sinister

4. musculus rectus femoris sinister

5. musculus biceps femoris sinister caput longum

6. musculus gastrocnemius sinister caput medialis

7. musculus tibialis anterior sinister

Při měření svalové aktivity pomocí povrchové elektromyografie máme dvě omezení. Jedno je výběr svalů, které mohou být jen povrchové – jak vyplývá z názvu metody. A druhé omezení je počet elektrod, které máme k dispozici – 7 kanálů pro měření svalové aktivity (7 svalů) a 8. kanál je pro synchronizaci EMG záznamu s videozáznamem.

4. Výsledky

Od každého pohybu bylo provedeno vždy pět měření s dostatečnou pauzou (u šplhu a shybu byla pauze 5 minut a u chůze 2 minuty), aby byla co nejvíce eliminována únava, která by mohla měření značně ovlivnit.

Intraindividuální vyhodnocení výsledků jednotlivých probandů při zvolených pohybech chůze, šplh a shyby.

Interindividuální porovnání jednotlivých probandů při zvolených pohybech chůze, šplh, shyby

V následujících obrázcích jednotlivá čísla označují svaly dle následující legendy:

1 - musculus latissimus dorsi dexter

2 - musculus deltoideus dexter pars anterior

3 - musculus gluteus medius sinister

4 - musculus rectus femoris sinister

5 - musculus biceps femoris sinister caput longum

6 - musculus gastrocnemius sinister caput medialis

7 - musculus tibialis anterior sinister

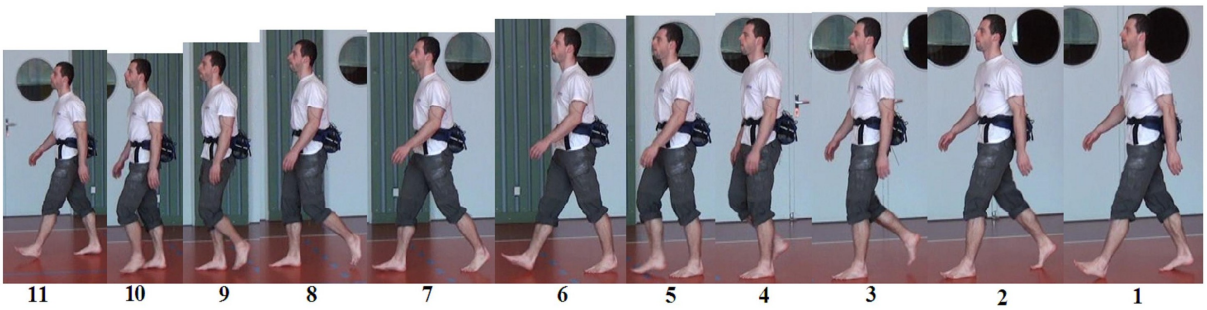
Pro interindividuální vyhodnoceni jsme vybrali oba dva svaly horní poloviny těla a to sval m. deltoidesu (ventrální flexe paže - předpažení) a sval m. latissimus dorsi (extenze paže). Ze svalů na dolní končetině a pánvi jsme zvolili sval m. rectus femoris (flexe v kyčelním kloubu) a sval m. biceps femoris (napomáhá i při extenzi v kyčli).

V následujících obrázcích (interindividuální porovnání timingu nástupů aktivace svalů), jsou barevně vyznačena čísla následujících svalů. Číslo 2 – zelená – m. deltoideus dx. pars anterior, číslo 4 – oranžová – m. rectus femoris sin., číslo 1 – žlutá – m. latissimus dorsi dx. a číslo 5 – modrá – m. biceps femoris sin. capul longum

Chůze

1.(jitl)	2.(tofi)	3.(pebi)	4.(mapu)	5.(makl)
		2		
		3 7		
		3 7		2
		6		6
	2	5		5
2	3	4	2	7
1	1	1	1	1
7	7		5	4
5	5		7	3
3	6		6	
4	4		3	
6			4	

Obr. č. 1. Timing nástupů jednotlivých svalů u všech pěti probandů při chůzi



Obr. č. 2. Ilustrační kinogram chůze jednoho z měřených probandů

Šplh

Barevně vyznačena čísla následujících svalů: číslo 2 – zelená – m. deltoideus dx. pars anterior, číslo 4 – oranžová – m. rectus femoris sin., číslo 1 – žlutá – m. latissimus dorsi dx. a číslo 5 – modrá – m. biceps femoris sin. capul longum

1.(jitl)	2.(tofi)	3.(pebi)	4.(mapu)	5.(makl)
	2		2 3	2
2	7	2	2 3	7
4	4	6	4	4
1	1	1	1	1
3	3	7	7	6
5	6	5	5	5
7	5	4	6	3
6		3		

Obr. č. 3. Timing nástupů jednotlivých svalů u všech pěti probandů při šplhu

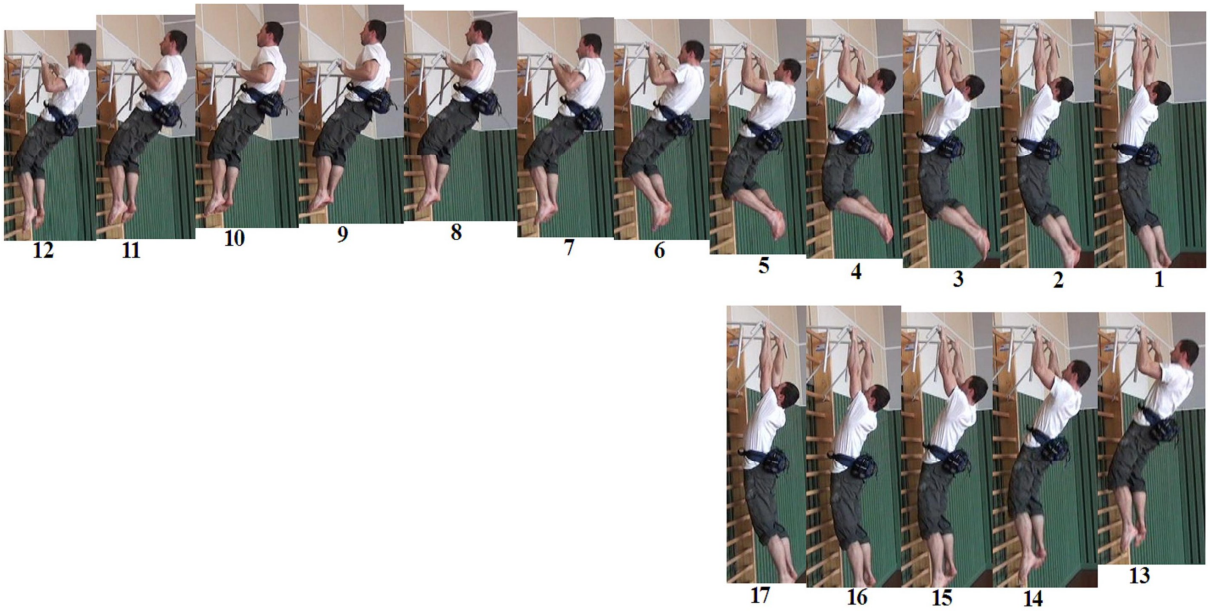
Obr. č. 4. Ilustrační kinogram šplhu na laně bez přírazu s libovolnou prací DKK jednoho z měřených probandů

Shyb

Barevně vyznačena čísla následujících svalů: číslo 2 – zelená – m. deltoideus dx. pars anterior, číslo 4 – oranžová – m. rectus femoris sin., číslo 1 – žlutá – m. latissimus dorsi dx. a číslo 5 – modrá – m. biceps femoris sin. capul longum

1.(jitl)	2.(tofi)	3.(pebi)	4.(mapu)	5.(makl)
7 2				2
7 2	2	2		76
3	5	3		76
4	7	7		4
5	4 6	5	2	3
6	4 6	6	4	5
1	1	1	1	1
	3	4	3	
			5	
			7	
			6	

Obr. č. 5. Timing nástupů jednotlivých svalů u všech pěti probandů při shybu



Obr. č. 6. Ilustrační kinogram shybu na hrazdě jednoho z měřených probandů

5. Diskuse

Referenčním svalem, ke kterému jsme vše vztahovali, byl zvolen m. latissimus dorsi dx. jako hlavní záběrový sval pro lokomoci prostřednictvím pletencem ramenním. Tato volba vznikla, protože námi měřené dva ze tří pohybů jsou lokomoce prostřednictvím pletence ramenního - šplh na laně bez pomoci dolních končetin (bez přírazu), který jsme porovnávali se shybem opakovaně a s chůzí.

Interindividuální porovnání výsledků

Obr. č. 1, č. 3 a obr. č. 5 nám ukazují časové rozložení aktivace svalů všech probandů v průběhu pohybů – šplh, chůze a shyb. Barevně jsou označeny svaly, u kterých hledáme „následnosti“ kvadrupedálního zkříženého lokomočního vzoru.

Na obr. č. 2, č. 4 a č. 6 jsou kinogramy jednoho z měřených probandů pro ukázku pohybu.

Chůze

Jak uvádí Véle (2006) chůze je považována za bazální pohyb člověka.

V naší práci vycházíme z Vojty a Peterse (1995), kteří uvádějí, že chůze člověka probíhá v kvadrupedálním lokomočním diagonálním vzoru.

Při chůzi jsou hlavním lokomočním prostředkem dolní končetiny, které pracují v uzavřeném kinetickém řetězci, a naopak pohyb horních končetin je pouze doprovodný, tudíž pracují v otevřeném kinetickém řetězci.

Na obr. č. 2 vidíme kinogram chůze. Na snímku 1 – 2 je proband ve fázi dvojí opory, kdy jsou obě dolní končetiny v kontaktu s podložkou. Pro levou dolní končetinu je oporná fáze od snímku č. 3 do snímku č. 5 a pro pravou dolní končetinu je tento úsek švihovou fází. Snímek 6 – 7 je opět fáze dvojí opory pro obě dolní končetiny. Následuje výměna, kdy pravá dolní končetina je v oporné fázi (snímky č. 8 – 10) a tudíž levá dolní končetina je ve švihové fázi. A opět následuje fáze dvojí opory – snímek č. 11.

Na obr. č. 1 je porovnán timing nástupů aktivace vybraných svalů u jednotlivých probandů. U všech probandů jsme našli společnou následnost modře vyznačeného svalu 5 – m. biceps femoris sin. c. l. a oranžově vyznačeného svalu 4 – m. rectus femoris sin. Tato následnost svalů odpovídá začátku švihové fáze měřené levé dolní končetiny, kdy dochází k dokončení odvinutí plosky od podložky a v tuto chvíli je aktivován m. biceps femoris sin. c. l. Na tento sval v průběhu švihové fáze levé dolní končetiny navazuje (u dvou probandů navazuje přímo, ostatní tři probandi mají mezi ještě aktivitu jiného svalu/ů) m. rectus femoris sin, který přenáší levou dolní končetinu směrem vpřed. U třech z pěti probandů nacházíme aktivitu zeleně označeného svalu 2 – m. deltoideus dx. p. ant. a za ním následující žlutě označený sval 1 – m. latissimus dorsi dx. M. deltoideus dx. p. ant. pomáhá při pohybu pravé horní končetiny vpřed a m. latissimus dorsi dx. opačným směrem – vzad.

I když měříme shodný a navíc bazální pohyb (chůzi) u více probandů, tak z našich výsledků vyplývá, že timing nástupů aktivace vybraných svalů je rozdílný. Samozřejmě, že zde lze nalézt podobnosti (obr. č. 1), ale žádní dva probandi nemají úplně shodný timing nástupů aktivity vybraných svalů. Domníváme se, že je to dané rozdílně zafixovaným hybným stereotypem – Kračmar (2002), Janda et al. (1966) a také individuálními zvláštnostmi pohybu (chůze), které jsou pro každého jedince odlišné a typické.

Šplh

Již z 2D video-analýzy (kinogram na obr. č. 4) lze prokázat lokomoční zkřížený vzor při šplhu na laně bez přírazu s doprovodným pohybem dolních končetin. Chůze je lokomoce polarizovaná ve prospěch dolních končetin, o šplhu by se dalo říci, že je to lokomoce polarizovaná ve prospěch horních končetin, ale ne úplně, protože to není pro člověka přirozené a běžné jak je tomu u velkých nehumánních primátů, proto dolní končetiny nevytvářejí vyrovnávací pohyb jako horní končetiny při chůzi, ale vlastně „kráčejí“ po pomyslné rovině ve vertikálním směru. Při chůzi je pohyb prostřednictvím dolních končetin, kdy dolní končetiny pracují v uzavřeném kinetickém řetězci a horní končetiny v otevřeném kinetickém řetězci. U šplhu je tomu přesně naopak. Tento pohyb je prováděn prostřednictvím horních končetin, tudíž v otevřeném kinetickém řetězci pracují dolní končetiny.

Ve fázi ukončení pravá horní končetina (která se bude připravovat na fázi přenosu – pohyb nahoru) na obr. č. 4 na snímku č. 10 zahajuje homolaterální pravá dolní končetina pohyb směrem dolů – tento snímek č. 10 se pro pravou dolní končetinu dá nazvat její kulminací. Při kulminaci pravé dolní končetiny se kontralaterální levádolní končetina začíná pohybovat směrem vzhůru. Ve fázi přenosu – snímek č. 11 – 14, se pohybuje směrem vzhůru pravá horní končetina a levá dolní končetina. Na snímku č. 15 je zobrazena fáze úchopu pravé horní končetiny a již v tento okamžik, je kontralaterální levá dolní končetina výš než homolaterální pravá dolní končetiny. Následná fáze shybu pravé horní končetiny (snímek 16 – 21) kde kontralaterální levá dolní končetina se neustále pohybuje směrem vzhůru až do snímku č. 21, kde nastává kulminace levé dolní knočetiny.

Z obr. č. 3 – porovnání timingu nástupů aktivace jednotlivých probandů, vidíme mezi barevně vyznačenými svaly jistou spojitost. U čtyř probandů (proband č. 1, 2, 4 a 5) můžeme pozorovat velice podobný timing vyznačených svalů. Aktivita pohybu začíná zeleně vyznačeným svalem 2 m. deltoideus dx. p. ant. (fáze přenosu a úchopu), jako druhý se aktivuje oranžově vyznačený sval 4 m. rectus femoris sin. (přednožení dolní končetiny, pohyb dolní končetiny vzhůru), dále se aktivuje žlutě vyznačený sval 1 m.

latissimus dorsi dx. – hlavní záběrový sval, aktivovaný při fázi shyb. A dále ve fázi ukončení se aktivuje sval vyznačený modře 5 m. biceps femoris sin. c. l. I u svalů barevně nevyznačených – hlavně sval 7 m. tibialis anterior sin. a sval 6 m. gastrocnemius sin. c. m. má u zmíněné čtveřice probandů shodný timing. Nejprve se zapojuje m. tib. ant. a jako druhý m. gastrocnemius sin. c. m., ale v zařazení do celkového timingu pohybu jsou odlišnosti, které si vysvětlujeme individuálními odlišnostmi stylu šplhu, který není přesně dán. Dolní končetiny mají při šplhu opravdu jen doprovodný pohyb, proto zde nalézáme interindividuální rozdíly. Je to podobný jev, který popisuje Véle (2006) ve své Kineziologii, kde zmiňuje, že se dá rozpoznat člověk, který jde proti nám a nevidíme mu do obličeje, podle stylu chůze. Náš vlastní osobní stereotyp pohybu též záleží na individuálních rozlišnostech držení těla (Janda, 1966). V literatuře ani na internetu jsme nenalezli terénní měření EMG šplhu, proto zde chybí kontroverzní a kritická diskuse.

Shyb

U shybu, též jako u šplhu, jsou do lokomoce zapojeny horní končetiny, které pracují v uzavřeném kinetickém řetězci a dolní končetiny v otevřeném kinetickém řetězci. U tohoto pohybu se střídají dvě fáze – fáze svisu viz obr. č. 6 snímek č. 1 a 17 a fáze shybu snímek č. 2 – 16.

Při pohledu na obr. č. 5, kde najdeme interidividuální sledování timingu nástupů aktivace vybraných svalů u pěti zvolených probandů, jde o různorodé rozložení v čase (timing). Nalézáme zde pravidelnost v aktivaci zeleně označeného svalu 2 m. deltoideus dx. p. ant., který se aktivuje dříve než sval označený žlutou barvou 1 m. latissimus dorsi dx. – hlavní záběrový sval. U ostatních svalů pravidelnost nenalézáme. Domníváme se, že je to z těchto důvodů - svaly dolních končetin a trupu se snaží zabránit rozhoupání celého těla, protože při rozhoupání těla je provedení shybů velmi obtížné. Rozdíl v timingu měřených svalů dolních končetin je též spjat s libovolností pohybu dolních končetin. Při měření nebylo stanoveno, jak mají být dolní končetiny, zda v pokrčení či natažené. Proband dělal shyby opakovaně tak, jak je zvyklý z tréninku, čímž jsme se snažili nezasahovat do pohybového stereotypu probanda.

Lze nalézt podobnosti timingu nástupů aktivace vybraných svalů u šplhu a chůze. U čtyř z pěti probandů. Největší odlišnost je v pořadí aktivace stehenních svalů a to m. biceps femoris sin. c. l. a m. rectus femoris sin. U chůze jsou tyto svaly aktivovány opačně než u šplhu. Tento jev si odůvodňujeme tím, že hlavní rozdíl mezi těmito pohyby je v jejich

bipolaritě, což znamená, že u chůze určují pořadí zapojení svalů dolních končetin, protože je to pohyb prostřednictvím dolních končetin a horní končetiny mají jen doprovodný, švihový pohyb. Naopak u šplhu, jako pohybu prostřednictvím horních končetiny, mají hlavní podíl na určení timingu svalů horní končetiny a dolní končetiny se pohybují libovolně, ve zkříženém vzoru, do rytmu horních končetin. Další rozdíl je i ve směru pohybu. Chůze je ve vodorovném směru a šplh je ve svislém, kde nám při zanožování dolních končetin pomáhá i gravitace.

Pišvejc (2006) ve své diplomové práci posuzuje zapojení pohybové soustavy člověka do režimu kvadrupedální lokomoce při specifické lokomoci realizované přes pletenec ramenní (jízda na slalomovém kajaku). Pišvejcovi se v případové studii podařilo potvrdit následnosti dolních končetin při práci horních končetin ve zkříženém lokomočním vzoru při komparaci chůze člověka se sportovní lokomocí – přímé jízdě vpřed na slalomovém kajaku.

Podrobné rozpracování této problematiky v literatuře nebylo nalezeno.

6. Závěr

V této práci jsme se soustředili na prokázání kvadrupedálního lokomočního diagonálního vzoru u „polarizačně“ opačného pohybu typické lokomoce člověka (chůze) u šplhu na laně bez pomoci dolních končetin (bez přírazu). Chůze je lokomoce polarizovaná ve prospěch dolních končetin, o šplhu by se dalo říci, že je to lokomoce polarizovaná ve prospěch horních končetin. Jako referenční pohyb odlišného charakteru byl zvolen shyb na hrazdě nadhmatem opakovaně (svis, shyb), u kterého jsme předpokládali, že k zapojení svalů ve zkříženém vzoru nedojde. Zároveň je shyb nejčastěji používaný tréninkový prostředek v přípravě závodníků ve šplhu na laně v tzv. olympijském šplhu. Z důvodů velkých nároků na funkční zdatnost horních končetin při šplhu na laně bez přírazu jsme probandy vybírali z řad závodníků v olympijském šplhu.

Všechny stanovené úkoly byly splněny.

Provedli jsme rešerši odborných a vědeckých materiálů a formulovali teoretická východiska. Na základě zjištěných skutečností jsme formulovali vědeckou otázku a hypotézy a stanovili design výzkumu (stanovit vhodný typ lokomoce člověka prostřednictvím pletence ramenního bez propulzního působení dolních končetin; vybrat vhodný přístupný výzkumný soubor; vybrat vhodné svaly pro posouzení režimu práce pohybové soustavy; realizovat terénní

výzkum). Zpracovali a interpretovali jsme data a formulovali závěry, jak pro teorii, tak pro praxi.

Cíl práce jsme splnili. Popsali jsme kvadrupedální lokomoční diagonální vzor u šplhu na laně a porovnali jej se zkříženým vzorem při chůzi a se shybem.

Hypotézu H1 potvrzujeme. Při střídavém zapojení horních končetin do lokomoce (šplhu na laně bez přírazu) jsme našli kvadrupedální lokomoční diagonální vzor u dolních končetin při jejich doprovodném pohybu (podobně jako je tomu při chůzi u horních končetin). Zejména u aktivity m. rectus femoris sin. a m. biceps femoris sin. c. l. u čtyř z pěti probandů. Odlišnosti v timingu nástupů aktivace vybraných svalů přisuzujeme individuálním odlišnostem provedení pohybu.

Hypotézu H2 potvrzujeme. Při symetrické práci horních končetin (shyb) nedošlo k zapojení dolních končetin v režimu kvadrupedálního diagonálního vzoru. Při shybu svaly dolních končetin a trupu pomáhají v zabránění rozhoupání celého těla, což je při shybu nežádoucí (jejich funkce je tedy spíše stabilizační). Nenacházíme zde doprovodný pohyb v lokomočním zkříženém vzoru.

Závěr pro teorii

Na základě výše uvedených poznatků potvrzujeme fylogenetické souvislosti lokomoce člověka realizované pletencem ramenním s obecnými lokomočními vzory suchozemských tetrapodů. Výsledky naší práce se tak dotýkají oblasti základního výzkumu.

Závěr pro praxi

Základní výzkum přináší zásadní teoretické poznatky pro další vědeckou práci, proto jejich využitelnost pro praxi je nízká. Přesto si dovolujeme nastínit některé závěry, prakticky využitelné.

Při fyziologických podmínkách dochází k funkčnímu propojení dolních a horních končetin. Toto propojení je využíváno u všech sportovních aktivit a samozřejmě se objevuje při běžných pohybových aktivitách člověka. V práci jsme prokázali u tří rozlišných pohybových aktivit vzájemnou provázanost funkce horních a dolních končetin u chůze a šplhu v kavadrupedálním lokomočním diagonálním vzoru a u shybu v rámci stabilizace trupu a dolních končetin při pohybu. Pro sportovní a rekreační aktivity člověka doporučujeme provádět takové pohyby, při kterých budou do lokomoce zapojeny všechny čtyři končetiny v uzavřeném kinetickém řetězci. Jako je např.: Nordic Walking, in-line bruslení s holemi,

lezení na umělé stěně, běh na lyžích apod. Při správném provádění zmíněných pohybů bude do lokomoce aktivně zapojeno více svalových skupin, spekulativně můžeme říci, že dojde ke zřetězení svalových smyček a tím zapojení více svalů pohybové soustavy do lokomoce. Toto zapojení působí nejen na pohybovou soustavu, ale významně i na kardiovaskulární a respirační systém.

Bylo by vhodné ověřit zkřížený lokomoční vzor u dalších pohybů, ve kterých jsou horní končetiny přímo zapojeny do lokomoce v uzavřeném kinetickém řetězci.

7. Seznam vybrané literatury

1. CARROL, L., R. *Vertebrate paleontology and evolution*. New Yourk : Freeman, 1988. ISBN 0716718227.
2. CLACK, J. A. *Gaining Ground: The Origin and Early Evolution of Tetrapods*. Bloomington : Indiana University Press, 2002. 369 p. ISBN 0-253-34054-3.
3. COATES, M. I., RUTA, M., FRIEDMAN, M., Ever since Owen: changing perspectives on the early evolution of tetrapods. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Systemat.*, Vol. 39 (2008), pp. 571–592.
4. DE LUCA, CJ. The use of Surface Electromyography in Biomechanics. The international Society for Biomechanics [on-line]. 1993 [cit. 1.února 2008, 15:30 SEC] Dostupné na internetu: http://www.delsys.com/.
5. DE LUCA, C. J. Use of the surface EMG signal for performance evaluation of back muscles. *Muscle Nerve.* 1993, Vol. 16, No. 2, pp. 210-216.
6. DYLEVSKÝ, I. *Obecná kineziologie*. Praha : Grada Publishing, 2007.
7. DYLEVSKÝ, I. *Speciální kineziologie*. Praha : Grada Publishing, 2009.
8. FLEGR, J. *Evoluční biologie*. Praha : Academia, 2005.
9. HOJKA, V., VYSTRČILOVÁ, M., KRAČMAR, B. Metodika zpracování a vyhodnocení EMG. *Česká kinantropologie*. 2010, Vol. 14, No. 1, pp. 19-28.
10. JANDA, V., POLÁKOVÁ, Z., VÉLE, F. *Funkce hybného systému.* Praha : Státní zdravotnické nakladatelství, 1966.
11. KAPANJI, I, A. *The physiology of the joints.* In: The lower limb, Vol. 2. England : Churchill Livingstone, 1998.
12. KOLÁŘ, P. Senzomotorická diagnostika u bolestí zad a kořenových syndromů L a S1. Habilitační práce. Praha : UK FTVS, 1996.
13. KOLÁŘ, P. Senzomotorická podstata posturálních funkcí jako základ pro nové přístupy ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství.* 1998, Vol. 5, No. 4, pp. 142 – 147.
14. KOLÁŘ, P. The sensomotor nature of postural functions. Its fundamental role in rehabilitation on the motor system. *The Journal of Orthopedical Medicine.* 1999, No. 2, pp. 40 – 45.
15. KOLÁŘ, P. Systematizace svalových dysbalancí z pohledu vývojové kineziologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, Vol. 8, No. 4, pp. 152 – 164.
16. KOLÁŘ, P., et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha : Galén, 2009.
17. KRAČMAR, B. *Kineziologická analýza sportovního pohybu*. Studie lokomočního pohybu při jízdě na kajaku. Praha : Triton, 2002.

18. KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. O., MRŮZKOVÁ, M., DUFKOVÁ, A., SUCHÝ, J. Lidská lokomoce přes pletenec ramenní. *Rehabilitácia*. 2007, Vol. 44, No. 1, pp. 3 – 13.
19. KUČERA, M., DYLEVSKÝ, I. et al. *Pohybový systém a zátěž.* 1.vyd. Praha : Grada Publishing, 1997. ISBN 80-7169-258-1.
20. LEWIT, K. Některá zřetězení funkčních poruch ve světle koaktivních svalových vzorců na základě vývojové neurologie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství.* 1998, Vol. 5, No. 4, pp. 148 – 151.
21. MERLETTI, R., PARKER, A. P. *Electromyography. Physiology, Engineering and noninvasive Application.* USA : IEEE Press, 2004. ISBN 0-471-67580-6.
22. PIŠVEJC, I. Princip kvadrupedální lokomoce při jízdě na kajaku. Diplomová práce. Praha : UK FTVS, 2007. Vedoucí diplomové práce Bronislav Kračmar.
23. ROMER, A. S. *The vertebrate body.* Philadelphia : Saunders, 1970.
24. SMOTLACHA, F. Biologické základy záliby člověka ve šplhu a visu. Praha : 1930.
25. TRAVELL, J. G., SIMONS, D. G. *Myofascial Pain and Dysfunction: the triggerpiont manua*l. Vol. 2. Baltimore : Williams & Wilkins, 1999.
26. VACKOVÁ, P. *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce*. Diplomová práce. Praha : UK FTVS, 2004. Vedoucí diplomové práce Bronislav Kračmar.
27. VANČATA, V. Kandidátská disertační práce. Evoluce lokomoce a lokomočního aparátu hominoidů: vznik a vývoj bipedie hominidů. Praha : Mikrobiologický ústav ČSAV, 1981.
28. VANČATA V. Chimpanzee locomotion and the implication for the origin of hominid bipedality. *Anthropos.* 1982, Vol. 21, pp. 41- 45.
29. VANČATA, V. Ontogeny of primate locomotion and origin of hominid bipedality. *Folia Primatologica*. 1996, Vol. 67, pp. 213-214.
30. VANČATA, V. Paleontologie – přehled fylogeneze člověka a jeho předků. Brno : Nauma, 2003. ISBN 80-86258-40-8.
31. VANČATA, V. *Paleoantropologie a evoluční antropologie.* Praha : UK Pedag. fakulta, 2005.
32. VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému.* Praha : Karolinum, 1995.
33. VÉLE, F. *Kineziologie*. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy. Praha : Triton, 2006.
34. VOJTA, V. Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku. Praha : Grada, 1993.
35. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip.* Praha : Grada Publishing, 1995.
36. VOJTA, V., PETERS, A. *Vojtův princip*. 3. vydání. Praha : Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2710-3.
37. VYSTRČILOVÁ, M., KRAČMAR, B., NOVOTNÝ, P. Ramenní pletenec v režimu kvadrupedální lokomoce. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2006, Vol. 13, No. 2, pp. 92 –98.