

Analýza pohybové struktury výpadu u dvou výkonnostně odlišných skupin šermířů

Analysis of movement structure of the fencing lunge in two different performance-related groups of fencers

¹Štefan Balkó, ¹Iva Balkó, ²Vladimír Süs

¹Pedagogická fakulta Univerzity J.E.Purkyně, Ústí nad Labem

²Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, Praha

Abstrakt:

Studie je zaměřena na kinematickou analýzu pohybové struktury výpadu v šermu u výkonnostně odlišných skupin šermířů. První skupinu (n=7) tvořili elitní šermíři ČR, kteří jsou v šermu aktivní v průměru 12 let ($\pm 3,4$). Ve druhé skupině (n=7) jsou šermíři, kteří jsou v šermu aktivní maximálně 2 roky. Subjekty v naší studii prováděly výpad na vizuální podnět červené LED diody, která je součástí zařízení Fitrosword. Ukončení výpadu bylo vymezeno zasažením zásahového terče. Cílem studie bylo identifikovat a charakterizovat pohybovou strukturu výpadu. Pro vyhodnocování videozáznamu byl použit software Dartfish 6 TeamPro Data. Šetřením jsme zjistili rozdíly ve struktuře jednotlivých fází výpadu mezi sledovanými skupinami šermířů. Byl zjištěn rozdíl v reakční době při výpadu, rychlosti extenze v loketním kloubu a v rozsahu realizovaného pohybu. Výsledky naší studie mohou posloužit trenérům šermu, kteří je při optimálním pedagogickém a metodickém působení mohou úspěšně aplikovat v tréninkovém procesu. Mohou pomoci při zvyšování výkonnosti mladých a začínajících šermířů, kteří uplatní pohybovou strukturu výpadu elitních šermířů.

Abstract:

This study is focused on kinematic analysis in fencing lunge of different performance-related groups of fencers. The first group (n=7) consists of elite fencers of the Czech Republic, who are active in fencing an average of 12 years ($\pm 3,4$). In the second group (n=7), there are fencers who are active in fencing up to two years. Subjects of our study performed lunge on a visual stimulus of LEDs, which is part of the Fitrosword device. The end of lunge was defined by hit of the target. The aim of this study was detection and characterization of movement structure in fencing lunge. Video recording and Dartfish TeamPro 6 Data software were used to evaluation of kinematic the lunge. The investigation revealed significant differences in the structure of individual phases of the lunge given to monitored groups of fencers. Between the the groups of fencers was identified difference in reaction time, speed of extension at the elbow joint and range of the movement in lunge. The results of our study may be useful for coaches who may this results due optimal pedagogical and methodological influence successfully applied in the training process. We assume that they can help in improving the performance of young and novice fencers who take into account the movement structure of lunge used by elite fencers.

Klíčová slova: vizuální podnět, kinematická analýza, tréninkový proces, elitní šermíř

Key words: visual stimuli, kinematic analysis, training process, elite fencer

Výzkum byl realizován za podpory vysokoškolského výzkumu interní grantovou agenturou při SGS PF UJEP Ústí nad Labem.

ÚVOD

Předložená studie je zaměřena na kinematickou analýzu pohybové struktury výpadu elitních šermířů a šermířů začátečníků. Stejně tak jako v řadě jiných sportovních disciplín došlo i v šermu v několika posledních desetiletích k určitému vývoji a modifikaci nároků na sportovní výkon. Současný průběh zápasu ve sportovním šermu může být charakterizován jako neustálý sled akcí, které probíhají velmi rychle a nečekaně vzhledem k prostorovým podmínkám, časovému omezení a pohybu (tempu) soupeře. Akce jsou podstatně rychlejší než ty, které byly uplatňovány před vývojem signalizačních zařízení, dokonale identifikujících zásah soupeře (kord 1937, fleret 1957, šavle 1988). To vedlo ke zvýšení nároků na rychlost a k eliminaci nadbytečných a složitých akcí, které byly uplatňovány v šermu ještě na začátku 30. let minulého století (Trohař, 2013).

Pro naše šetření jsme vybrali výpad, tedy relativně koordinačně náročný pohybový akt, který je však díky svému průběhu a malým nárokům na prostor dobře laboratorně analyzovatelný.

Výkon ve sportovním šermu určuje řada faktorů, které musí být ve vzájemné interakci (Barth & Beck, 2007). Významnou roli zde hraje bezpochyby i úroveň jednoduché i složité reakční doby a rychlostní schopnosti.

Vedle sportovního šermu hraje úroveň reakční doby významnou úlohu např. v boxu, v činnostech brankářů v míčových hrách apod. V některých případech mohou mít vrcholoví sportovci reakce takřka automatické. To souvisí, jak uvádí Schmidt a Wrisberg (2008), se zkušeností a dlouholetým tréninkem.

V tréninkovém procesu převládají v odlišných sportech různé podněty, na které sportovci musí reagovat (Czajkowski, 2005). Pro výkon v šermu je podle Borysiuk (2008) optimální uplatňovat reakce na vizuální a taktální podněty bez zvýšeného bioelektrického napětí svalů. V případě šermu jde v tréninkovém procesu převážně o reakce na specifické činnosti trenéra se zbraní, který předem určí, jak má šermíř na daný podnět odpovědět. Šermíř je v tréninku i zápase vystaven velkému množství stimulů, ze kterých v co nejkratší době vybírá nejvhodnější odpověď. Prostřednictvím dlouhodobého působení těchto podnětů, které vedou k realizaci příslušné pohybové akce, dochází k vytváření specifického účelového pohybového programu, jak uvádí Véle (2006). Pohybový program uložený v paměti je pak realizován svalovým aparátem jako pohyb. Díky častému opakování tohoto pohybového programu dochází k upevnění a zdokonalení jeho kvality. Na tomto základě byla postavena koncepce naší studie, která sledovala případné odlišnosti ve struktuře výpadu, který byl realizován na základě vizuální stimulace.

Je obecně známé, že zkušenější sportovci disponují lepší analýzou informací z okolního prostředí. Pohybové projevy těchto sportovců jsou pak efektivnější než u začátečníků. Důležité informace z okolního prostředí vnímáme přímo smyslovými systémy, díky kterým dokážeme s rostoucí zkušeností (tréninkem) lépe vnímat a jednat na základě těchto informací (Schmidt & Wrisberg, 2008). Vzhledem k tomu, že realizace výpadu souvisí v naší studii s vizuální stimulací, budeme se u sledovaných skupin zabývat i úrovní reakční doby.

Reakční doba (reaction time – RT) je časový interval od vzniku smyslového podnětu k zahájení volní reakce, tj. první svalové kontrakci. Jde tedy o dobu přenosu podnětu z receptoru na efektor. U některých pohybových úkolů je reakční doba delší než čas potřebný k jejich realizaci. Velice často se s touto skutečností setkáváme právě v šermu. Zaznamenaná doba reakce pak obsahuje součet reakční doby a pohybového času (Měkota & Novosad, 2005). Často je tento součet definován jako celková doba odpovědi organismu (response time). V našem případě jde o celkovou dobu výpadu. Na význam reakční doby při výpadu upozorňuje ve svých studiích Borysiuk (2008a, 2008b).

V předchozích studiích se řada autorů pokusila o identifikaci kinematického profilu výpadu nebo o analýzu časové aktivace vybraných svalů prostřednictvím povrchové elektromyografie u skupin šermířů s různou výkonností. Ze závěrů těchto studií je zřejmé, že časová aktivace jednotlivých segmentů těla a samotná struktura pohybu je při tomto pohybovém aktu velice důležitá. Prioritní činnost paže se zbraní před výpadovou dolní končetinou je zároveň podle reprezentačních trenérů významným vztahem, který může ovlivnit prováděnou akci (výpad, fleche).

V předložené studii přihlížíme k výsledkům předchozích šetření. Uvedeme některé z nich: Harmenberg, Ceci, Barvestad, Hjerpe, a Nyström (1991) nezjistili rozdíly ani v úrovni reakční doby ani v celkové době výpadu mezi elitními šermíři a začátečníky. Se správným a úspěšným provedením výpadu mimo jiné souvisí i síla svalů dominantní i nedominantní dolní končetiny (Nyström, Lindwall, Ceci, Harmenberg, Swedenhag, & Ekblom, 1990; Sapega, Minkoff, Nicholas, & Valsamis, 1978) a svalová koordinace.

Prostřednictvím povrchové elektromyografie zjistili Williams a Welmsley (2000a), že mezi skupinou elitních a subelitních šermířů existují rozdíly v časové aktivaci sledovaných svalů. Elitní šermíři měli významně rychlejší zahájení činnosti u pěti ze šesti měřených svalů. EMG analýza pak odhalila vysokou shodu svalové koordinace

vybraných svalů v obou skupinách šermířů. Tento výsledek vznikl pravděpodobně vysokou výkonnostní úrovní obou testovaných skupin. Reakční doba a celková doba odpovědi byla rychlejší u elitních šermířů než u šermířů nižší výkonnostní úrovně.

V dalším šetření zjistili Williams a Welmsley (2000b), že jako první byl při výpadu u elitních šermířů aktivován m. rectus femoris „zadní“ dolní končetiny (vzdálenější od terče), dále m. deltoideus pars anterior na výpadové straně (blíže k terči), m. biceps femoris na „zadní“ dolní končetině a m. triceps na výpadové straně. Stejně svaly „přední“ (výpadové) dolní končetiny zahájily činnost později. Tyto výsledky také potvrzují tvrzení Harmenberg et al. (1991), kteří uvádí, že zkušenější šermíři zahajují výpad činností svalů „přední“ horní končetiny dříve než činností „přední“ dolní končetiny.

METODIKA

Výzkumný soubor tvořili elitní šermíři (n=7), kteří mají v aktuálním žebříčku seriálu poháru MČR pozici do 15. místa. Tito šermíři se této sportovní disciplíně věnují v průměru 12 let ($\pm 3,4$). Druhou skupinu tvoří šermíři (n=7), které můžeme zahrnout mezi začátečníky vzhledem k době věnované aktivnímu šermu (do 2 let).

Pro měření reakční doby a pohybového času bylo využito zařízení Fitrosword, které bylo vyvinuto reprezentačními trenéry pro sledování rychlosti reakce na vizuální podněty. Pro toto zařízení byl použit software Sword, který vyhodnocuje zvláště reakční dobu a pohybový čas. Součtem obou časů získáme celkový čas potřebný pro provedení výpadu (celková doba výpadu, CDV). Součástí systému Fitrosword je zásahový terč (28×35 cm) s 2,5 cm širokými ocelovými kruhy a jedním středovým kruhem (průměr 5 cm), které identifikují zásah (nejnižší hodnota 0, nejvyšší hodnota 5). Ve středu horního okraje tohoto terče jsou umístěny tři LED diody různých barev. V našem případě bylo využito pouze stimulace červenou LED diodou. Další součástí systému Fitrosword je vysoce citlivá vodorovná překážka, na které měla testovaná osoba položen kord FIE BF Uhlmann (váha 400 g) svou nejspodnější částí číšky. Reakční doba byla určena od okamžiku rozsvícení červené LED diody, která je podnětem pro zahájení výpadu, po první svalovou kontrakci (pohyb kordu přes vodorovnou překážku) „přední“ horní končetiny, v níž se nacházela zbraň. Od tohoto okamžiku je měřen pohybový čas, který je ukončen zasažením zásahového terče či prostoru mimo něj. Při stanovení pohybové vzdálenosti jsme vycházeli ze stejné metodiky jako Williams a Walmsley (2000a, 2000b). Výšku testované osoby jsme vynásobili koeficientem 1,5. Nejbližší část chodidla zadní dolní končetiny měli šermíři před zahájením výpadu položenou na příslušné značce vztážené k individuální pohybové vzdálenosti. Využitím koeficientu pro určení pohybové vzdálenosti jsme eliminovali možnost ovlivnění výsledků individuálními výškovými rozdíly.

Pro videozáznam byla použita multiformátová AVCHD kamera Panasonic AG-HMC 41 s rychlostí snímkování 50 snímků/sec. V našem případě jsme využili zápisu 720/50p. Kamera byla umístěna ve vzdálenosti 3,5 m od testovaných osob se středem objektivu ve výšce 1,6 m od podlahy. Sledován byl vnitřní úhel mezi paží a předloktím (loketní kloub, maximální extenze = 180 °) a vnitřní úhel mezi bércelem a stehnem (kolenní kloub, maximální extenze = 180 °). Šermíři prováděli výpad ze střehové pozice.

Pro samotnou analýzu videozáznamu jsme použili software Dartfish 6 TeamPro Data. V tomto programu jsme analyzovali u každé testované osoby vždy 10 pokusů. Aritmetický průměr a směrodatnou odchylku jsme vypočítali u jednotlivých proměnných v programu Microsoft Excel 2010. Jednotlivé pokusy všech subjektů v obou skupinách byly interindividuálně vyrovnané. Z tohoto důvodu jsme hodnotili pouze průměrné pokusy, kdy směrodatná odchylka dosahovala velice nízkých hodnot. Subjekty byly zároveň instruovány, aby každý pokus prováděly v maximální možné rychlosti. Strana, kde měli šermíři zbraň, byla určena jako „přední“ (výpadová). Strana bez zbraně byla označena jako „zadní“ (odrazová).

VÝSLEDKY

Struktura pohybu byla sledována v několika fázích výpadu podle individuálního pohybového projevu testovaných osob.

Tab. 1: Zjištěné proměnné – elitní šermíři

Sledované proměnné	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Ø	SD
Výška TO	186	193	180	173	181	188	195	185	7,7
PV [cm]	279	289	270	259	271	282	292	277	11,6
CHP x CHZ - před V [cm]	83	36	36	39	46	50	52	49	16,4
LKP – před V [°]	111	90	91	109	90	110	115	102	11,3
KKP – před V [°]	127	126	133	144	126	129	136	132	6,7
RD [ms]	267	276	332	265	247	290	245	275	29,8
CDV [ms]	618	890	859	746	742	676	738	753	95,4
LKP v okamžiku opuštění podložky CHP [°]	158	118	151	135	141	126	177	144	20,1
KKP x zásah [°]	137	144	134	147	173	155	105	142	20,9
CHP nad podložkou [ms]	240	580	420	480	380	400	280	397	115,1
LF (obě CH) [ms]	0	100	60	140	120	0	60	69	55,2
CHZ–před V po MRV [cm]	6	48	29	33	21	0	24	23	16,2
KKP v MRV [°]	100	71	66	89	73	106	79	83	15,3
Extenze KKZ v MRV	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	7/7	
zasažení terče současně s došlapem CHP	ne	ano	ano	ne	ne	ne	ano	3/7	
P	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	7/7	
doba extenze LKP [ms]	380	340	440	420	460	442	440	417	42,5
činnost HKP a DKP [ms]	120	80	200	120	140	34	300	142	86,4

Legenda: TO=testovaná osoba, S1-7=subjekt 1-7, PV=pohybová vzdálenost, CHP=přední chodidlo, CHZ=zadní chodidlo, V= výpad, LKP=přední loketní kloub, KKP=přední kolenní kloub, KKZ=zadní kolenní kloub, RD=reakční doba, CDV=celková doba výpadu, LF=letová fáze, MRV=maximální rozsah výpadu, P=došlap na patu, HKP=přední horní končetina, DKP=přední dolní končetina, SD=směrodatná odchylka

Z tabulky 1 je patrné, že celková doba výpadu u elitních šermířů byla 753 ms. Na celkové době výpadu se podílela reakční doba z 36,5 %. Zbýlý čas tvořil pohybový čas.

V okamžiku opuštění „předního“ chodidla z podložky měli elitní šermíři úhel v loketním kloubu na straně zbraně v průměru 144 °. Od okamžiku, kdy došlo u elitních šermířů k opuštění „předního“ chodidla z podložky, došlo v loketním kloubu k extenzi o 41 °. Při zasažení terče byl úhel v kolenním kloubu přední dolní končetiny v průměru 144 °. Doba letové fáze, kdy byla obě chodidla bez kontaktu s podložkou, trvala v průměru 69 ms. V tomto ohledu využilo letovou fázi pět ze sedmi elitních šermířů. Všechny testované osoby zasahovaly terč při maximální extenzi v loketním kloubu na straně zbraně (180 °). „Zadní“ chodidlo se v průběhu výpadu posunulo od původní značky v průměru o 23 centimetrů směrem k terči, což nepochybně souvisí s využitou letovou fází. Průměrně měli elitní šermíři úhel flexe v „předním“ kolenním kloubu v okamžiku maximálního rozsahu výpadu 83 °.

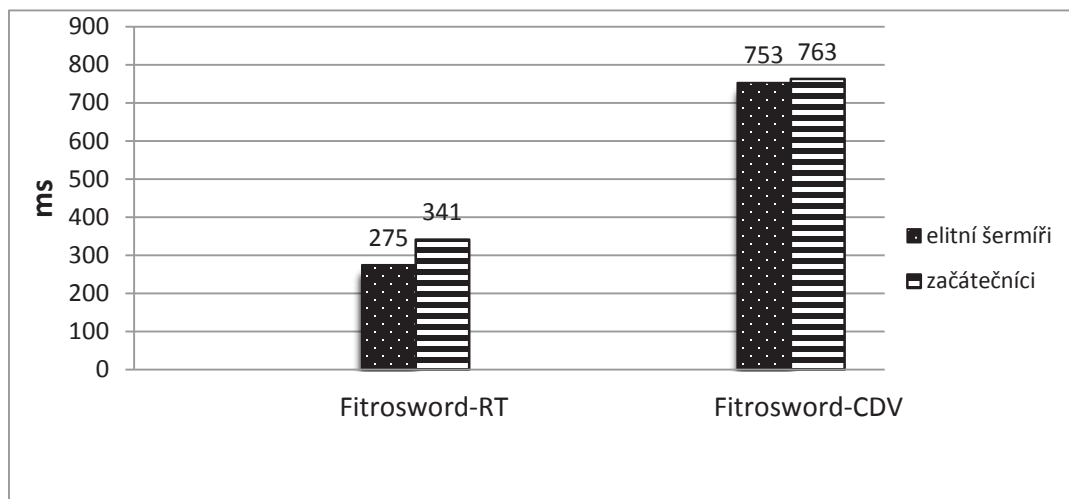
Ve všech případech došlo při provádění výpadu k přetočení chodidla na jeho vnitřní stranu, což nepochybně souvisí se zmíněným posunem „zadního“ chodidla o 23 centimetrů od původní značky směrem k terči. Ve většině případů došlo k zasažení terče ještě před došlapem „předního“ chodidla. Ostatní šermíři zasahovali terč současně s došlapem „přední“ nohy. Doba potřebná pro extenzi (90–180 °) v „předním“ loketním kloubu činila 417 ms. Všichni elitní šermíři zahájili výpad podle rozboru videozáznamu nejdříve činností „přední“ horní končetiny a poté přední dolní končetiny. Rozdíl mezi touto dobou činil v průměru 142 ms.

Tab. 2: Zjištěné proměnné – začátečníci

Sledované proměnné	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	Ø	SD
Výška TO	184	175	167	178	169	180	170	175	6,3
PV [cm]	276	262	251	267	254	270	255	262	9,3
CHP x CHZ - před V [cm]	42	39	57	51	49	40	31	44	8,7
LKP – před V [°]	107	141	107	125	101	112	115	115	13,6
KKP – před V [°]	145	121	137	125	130	128	123	130	8,5
RD [ms]	283	356	325	322	349	400	350	341	36,1
CDV [ms]	834	780	705	727	851	705	741	763	60
LKP v okamžiku opuštění podložky CHP [°]	100	141	114	125	97	115	114	115	14,9
KKP x zásah [°]	85	121	114	136	129	124	110	117	16,6
CHP nad podložkou [ms]	420	400	180	340	300	240	400	326	90,7
LF (obě CH) [ms]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHZ–před V po MRV [cm]	0	11	0	21	0	14	0	6,6	8,7
KKP v MRV [°]	78	112	103	101	115	134	90	105	18,1
Extenze KKZ v MRV	ano	ne	ne	ano	ne	ne	ano	3/7	
zasazení terče současně s došlapem CHP	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	0/7	
P	ano	ne	ano	ano	ano	ano	ano	6/7	
doba extenze LKP [ms]	480	460	680	500	500	620	700	563	101
činnost HKP a DKP [ms]	-120	-220	-100	-140	-80	-220	-240	-160	65,3

Legenda: TO=testovaná osoba, S1-7=subjekt 1-7, PV=pohybová vzdálenost, CHP=přední chodidlo, CHZ=zadní chodidlo, V= výpad, LKP=přední loketní kloub, KKP=přední kolenní kloub, KKZ=zadní kolenní kloub, RD=reakční doba, CDV=celková doba výpadu, LF=letová fáze, MRV=maximální rozsah výpadu, P=došlap na patu, HKP=přední horní končetina, DKP=přední dolní končetina, SD=směrodatná odchylka

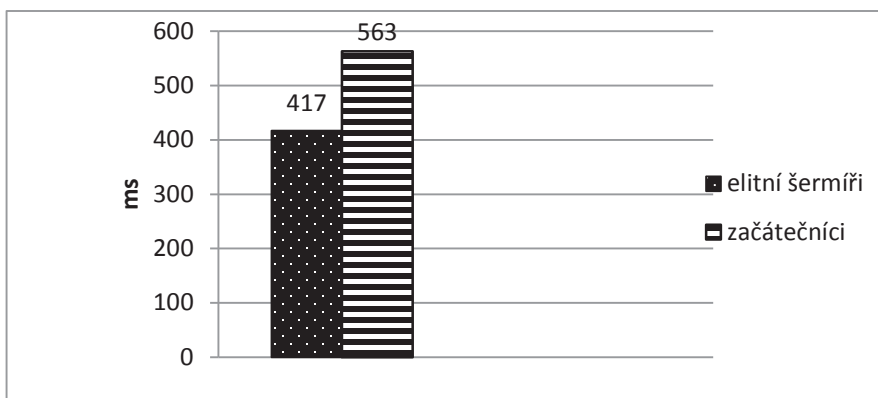
V tabulce 2 vidíme, že celková průměrná doba výpadu u této skupiny byla 763 ms. Na celkové době výpadu se reakční doba podílela ze 46 %. Žádný šermíř ze skupiny začátečníků nevyužil letové fáze pro provedení výpadu, kdy byly obě nohy nad podložkou. V okamžiku opuštění „předního“ chodidla z podložky byl průměrný úhel v „předním“ loketním kloubu 115 °, což bylo o 29 ° méně než u skupiny elitních šermířů. Úhel v loketním kloubu v původní střežové pozici a v tento okamžik byl totožný. V okamžiku zásahu terče měla skupina začátečníků úhel v „předním“ kolenním kloubu 117 ° (vnitřní úhel mezi bércelem a stehnem), což bylo o 25 ° méně než u skupiny elitních šermířů. „Zadní“ chodidlo se posunulo od původní značky v průměru pouze o 6,6 cm. U elitních šermířů byla tato vzdálenost o 16,4 cm delší. Všechny testované osoby v této skupině měly při výpadu vždy jednu nohu v kontaktu s podložkou, a nedošlo tedy k letové fázi. V maximálním rozsahu výpadu byl u této skupiny úhel v kolenním kloubu „přední“ dolní končetiny 105 °, což bylo o 22 ° více než u elitních šermířů. Pouze dva subjekty této skupiny přetočily „zadní“ chodidlo na vnitřní stranu. Ve zbývajících případech byla „zadní“ noha v kontaktu s podložkou. Oproti elitním šermířům všechny testované osoby této skupiny nejdříve došlápaly „předním“ chodidlem, a poté zasáhly terč. Při zásahu terče neprovedla většina začátečníků maximální extenzi (180 °) v „předním“ loketním kloubu. Doba potřebná pro jejich „maximální“ extenzi v „předním“ loketním kloubu činila 563 ms.



Obr. 1: Odpověď organismu na vizuální stimulaci

Legenda: RT=reakční doba, CDV=celková doba výpadu (reakční čas + pohybový čas výpadu)

Na obrázku 1 je vidět, že elitní šermíři měli nižší hodnoty reakční doby. Celková doba výpadu (součet reakční doby a pohybového času) byla u obou skupin prakticky totožná.



Obr. 2: Čas potřebný pro extenzi v „předním“ loketním kloubu

Z obrázku 2 je patrné, že elitní šermíři potřebovali výrazně kratší dobu pro maximální extenzi v loketním kloubu na straně, kde byla zbraň.

DISKUSE

Předpokládali jsme, že mezi sledovanými skupinami šermířů bude zjištěn rozdíl v pohybové struktuře výpadu realizovaného na základě vizuální stimulace. Vycházeli jsme z publikací Schmidt a Wrisberg (2008), Vaverky (2011) a Véleho (2006), kteří uvádějí, že díky tréninkové praxi se u sportovců různých sportovních disciplín vytváří a upevňuje efektivní pohybový program pro realizovaný pohyb. V našem šetření byly v tomto ohledu identifikovány rozdíly v pohybové struktuře výpadu, a můžeme tedy usuzovat na „optimální“ pohybovou strukturu sledovaného pohybu uplatňovanou elitními šermíři, kteří jsou v šermu aktivní podstatně déle než skupina začátečníků.

Výsledky naší studie jasně poukazují na fakt, že zkušenější šermíři zahajují výpad činností paže, v níž je držena zbraň. Časový rozdíl mezi činností „přední“ dolní končetiny a „přední“ horní končetiny byl u méně zkušených šermířů v průměru 160 ms. Zároveň je nutné dodat, že u této skupiny pohyb zahájila „přední“ dolní končetina. U elitních šermířů předcházela činnost paže se zbraní před činností „přední“ dolní končetiny v průměru o 142 ms. Podobné výsledky vztažené ke zkušeným šermířům jsou prezentovány například ve studii

Harmenberg et al. (1991) nebo Williams a Walmsley (2000a, 2000b). Elitní šermíři v naší studii tedy zahájili oproti začátečníkům extenzi v loketním kloubu „přední“ horní končetiny výrazně dříve.

Rychlost výpadu měřeného od podnětu po zásah (CDV) byla u obou skupin takřka totožná. Z tohoto zjištění můžeme usuzovat na význam svalové koordinace a reakční doby při výpadu. Mezi sledovanými skupinami šermířů byly zjištěny rozdíly v hodnotách reakční doby. Elitní šermíři reagovali na vizuální podnět v průměru o 66 ms rychleji než začátečníci. Reakční doba se u elitních šermířů podílela na celkové době výpadu z 36 % a u začátečníků ze 46 %. Toto zjištění odpovídá výsledkům studie Williams a Walmsley (2000a, 2000b), kteří zjistili, že u elitních šermířů se reakční doba podílí na celkové době výpadu ze 40 % a u subelitních z 66 %. Vzhledem k tomu, že signalizační zařízení identifikující zásah je nastaveno tak, že současný zásah obou šermířů registruje do 50 ms, můžeme považovat zjištěný rozdíl za velice důležitou informaci, která může ovlivňovat výsledek zápasu. V případě, že jeden ze šermířů zasáhne druhého po tomto časovém úseku, vyhodnotí zařízení platný zásah pouze tomu šermíři, který zasáhl cíl (soupeře) jako první.

Na základě výše uvedených skutečností tedy můžeme usuzovat na význam činnosti jednotlivých segmentů těla při výpadu posuzovaného od jeho zahájení ze střehové pozice po zasažení cíle (v našem případě terče). Studii zaměřenou na 3D analýzu výpadu zjistili Gutierrez-Davila, Rojas, Antonio, & Navarro (2013), že mezi skupinou elitních a subelitních šermířů je rozdíl v pohybové vzdálenosti výpadu (vzdálenost provedeného výpadu) a časové posloupnosti vybraných segmentů těla při výpadu. Z naší studie vyplývá, že elitní šermíři využívají při výpadu letovou fázi, kdy jsou obě nohy mimo podložku, zatímco začátečníci měli vždy jednu nohu v kontaktu s podložkou. Od původní značky, určující pohybovou vzdálenost, se elitní šermíři oproti začátečníkům posunuli o 9,8 cm blíže k terči. Toto zjištění potvrzuje výsledek studie Gholipour, Tabrizi, a Farahmand (2008), že výpad realizovaný elitními šermíři byl průměrně o 15 cm delší než u šermířů začátečníků. Geil (2002) ve své studii zjistil, že při komparaci použití sálové a šermířské obuvi dochází při použití sálové obuvi ke zvyšování rozsahu (délky) výpadu. Toto zjištění mohlo mít vliv i na výsledky naší studie. V souvislosti s rychlostí výpadu zjistili kinematickou analýzou Sillero, Saucedo, López, De Antonio, a De Quel (2008), že při vnitřní i vnější rotaci kolena zadní dolní končetiny nebyl zjištěn rozdíl v rychlosti provedení výpadu.

Rotaci kolenního a kyčelního kloubu při výpadu prostřednictvím 3D analýzy se zabývali i Sinclair a Bottoms (2013a). Některé studie se zabývaly i zjišťováním rozdílů v kinematickém profilu výpadu mezi muži a ženami. Výsledky studie Sinclair a Bottoms (2013b) poukazují na fakt, že ve sledovaném pohybu nebyl zjištěn rozdíl v rychlosti výpadu ani v dalších sledovaných proměnných ve vztahu k pohlaví. Na rychlost výpadu má podle Stewart a Kopetka (2005) vliv i maximální rychlost pohybu lokte paže se zbraní a obou kolen.

Rozdíly mezi skupinami byly zjištěny i v případě rychlosti extenze v loketním kloubu paže se zbraní po výskytu podnětu. Elitní šermíři provedli maximální extenzi v loketním kloubu o 146 ms rychleji než začátečníci. V tomto ohledu musíme zmínit, že skupina začátečníků (z větší části) v naší studii nezasahovala zásahový terč v maximální (180 °) extenzi v loketním kloubu. Případné opoždění tohoto segmentu může negativně ovlivnit výkon v zápase. Výsledky odpovídají závěrům Bottoms, Greenhalgh, & Sinclair (2013), že s rychlostí ruky se zbraní souvisí další proměnné (např. flexe v kolenním kloubu zadní DK před výpadem, flexe v kyčelním kloubu na výpadové i odrazové DK). Rozdíly v rychlosti a zrychlení vybraných segmentů těla při výpadu potvrzují i výsledky studie Gutierrez-Davila et al. (2013). Autoři rovněž svými závěry dokládají, že při výpadu měli elitní šermíři vyšší rychlost a zrychlení sledovaného pohybu oproti šermířům méně zkušeným.

ZÁVĚR

Kritériem pro úspěšné zasažení soupeře v průběhu zápasu prostřednictvím výpadu je správné načasování útoku, optimální časová aktivace zúčastněných svalů a činnost jednotlivých segmentů těla. Při analýze intraindividuálních pokusů jsme neodhalili výrazné odchylky v provedení výpadu ani u elitních šermířů ani u začátečníků. Rozdíly v pohybové struktuře výpadu však byly zjištěny mezi sledovanými skupinami šermířů.

Rychlost, s jakou je výpad realizován, může s největší pravděpodobností souviset s výsledným výkonem v zápase. Z předložené studie je však zřejmé, že ačkoli nebyl zjištěn rozdíl v celkové době výpadu, existují v pohybové struktuře výpadu rozdíly, které souvisí s činností vybraných segmentů těla.

Na základě výše zmíněných proměnných a variabilitě zápasu, kdy šermíř musí reagovat adekvátně na vyvíjející se situaci, nelze přesně vymezit optimální model pohybové struktury výpadu v zápase. V průběhu zápasu totiž dochází k situacím vyžadujícím prodloužení pohybů, což může ovlivnit zařazené pohybové programy při provádění výpadu.

Výsledky této studie mohou být užitečné pro trenéry, kteří je díky optimálnímu pedagogickému a metodickému působení mohou úspěšně aplikovat v tréninkovém procesu. Předpokládáme, že mohou pomoci při zvyšování výkonnosti mladých a začínajících šermířů, kteří uplatní pohybovou strukturu výpadu elitních šermířů. V tréninkovém procesu je nezbytné věnovat pozornost ovlivňování reakční doby a modelaci pohybové struktury výpadu, který je jedním z nejčastěji využívaných útoků v průběhu zápasu v šermu. Věříme, že výsledky mohou být užitečné při konstrukci dalších podobně zaměřených studií, které budou řešit aktivaci vybraných svalů při výpadu prostřednictvím povrchové elektromyografie.

LITERATURA

- Barth, B., & Beck, E. (2007). *The complete guide to fencing*. Oxford: Meyer and Meyer.
- Borysiuk, Z. (2008a). The significance of sensorimotor response components and EMG signals depending on stimuli type in fencing. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 38(1), 43-52.
- Borysiuk, Z. (2008b). Psychomotor reactions in fencing dependence of stimuli type. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 10(3), 223-229.
- Bottoms, L., Greenhalgh, A., & Sinclair, J. (2013). Kinematic determinants of weapon velocity during the fencing lunge in experienced épée fencers. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 15(4), 109-113.
- Czajkowski, Z. (2005). *Understanding Fencing: the unity and practise*. New York: SKA Swordplay Books.
- Geil, D. M. (2002). The role of footwear on kinematics and plantar foot pressure in fencing. *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 155-162.
- Gholipour, M., Tabrizi, A., & Farahmand, F. (2008). Kinematics analysis of lunge fencing using stereophotogrametry. *World Journal of Sport Sciences 1*(1), 32-37.
- Gutierrez-Davila, M., Rojas, F. J., Antonio, R., & Navarro, E. (2013). Response timing in the lunge and target change in elite versus medium-level fencers. *European Journal of Sport Science*, 13(4), 364-371
- Harmenberg, J., Ceci, R., Barvestad, P., Hjerpe, K., & Nyström, J. (1991). Comparison of different tests of fencing performance. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 573-576.
- Cheris, E. (2002). *Fencing. Step to Success*. Champaign: Human Kinetics.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: FTK UPOL.
- Nyström, J., Lindwall, O., Ceci, R., Harmenberg, J., Swedenhag, J., & Ekblom, B. (1990). Physiological and morphological characteristics of world class fencers. *International Journal of Sports Medicine*, 11(2), 136-139.
- Sapega, A., Minkoff, J., Nicholas, J. A., & Valsamis, M. (1978). Sport-specific performance factor profiling. Fencing as a prototype. *American Journal of Sports Medicine*, 6, 232-235.
- Sillero, M., Saucedo, F., López, E., De Antonio, R., & De Quel, O.M. (2008, February). Analysis of the rear leg rotation movement during the fencing lunge. *Fencing, Science & Technology*. 1 st International congress on science and technology in fencing, Barcelona.
- Sinclair, J., & Bottoms, L. (2013a). Methods of determining hip joint centre: Their influence on the 3-d kinematics of the hip and knee during the fencing lunge. *Human Movement*, 14(3), 229-237.
- Sinclair, J., & Bottoms, L. (2013b). Gender differences in the kinetics and lower extremity kinematics of the fencing lunge. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 440
- Schmidt, R.A., & Wrisberg, C.A. (2008). *Motor learning and performance: a situation – based learning approach*, Champaign: Human Kinetics.
- Stewart, S. I., & Kopetka, B. (2005). The kinematic determinants of speed in the fencing lunge. *Journal of Sports and Science*, 23(2), 105
- Trohař, R. (2013). *Začínáme šermovat kordem*. Praha: Danit.
- Vaverka, F. (2011). *Vliv vybraných faktorů na přesnost jednoduchého pohybu. Lateralita, rychlost, zraková kontrola, zátěž, rozsah pohybu*. Ostrava: Universitas Ostraviensis.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie. Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Praha: Triton.
- Williams, L.R.T., & Walmsley, A. (2000a). Response amendment in fencing: differences between elite and novice subjects. *Perceptual and Motor Skills*, 91, 131-142.
- Williams, L.R.T., & Walmsley, A. (2000b). Response timing and muscular coordination in fencing: A comparison of elite and novice fencers. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 3(4), 460-475.