

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Vliv výkonnostní úrovně šermířů na reakční dobu a aktivaci
vybraných svalů při výpadu**

Autoreferát disertační práce

Vedoucí disertační práce:
Prof. RNDr. Jan Hendl, CSc.

Zpracoval:
Mgr. Štefan Balkó

Praha 2014

ABSTRAKT

Název práce

Vliv výkonnostní úrovně šermířů na reakční dobu a aktivaci vybraných svalů při výpadu.

Problém

Efektivita pohybu útočných či obranných akcí uplatňovaných v průběhu zápasu v šermu souvisí s upevňováním pohybových vzorů v CNS díky tréninkovému procesu a soutěžním situacím. V tomto ohledu může být pro výsledný výkon šermíře důležitá aktivace svalů při výpadu, který je nejčastější formou útoku. Útok v průběhu zápasu je zpravidla zahájen na základě výskytu vizuálního podnětu (např. pohyb soupeřovi paže). Modelové situace jsou v praxi opakovány a dochází k vytváření specifického účelového pohybového programu uloženého v paměti. Šermíři jsou v průběhu zápasu často vystaveni situacím, kdy musí reagovat současně na více podnětů, které musí adekvátně vyhodnotit. Vhodná reakce může souviset s pohybem nebo ignorací podnětu, proto bude v práci řešena i úroveň složité reakční doby. Při měření složité reakční doby bude využito tzv. „dodatečné“ stimulační, která sice zvyšuje počet podnětů, ale nemá vést šermíře k pohybové reakci. Výsledky předložené práce související se složitou reakční dobou pak lze konfrontovat s tzv. Hickovým zákonem, který prokázal vztah hodnot reakční doby na počtu generovaných podnětů.

Práce vychází z předpokladu, že u sledovaných proměnných (aktivace svalů při výpadu, reakční doba) budou zjištěny rozdíly mezi šermíři odlišné výkonnostní úrovně. Tento předpoklad je založen na výsledcích a tvrzeních předchozích studií a odborné literatury, kde autoři upozorňují na skutečnost, že existují rozdíly v efektivitě uplatňovaného pohybu a rychlosti zpracování informací z okolního prostředí mezi zkušenými a méně zkušenými sportovci.

Cíl práce

Cílem práce je zjistit, zda existují rozdíly mezi výkonnostně rozdílnými soubory šermířů ve vybraných charakteristikách (proměnných):

- a) aktivace vybraných svalů při výpadu,
- b) úroveň jednoduché a složité reakční doby,
- c) reakční doba při odlišném pohybovém úkolu,
- d) doba potřebná k provedení výpadu.

Metody

Pro analýzu časové aktivace vybraných svalů při výpadu bylo využito povrchové elektromyografie. Úroveň reakční doby na vizuální stimulaci byla sledována pomocí zařízení Fitrosword, které bylo vyvinuto primárně pro měření jednoduché i složité reakční doby a rychlosti provedení výpadu. Výzkumné soubory jsou tvořeny 43 kordisty rozdělenými do příslušných skupin podle aktuální výkonnosti (elitní šermíři, subelitní šermíři, začátečníci). Elitní šermíři se zúčastňují mistrovských soutěží ČR, mezinárodních soutěží a soutěží světového poháru. Subelitní šermíři se zúčastňují pouze domácích soutěží. Začátečníci se nezúčastňují žádných soutěží.

Výsledky a závěry

Po porovnání elitních a subelitních šermířů lze konstatovat, že nebyly zjištěny významné rozdíly v časové aktivaci u žádného ze sledovaných pěti svalů. Rozdíly se však projevily v porovnání těchto dvou skupin se skupinou začátečníků v časové aktivaci *m. deltoideus pars anterior* (MDA). Aktivace tohoto svalu byla u skupiny elitních šermířů identifikována výrazně dříve než u skupiny začátečníků. Podobný rozdíl byl zjištěn i mezi subelitními šermíři a začátečníky.

Mezi sledovanými skupinami šermířů nebyl zjištěn významný rozdíl v hodnotách jednoduché reakční doby. Rozdíl se neprojevil ani při vzájemném srovnávání výsledků dvojic skupin (elitní vs. subelitní, subelitní vs. začátečníci, elitní vs. začátečníci).

V předložené práci nebyly mezi skupinami zjištěny rozdíly ani v hodnotách složité reakční doby na dva podněty, ani v hodnotách složité reakční doby na tři podněty. Uvedené výsledky zároveň podporují platnost Hickova zákona, která se projevila u všech tří skupin šermířů.

Výsledky práce jasně poukazují na to, že všechny sledované skupiny dosahovaly podobných hodnot celkové doby výpadu (nebyl zde prokázán významný rozdíl).

Klíčová slova

šerm, výpad, jednoduchá reakční doba, složité reakční doba, povrchová elektromyografie

1 ÚVOD

V každodenních činnostech člověka dochází situacím, ve kterých musí jedinec adekvátně a pohotově reagovat na podněty z okolního prostředí. Tyto podněty mohou být vizuální, taktilní či audiální. Často musí jedinec reagovat příslušným pohybem na padající sklenici či řešit v automobilu dopravní situaci činností vybraných segmentů těla. Vliv úrovně reakční doby a aktivace příslušných svalů vybraných segmentů těla je zřejmý například při rozjezdu automobilu po rozsvícení zeleného světla na semaforu na křižovatce či při řešení nečekaných událostí při jízdě na motocyklu. Výkon ve sportu může být také ovlivněn úrovní těchto proměnných. V úvahu přichází například míčové hry či úpolové sporty.

Díky zaměření tréninkového procesu a charakteru pohybových činností v průběhu zápasu může být za představitele sportu, ve kterém hrají tyto proměnné významnou komponentu sportovního výkonu, považován sportovní šerm (Czajkowski, 2005). Šerm je úpolový sport, v němž se v přímém střetu s protivníkem usiluje o jeho přemožení vyšším počtem zásahů příslušnou zbraní (kordem, fleretem a šavlí). Rychlá reakce, která souvisí se zpracováním vizuálních či taktilních podnětů, účelná koordinace svalů v průběhu pohybu, technická a taktická vybavenost nebo optimální psychické naladění představují základní determinanty ovlivňující sportovní výkon šermíře. V průběhu zápasu se oba protivníci snaží z optimální vzdálenosti a ve správný okamžik překvapit svého soupeře rychlým útokem. Posloupnost a rychlost aktivace vybraných svalů má nepochybně na výsledek realizované akce velký vliv.

Bottoms, Greenhalgh, a Sinclair (2013) a Chervis (2002) uvádějí, že výpad je nejčastěji využívanou formou útoku v šermu. Optimální svalová koordinace v průběhu výpadu může jeho úspěšné provedení (zasazení cíle) zásadně ovlivnit. Uvedený pohybový akt je nacvičován již v úvodních fázích tréninkového procesu, kde je prioritní důraz kladen na činnost ozbrojené paže před dalšími částmi těla (např. dolní končetiny). Šermíř je v průběhu zápasu či tréninku často vystaven situacím, ve kterých musí rozhodnout, na který podnět (např. vizuální, taktilní) má reagovat a který by měl ignorovat. Případná reakce musí být maximálně rychlá, protože jakékoli zpoždění v odpovědi na vyvolaný podnět může negativně ovlivnit výsledek zápasu. Rychlost reakce se pak stává podstatnou komponentou výkonu v šermu. Na význam reakční doby ve sportovním šermu poukazují například Borysiuk (2008a, 2008b), Czajkowski (2005), Harmenberg, Ceci, Barvestad, Hjerpe, a Nyström (1991) a další.

Soustavné opakování a opravování chyb daného pohybu realizovaného na základě výskytu vizuálních podnětů souvisí s vytvořením specifického pohybového programu uloženého v

paměti, jak uvádí například Véle (2006). Díky častému vybavování tohoto pohybového programu dochází k upevnění a zdokonalení jeho kvality. V tomto ohledu je nutné zmínit, že ve variabilních podmínkách zápasu v šermu často dochází k situacím, které nutí šermíře zažitý pohybový program upravit (Czajkowski, 2005). S rostoucí zkušeností (tréninkem) dochází k lepší analýze informací z okolního prostředí a pohybový projev zkušenějších sportovců je pak více efektivní než u začátečníků (Schmidt & Wrisberg, 2008).

Předpokladem pro úspěšné provedení příslušné útočné akce je nutné realizovat daný pohyb velice rychle. Vzhledem k požadavkům na rychlost těchto akcí lze usuzovat na význam zahájení pohybu a časovou aktivaci vybraných svalů. Tato situace může nastat například v okamžiku, kdy mají soupeři v tomtéž okamžiku totožný pohybový záměr (provedení výpadu). Doba potřebná k provedení akce se díky současnému zahájení pohybu oběma šermíři může výrazně zkrátit. V této situaci lze jen obtížně provést korekci v realizovaném pohybu, která se uplatňuje při pomalejších pohybech. Vaverka (2011) v této souvislosti upozorňuje na fakt, že v případě velmi rychlých pohybů dochází k vybavení předem naprogramovaného pohybového vzorce, který již v průběhu pohybu nelze ovlivnit. Z uvedeného vyplývá, že při realizaci velmi rychlých pohybů je efektivnější využít zažitých pohybových programů bez vědomé korekce pohybu, která je časově náročnější.

Svalová koordinace uplatněná u šermířů různé výkonnostní úrovně je dobře hodnotitelná při využití povrchové elektromyografie. Touto problematikou se zabývali například Williams a Walmsley (2000a, 2000b). Řada autorů (například Bottoms et al., 2013; Geil, 2002; Gholipour, Tabrizi, & Farahmand, 2008; Gutierrez-Davila, Rojas, Antonio, & Navarro, 2013; Sillero, Saucedo, López, De Antonio, & De Quel, 2008; Sinclair & Bottoms, 2013a, 2013b; Stewart & Kopetka) se však prioritně věnovala problematice kinematického profilu výpadu v šermu. Existují i studie zaměřené na analýzu výpadu prostřednictvím videozáznamu. Ty však nemohou optimálně postihnout zákonitosti v řízení pohybu či interakci v aktivaci příslušných svalů.

Záměrem předložené práce bylo sledování aktivace svalů při výpadu u tří výkonnostně odlišných skupin šermířů. Odhalení rozdílů mezi sledovanými skupinami šermířů může přispět ke zvyšování výkonnosti začátečníků či šermířů nižších výkonnostních úrovní, kteří v tréninkovém procesu mohou při působení trenérů zohlednit „optimální“ model svalové koordinace uplatňovaný elitními šermíři. Další oblastí, na kterou je v práci zaměřena pozornost, je sledování vlivu počtu podnětů na úroveň reakční doby u vybraných skupin šermířů. Předpokládané výsledky této oblasti lze také využít pro zefektivnění tréninkového procesu prostřednictvím záměrného ovlivňování úrovně této proměnné.

2 CÍL A HYPOTÉZY PRÁCE

2.1 Cíl práce

Cílem práce je zjistit, zda existují rozdíly mezi výkonnostně rozdílnými soubory šermířů ve vybraných charakteristikách (proměnných):

- a) aktivace (pořadí, časová aktivace) vybraných svalů při výpadu,
- b) úroveň jednoduché a složité reakční doby (1 – 3 vizuální podněty),
- c) reakční doba při odlišném pohybovém úkolu (výpad vs. přímý bod),
- d) doba provedení výpadu.

2.2 Hypotézy práce

H1

Mezi výkonnostně odlišnými skupinami šermířů budou zjištěny významné rozdíly v pořadí aktivace svalů měřených při výpadu.

H2

Mezi výkonnostně odlišnými skupinami šermířů budou zjištěny významné rozdíly v časové aktivaci svalů měřených při výpadu.

H3

Mezi výkonnostně odlišnými skupinami šermířů budou zjištěny významné rozdíly v hodnotách jednoduché i složité reakční doby.

H4

Mezi výkonnostně odlišnými skupinami šermířů budou zjištěny významné rozdíly v celkové době provedení výpadu a reakční dobou při výpadu.

H5

Mezi výkonnostně odlišnými skupinami šermířů budou zjištěny významné rozdíly mezi reakční dobou měřenou při přímém bodu a při výpadu.

2.3 Zdůvodnění hypotéz

Je nutné uvést, že sledovaný pohyb (výpad) byl vybrán díky jeho častému využití ve výzkumech a relativně snadnému laboratornímu testování. Lze ho zároveň označit za nejčastěji využívanou útočnou akci při zápase v šermu (Cheris, 2002). Na základě dostupných studií lze konstatovat, že mezi elitními šermíři a začátečníky existují při výpadu rozdíly v aktivaci vybraných svalů (například Balkó, Jelínek, Kratochvílová, Týnková, & Hendl, 2012; Harmenberg et al., 1991; Williams & Walmsley, 2000a, 2000b), kinematickém profilu (například Balkó, Balkó, & Süß, 2014; Gholipour et al. 2008; Gutierrez-Davila et al., 2013) a rychlosti provedení výpadu (například Adrian & Klinger, 1976; Harmenberg et al., 1991; Williams & Walmsley, 2000a). Svaly vybrané pro měření byly zvoleny na základě předchozích studií (Szilagyi, 1993; Williams & Walmsley, 2000a, 2000b).

Pro úspěšný sportovní výkon v šermu lze mimo jiné považovat také rychlost zpracování podnětu z okolního prostředí. V některých případech souvisí odpověď organismu na tento podnět (např. vizuální či taktilní) s automatizací či anticipací (Schmidt & Wrisberg, 2008). V šermu, stejně jako v řadě jiných úpolových sportů, je rychlost reakce na vizuální podnět velice důležitou komponentou sportovního výkonu (Borysiuk, 2008a, Czajkowski, 2005). Ve studiích zaměřených na testování reakční doby v šermu byly také zjištěny rozdíly mezi zkušenými šermíři a začátečníky (Borysiuk, 2008a, 2008b; Gutierrez-Davila et al., 2013; Harmenberg et al., 1991, Tyshler & Tyshler, 1995; Williams & Walmsley, 2000a, 2000b).

3 METODA

3.1 Základní členění zkoumaných oblastí

V předložené práci je pozornost orientována na dvě dílčí rozdílné části:

a) Výzkum zaměřený na sledování aktivace vybraných svalů při výpadu prostřednictvím povrchové elektromyografie (zařízení ME6000). Tato část práce se zabývá mimo aktivace svalů (pořadí a časová aktivace svalů) i reakční dobou při výpadu prostřednictvím zařízení Fitrosword.

b) Výzkum zaměřený na ověřování vlivu počtu podnětů na úroveň reakční doby prostřednictvím zařízení Fitrosword. V této části jsou sledovány hodnoty jednoduché (1 podnět) i složité (2 – 3 podněty) reakční doby pouze ve střežové pozici testovaných osob s následným zasažením terče.

3.2 Výzkumné soubory

Výzkumný soubor tvořilo celkem 43 šermířů (kordistů) ve věku $22,7 \pm 6,4$ let. Na základě aktuální výkonnosti byli šermíři rozděleni do příslušných skupin.

První skupinu, označenou jako skupina A, tvořilo 14 elitních šermířů. Tito šermíři se účastní kromě domácích soutěží a domácích mistrovských soutěží i mezinárodních soutěží a soutěží světového poháru. Výkonnost těchto šermířů odpovídá úrovni první výkonnostní třídy určené podle žebříčku Českého šermířského svazu (dále jen ČSS)¹.

Skupinu, označenou jako B, tvořilo 15 „subelitních“ šermířů. Šermíři z této skupiny se účastní domácích soutěží a domácích mistrovských soutěží. Jejich výkonnost odpovídá druhé výkonnostní třídě v rámci žebříčku ČSS. Skupina s označením C byla zastoupena 14 začátečníky. Šermíři z této skupiny se nezúčastnili žádných soutěží.

Všechny testované osoby byly před zahájením výzkumu seznámeny s průběhem měření a použitými metodami. Dobrovolnou účast na výzkumu potvrdili šermíři podpisem v informovaném souhlasu. Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS byla schválena 12. 12. 2011.

3.3 Metody měření

Pro povrchovou elektromyografii bylo využito systému ME6000 a pro měření reakční doby byl použit systém Fitrosword.

Ve výzkumu bylo k měření proměnných využito těchto zařízení:

1. Měření EMG signálů (ME6000, MEGA Electronics, Ltd., Finsko, software MegaWin),

¹ Výkonnostní třídy jsou udělovány podle umístění v žebříčku ČSS následovně: prvních 10 % (1. výkonnostní třída), dalších 20 % (2. výkonnostní třída), dalších 40 % (3. výkonnostní třída). Zbývající (posledních 30 %) šermíři nemají udělenou žádnou výkonnostní třídu (Český šermířský svaz, výnos STK č. 13).

2. Měření jednoduché a složité reakční doby (Fitrosword, Bratislava, Slovensko, software SWORD),
3. Měření antropometrických ukazatelů (kalibrovaný metr a váha),
4. Pro videozáznam sledovaného pohybu bylo využito digitální videokamery, pro analýzu videozáznamu program Dartfish 6 TeamPro data.

3.4 Měření pohyb a výběr proměnných

Měření aktivace svalů a reakční doby při výpadu

V této části výzkumu zaměřené na zjišťování aktivace vybraných svalů měly testované osoby po rozsvícení příslušné (červené) LED diody provést výpad ze střežové pozice a zasáhnout zásahový terč. Pro přehlednost byly určeny dvě základní strany, výpadová a odrazová. Na odrazové straně (vzdálenější od zásahového terče) byla sledována aktivace *m. rectus femoris* (odrazová dolní končetina) a *m. deltoideus pars medialis*. Na výpadové straně (blíže k zásahovému terči) pak *m. rectus femoris* (výpadová dolní končetina), *m. deltoideus pars anterior* a *m. trapezius*. Aktivace pěti vybraných svalů byla registrována pomocí povrchové elektromyografie (SEMG). Spolu s časovou aktivací vybraných svalů byla zjišťována i reakční doba při výpadu (dále jen RDV) měřená od výskytu uvedené červené LED diody a celková doba výpadu (dále jen CDV), která byla měřena od výskytu podnětu po zasažení terče.

Každá testovaná osoba měla k dispozici pět zkušebních pokusů, které předcházely vlastnímu měření. Mezi pokusy a vlastním měřením byl stanoven třiminutový interval odpočinku pro vyloučení vlivu únavy.

Měření zahrnovalo 20 pokusů (výpadů), mezi nimiž byl stanoven interval odpočinku maximálně 15-20 vteřin. Pro analýzu dat bylo z důvodu možného vlivu únavy zpracováno pouze prvních 15 korektních pokusů.

Pro určení časové aktivace byla zvolena metoda prahování vztaženého k lokálnímu maximu EMG obálky ve sledované fázi, jak doporučují Špulák et al. (2012). Obálka byla ze signálu EMG převedeného do absolutní hodnoty získána pomocí dolní propusti (mezní frekvence propustného pásma 3,6 Hz).

Před výpadem stály testované osoby ve střežové pozici, kdy byly svaly aktivní. Vzhledem k tomuto faktu byla určena tzv. „umělá“ základní linie, která odpovídala průměrné hodnotě

signálu v intervalu 550 ms před výpadem. V okamžiku, kdy přesáhla amplituda signálu 20 % lokálního maxima chápaného od této „umělé“ základní linie, byl sval považován za aktivovaný. Podobně určili práh na procentuální hodnotě z lokálního maxima například Hug a Dorel (2009) nebo Pavelka (2011). Sval byl zároveň považován za aktivní, pokud byl nad tímto prahem minimálně po dobu 50 milisekund². Hodnota rozlišitelnosti časové aktivace jednotlivých svalů byla stanovena na 10 milisekund.

Měření jednoduché a složité reakční doby

V této části výzkumu zaměřené na sledování úrovně jednoduché a složité reakční doby při vizuální stimulaci bylo využito tzv. „dodatečné“ stimulační, která sice zvyšovala celkový počet podnětů, ovšem nesouvisela s žádným pohybovým úkolem. Šermíři ve střehové pozici s číškou umístěnou na kordu měli provést při rozsvícení příslušné LED diody (červená, zelená) buď přímý bod, nebo odrazit svislou překážku a následně zasáhnout terč. Při rozsvícení žluté LED diody neměli šermíři reagovat na tuto stimulaci žádným pohybem. Reakce na jeden podnět (červená LED dioda) byla označena jako jednoduchá reakční doba (RDJ). Reakce na dva podněty (červená a zelená LED dioda) byla označena jako složitá (výběrová) reakční doba (dále jen RDS2). Pro složitou reakční dobu na tři podněty (červená, zelená a žlutá LED dioda) bude je využito označení RDS3. Ve všech případech stimulační měla testovaná osoba udržovat střehovou pozici (střehový postoj).

V případě rozsvícení červené LED diody, kdy měli šermíři provést pouze přímý bod, se dioda rozsvítila 20 krát po sobě. Tento protokol byl pro všechny testované osoby totožný. Z tohoto důvodu bylo nutné zajistit, aby ostatní testované osoby nesledovaly průběh měření. V případě měření RDS2 bylo generováno 10 podnětů pro přímý bod (červená LED dioda) a 10 podnětů pro odraz bod (zelená LED dioda). Časový interval protokolu výskytu podnětů byl stejný jako v předchozím případě (600 – 2000 ms). V případě RDS3 došlo 10 krát k výskytu červené LED diody, 10 krát k výskytu zelené LED diody a 7 krát k výskytu žluté LED diody.

Na základě doporučení Tanaka, Hasegawa, Kataoka, a Katz (2010) byly u jednoduché reakce vyloučeny hodnoty, které přesáhly 1000 ms. Vyloučeny byly také hodnoty pod úrovní 100 ms, které označuje Iida, Miyazaki, & Uchida (2010) a Schneider et al. (2006) jako anticipační. U RDS2 i RDS3 byly vyloučeny hodnoty pod úrovní 160 ms, které byly označeny jako anticipační a hodnoty nad úrovní 2000 ms, které byly označeny jako chybné

² Podle doporučení De Luca (1997) nebo Krobot a Kolářové (2011)

stejně jako Arcelin, Delignieres, & Brisswalter (1998), Davranche, Audiffren, & Denjean (2006) a Delignières, Brisswalter, & Legros (1994). Pro statistické zpracování bylo využito vždy prvních 15 korektních pokusů (RDJ i SRD2 a SRD3).

Adspekce a palpance měřených svalů a aplikace elektrod pro SEMG

Z míst určených pro aplikaci elektrod bylo odstraněno ochlupení a následně došlo k očištění tohoto místa abrazivní pastou a odmaštění lihobenzínem. Použité elektrody měly Ag/AgCl senzor překrytý vlhkým gelem. Měřicí gelová oblast byla 154 mm² se vzdáleností středů dvou elektrod vždy 34 mm. Elektrody byly aplikovány s ohledem na atlas lokalizace elektrod (Criswell, 2011; Konrad, 2005) a skutečnost, že je pro opakovaná měření nezbytné dodržovat totožnou vzdálenost dvou elektrod a místa pro jejich aplikaci (Krobot & Kolářová, 2011). Elektrody byly aplikovány (po expertním posouzení vhodných míst fyzioterapeutem) vždy na střed břicha vybraného svalu ve směru svalových vláken, jak doporučuje SENIAM nebo Criswell (2011), De Luca (1997), Travel a Simons (1999) a další. Detailní „electrode atlas“ pro aplikaci elektrod prezentují Cram, Kasman, a Holzt (2011). Předzesilovače byly umístěny ke kůži testovaných osob pomocí pásky, čímž došlo k eliminaci ovlivnění signálu potenciální změnou jejich pozice. Zemní elektrody byly použity podle doporučení Konrad (2005). Elektrody aplikovala s ohledem na individuální anatomii svalů testovaných osob vždy stejná osoba (fyzioterapeut Fakulty zdravotnických studií UJEP Ústí nad Labem).

3.6 Statistická analýza dat

Zpracování EMG záznamu

V části výzkumu zaměřeném na zjišťování aktivace vybraných svalů byla data zaznamenána v softwaru MegaWin. Měřený signál byl v záznamovém zařízení hardwarově filtrován frekvenční filtrací 15 - 500 Hz a převeden do digitální podoby se vzorkovací frekvencí 1000 Hz. Tento digitální signál byl následně rektifikován (převeden do absolutních hodnot). Časová aktivace svalů byla zjištěna pomocí skriptů v programu Matlab (verze R 2012b).

Dále byl vypočítán aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka časové aktivace na prahu 20 % z lokálního maxima EMG obálky podobně jako Williams a Walmsley (2000a,

2000b). Výsledné hodnoty byly vztaženy k časovému (ms) i procentuálnímu (výpad = 100 %) hledisku.

Celkem bylo zaznamenáno 20 pokusů (výpadů). Pro zpracování výsledků však bylo z důvodu možného vlivu únavy zpracováno pouze prvních 15 korektních pokusů.

Registrována byla data, která odpovídala korektním pokusům zaznamenaným v software MegaWin i SWORD.

Zpracování hodnot reakční doby (jednoduchá, složitá)

Pro analýzu dat z části výzkumu zaměřeného na zjišťování úrovně RD (RDJ, SRD2, SRD3) a CDV byl využit software SWORD, ze kterého byla data exportována do Microsoft Excel 2010 k dalšímu zpracování. Následně (po vyloučení chybných pokusů) byl vypočítán aritmetický průměr, medián a směrodatná odchylka.

Pro potřeby statistického zpracování výsledků bylo využito programu Statistica 6,1 a programu Microsoft Excel 2010.

Použité statistické testy

Na základě testu normality (Shapiro Wilks W test) bylo zjištěno, že u výsledných hodnot časové aktivace vybraných svalů nelze usuzovat na normální rozdělení četností. Z tohoto důvodu budou tato data považována za neparametrická (Havel & Cihlár, 2011). Vzhledem k této skutečnosti a díky nízkému počtu probandů ve sledovaných skupinách byly výsledky zpracovávány pomocí neparametrických statistických postupů.

V případě zjišťování rozdílů v pořadí aktivovaných dvojic svalů mezi skupinami byl využit Chí quare test.

Pro test rovnosti mediánů všech sledovaných skupin byl využit Kruskal-Wallis test. Tento test se využívá, pokud je zapotřebí porovnat rozdíly mezi více než dvěma skupinami a nelze vycházet z předpokladu, že hodnoty měření jsou v souladu s normálním rozdělením četností. Nulová hypotéza předpokládá, že měření ve skupinách mají stejné mediány (Hendl, 2009). Kruskal-Wallis testu bylo využito při sledování všech tří skupin dohromady.

Pokud byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi všemi třemi skupinami, byl následně využit Mann-Whitney U test pro zjištění rozdílů mezi dvojicí skupin (A vs. B, A vs. C, B vs. C). Tento test porovnává mediány ve dvou nezávislých souborech (Havel & Cihlár, 2011).

Za statisticky významné rozdíly byly považovány výsledky, kdy hodnota p byla nižší než 0,05. Na výsledky výzkumu mohl mít vliv malý rozsah skupin šetřených ve výzkumu. Z tohoto důvodu byla dopočítána věcná významnost (effect size), která „eliminuje vliv rozsahu souboru na statistické významnosti (Corder & Foreman, 2009). Za významný rozdíl byl považován výsledek, kdy byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi skupinami a zároveň náležely výsledné hodnoty minimálně do středního efektu věcné významnosti.

4 VÝSLEDKY

Výsledky práce jsou rozděleny na dvě základní části:

1) Výsledky z měření rozdílů v aktivaci vybraných svalů při výpadu.

V této části jsou nejprve popsány výsledky pořadí aktivace svalů a rozdíly časové aktivace svalů hodnocené na základě zvoleného aktivačního prahu vztažené k okamžiku výskytu vizuálního podnětu a zasažení terče.

2) Výsledky z měření RD (jednoduchá - RDJ, složitá – RDS2, RDS3), vztahu RDV (dále jen reakční doba při výpadu) a CDV (celková doba výpadu) a dále RD (RDJ vs. RDV) při odlišném pohybovém úkolu mezi sledovanými skupinami šermířů.

4.1 Aktivace svalů při výpadu

Pořadí aktivace vybraných svalů při výpadu

Pro určení pořadí aktivace vybraných svalů bylo nutné převést zjištěné hodnoty do procentuálního vztahu s CDV (celková doba výpadu; čas od výskytu po zasažení terče = 100 %). Časová osa byla v tomto případě transformována na procenta. Pořadí aktivace svalu bylo určeno podle procentuálního vztahu všech pěti sledovaných svalů vzhledem k CDV. Tímto postupem byly eliminovány nároky na rychlost provedení výpadu.

Na základě výsledků Chi-square (χ^2) testu lze konstatovat, že mezi sledovanými skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly ($p = 0,6016$, $\eta^2 = 0,01$) v pořadí aktivace MRFO před MDA. MRFO byl vzhledem k CDV aktivován před MDA u 95,3 % všech testovaných osob. Toto zjištění lze přisuzovat funkci MRFO při výpadu, která souvisí se stabilizací těla proti

nežádoucím efektům následného pohybu paže a souvisí s přípravou odrazu nutného k provedení výpadu.

Na základě výsledků Chi-square (χ^2) testu lze konstatovat, že mezi sledovanými skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly ($p = 0,1236$, $\eta^2 = 0,05$) v pořadí aktivace MDA před MDM. Šermíři ze skupiny A aktivovali MDA vždy před MDM. U šermířů ze skupiny B a C došlo u několika testovaných osob k dřívější aktivaci MDM před MDA. Tato skutečnost se však neprojevila jako významná. Lze konstatovat, že 84 % šermířů (ze všech testovaných osob) aktivuje MDA před MDM.

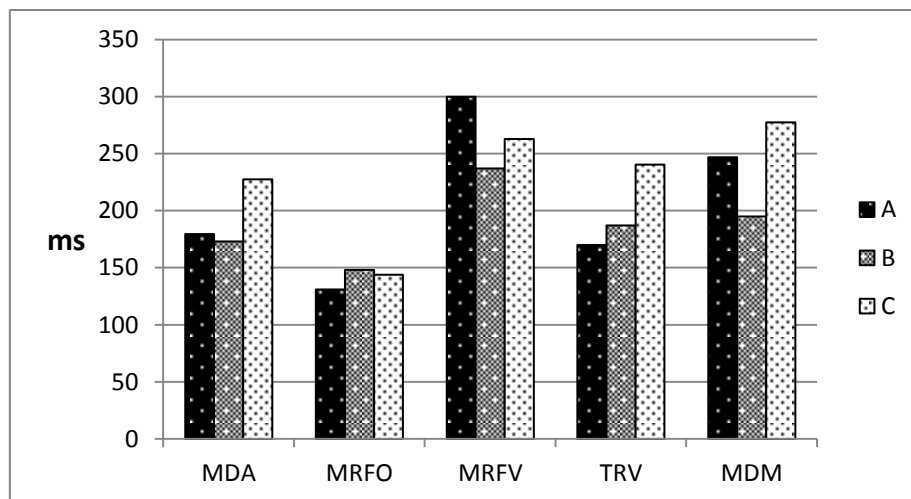
Mezi sledovanými skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly ($p = 0,3463$, $\eta^2 = 0,02$) v pořadí aktivace MRFO před MRFV.

Na základě výše uvedených výsledků, v nichž nebyl zjištěn významný rozdíl v pořadí aktivace vybraných dvojic svalů, lze usuzovat na význam aktivace svalů vyjádřené v čase.

Časová aktivace vybraných svalů při výpadu

Pro objasnění časových charakteristik aktivace pěti sledovaných svalů byla aktivace svalu vzhledem k výskytu podnětu určena dosažením aktivačního prahu příslušným svalem na úrovni 20 % z lokálního maxima EMG záznamu.

Mezi sledovanými skupinami šermířů existují rozdíly v časové aktivaci sledovaných svalů. Rozdíly lze vidět v aktivaci MDA. Skupina A a B aktivovala tento sval dříve než skupina C. Podobný průběh lze mezi skupinou A a C pozorovat v případě TRV. Naopak výrazně později byl aktivován MRFV skupinou A oproti dvěma dalším skupinám šermířů. Časově vyrovnaná se u všech tří skupin šermířů jeví aktivace MRFO i MDM.



Vysvětlivky: MDA - *m.deltoideus pars anterior* na výpadové straně
 MRFO - *m.rectus femoris* na odrazové dolní končetině
 MRFV - *m.rectus femoris* na výpadové dolní končetině
 TRV - *m.trapezius* na výpadové straně
 MDM - *m.deltoideus pars medialis* na odrazové straně
 A - skupina A
 B - skupina B
 C - skupina C

Obrázek 4.1 Časová aktivace sledovaných svalů u skupin A, B a C.

Z obrázku 4.1 je zřejmá podobnost hodnot (sloupců) v aktivaci MDA u všech tří sledovaných skupin. Vzhledem k vizuální stimulaci došlo nejdříve k aktivaci MRFO u všech sledovaných skupin. U všech tří skupin je minimální rozdíl v aktivaci tohoto svalu.

Tabulka 4.1 Rozdíly v časové aktivaci svalů mezi skupinami A a B

Sval	A(Me)	B(Me)	Z	p	ES
MDA	179,5	173	0,15	0,8786	0,03
MRFO	131	148	-1,27	0,2056	0,24
MRFV	300	237	1,81	0,0701	0,34
TRV	170	187	-0,57	0,5705	0,11
MDM	247	195	1,66	0,0972	0,31

Vysvětlivky: Z - hodnota Mann-Whitney U testu
 p - pravděpodobnost chyby při zamítnutí H_0
 ES - effect size (věcná významnost, d)
 A(Me) - skupina A (medián)
 B(Me) - skupina B (medián)
 Sval - sledovaný sval

Mezi skupinou A a B nebyl zjištěn významný rozdíl v časové aktivaci u žádného ze sledovaných svalů (viz tabulka 4.1).

Tabulka 4.2 Rozdíly v časové aktivaci svalů mezi skupinami A a C

Sval	A(Me)	C(Me)	Z	p	ES
MDA	179,5	227,5	-3,63	0,0003	0,69
MRFO	131	144	-1,84	0,0661	0,35
MRFV	300	236	1,68	0,0935	0,32
TRV	170	240,5	-2,73	0,0062	0,52
MDM	247	277,5	-1,15	0,2507	0,22

Vysvětlivky:

- Z - hodnota Mann-Whitney U testu
- p - pravděpodobnost chyby při zamítnutí H_0
- ES - effect size (věcná významnost, d)
- A(Me) - skupina A (medián)
- C(Me) - skupina C (medián)
- Sval - sledovaný sval

Mezi skupinou A a C (tabulka 4.2) byl zjištěn významný rozdíl v časové aktivaci u MDA ($p = 0,0003$, $d = 0,69$) a TRV ($p = 0,0062$, $d = 0,52$). Elitní šermíři tedy aktivovali MDA a TRV dříve (významný rozdíl) než začátečníci.

Tabulka 4.3 Rozdíly v časové aktivaci svalů mezi skupinami B a C

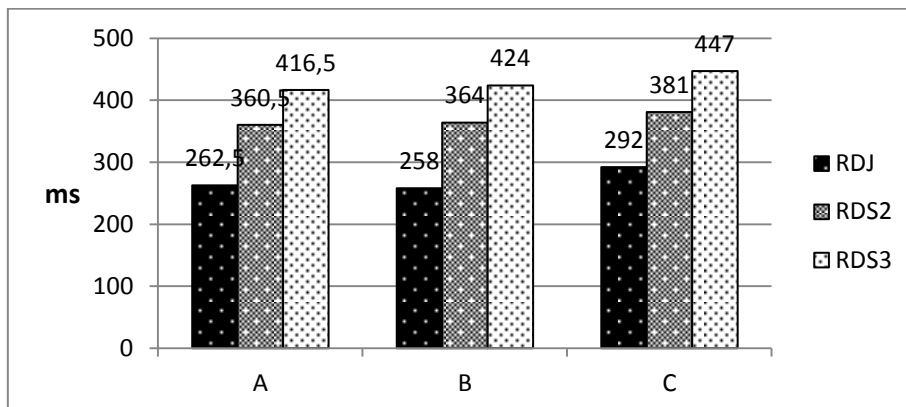
Sval	B(Me)	C(Me)	Z	p	ES
MDA	173	227,5	-3,47	0,0005	0,65
MRFO	148	144	-0,63	0,5268	0,12
MRFV	237	236	-0,37	0,7107	0,07
TRV	187	240,5	-1,66	0,0972	0,31
MDM	195	277,5	-3,32	0,0009	0,62

Vysvětlivky:

- Z - hodnota Mann-Whitney U testu
- p - pravděpodobnost chyby při zamítnutí H_0
- ES - effect size (věcná významnost, d)
- B(Me) - skupina B (medián)
- C(Me) - skupina C (medián)
- Sval - sledovaný sval

Mezi skupinou B a C (tabulka 4.3) byl zjištěn významný rozdíl v časové aktivaci u MDA ($p = 0,0005$, $d = 0,65$) a MDM ($p = 0,0009$, $d = 0,62$). Stejně jako v případě elitních šermířů došlo k dřívější aktivaci MDA u subelitních šermířů než u začátečníků. Zároveň byl u subelitních šermířů oproti začátečníkům aktivován dříve MDM (významný rozdíl).

4.2 Reakční doba



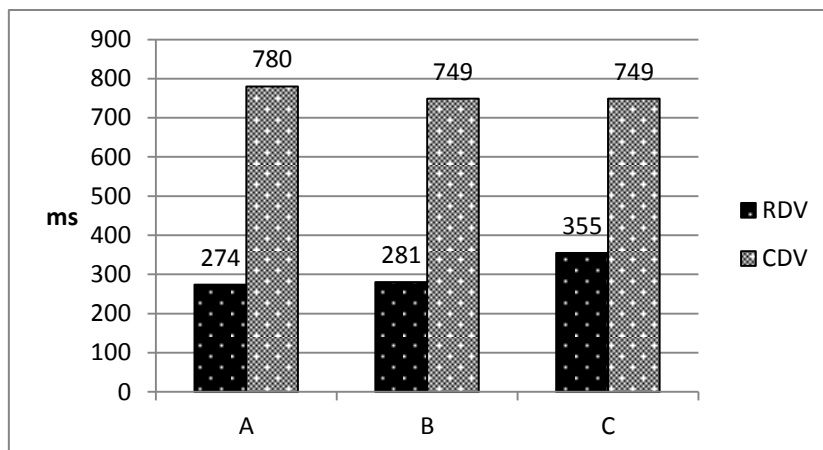
Vysvětlivky:
A, B, C - skupina A, B, C
RDJ - jednoduchá RD (1 podnět)
RDS2 - složitá RD (2 podněty)
RDS3 - složitá RD (3 podněty)

Obrázek 4.2 Hodnoty reakční doby (1-3 podněty) u skupin A, B a C

Z obrázku 4.2 je patrný lineární trend nárůstu RD se zvyšujícím se počtem podnětů. Lze tedy uvažovat, že počet podnětů zvyšuje úroveň RD. Pomocí Kruskal-Wallis testu nebyly zjištěny v rámci sledovaných skupin významné rozdíly v hodnotách RD (RDJ, RDS2, RDS3). Nelze tedy potvrdit, že dodatečná stimulace měla na šermíře různých výkonnostních úrovní vliv.

Vztah celkové doby výpadu a reakční doby při výpadu

Tato část je zaměřena na sledování vztahu CDV a RDV mezi sledovanými skupinami šermířů. Uvedený vztah je řešen díky předpokládanému významu hodnot reakční doby při sledovaném pohybu (výpadu) na celkovou rychlost jeho provedení. Rychlost reakce může výrazně ovlivnit čas potřebný pro realizaci výpadu.



Vysvětlivky: A, B, C - výkonnostní skupina
 RDV - reakční doba při výpadu
 CDV - celková doba výpadu

Obrázek 4.3 Vztah CDV a RDV u skupin A, B a C

Hodnoty CDV u všech sledovaných skupin šermířů jsou vyrovnané. Rozdíly jsou zřejmé v hodnotách reakční doby při výpadu (obrázek 4.3).

Tabulka 4.4 Rozdíl mezi CDV a RDV mezi skupinami A, B a C

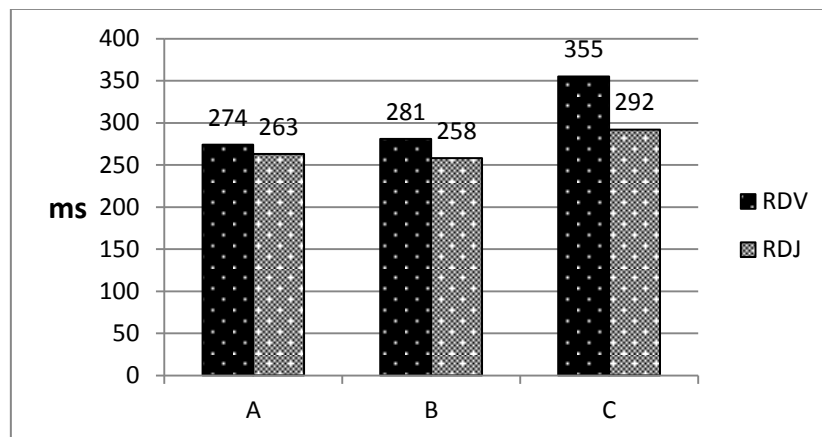
Proměnné	Skupiny		Z	p	ES
	A(Me)	B(Me)			
CDV	780	749	0,69	0,4849	0,13
RDV	274	281	-0,92	0,3594	0,17
CDV vs. RDV	494	474	1,35	0,1761	0,25
	A(Me)	C(Me)			
CDV	780	749	1,26	0,2064	0,24
RDV	274	355	-2,71	0,0067	0,51
CDV vs. RDV	494	389	2,78	0,0054	0,53
	B(Me)	C(Me)			
CDV	749	749	0,59	0,5557	0,11
RDV	281	355	-1,85	0,0636	0,34
CDV vs. RDV	474	389	1,66	0,0972	0,31

Vysvětlivky: Z - hodnota Mann-Whitney U testu
 p - pravděpodobnost chyby při zamítnutí H_0
 ES - effect size (věcná významnost, d)
 A(Me) - skupina A (medián)
 B(Me) - skupina B (medián)
 C(Me) - skupina C (medián)
 CDV - celková doba výpadu
 RDV - reakční doba při výpadu
 CDV vs. RDV - rozdíl CDV a RDV (medián)

Významný rozdíl v RDV se projevilo pouze mezi skupinami A vs. C ($p = 0,0067$, $d = 0,51$). Zároveň byl mezi těmito skupinami zjištěn rozdíl ve vztahu CDV vs. RDV ($p = 0,0054$, $d = 0,53$). Rozdíly mezi skupinami jsou prezentovány v tabulce 4.4.

Reakční doba při odlišném pohybovém úkolu (výpad vs. přímý bod)

Vztah RDV a RDJ je sledován z důvodu ověření vlivu rozdílného pohybového úkolu na úroveň reakční doby u šermířů různých výkonnostních úrovní.



Vysvětlivky: A, B, C - výkonnostní skupina
RDV - reakční doba při výpadu
RDJ - reakční doba při střežení

Obrázek 4.4 Rozdíly mezi RDV a RDJ u skupin A, B a C.

Rozdíl mezi sledovanými hodnotami lze vidět na obrázku 4.4. Na základě tohoto zjištění byl dále pro odhalení konkrétních rozdílů mezi dvojicemi skupin použit Mann-Whitney U test.

Tabulka 4.5 Rozdíl hodnot RDV a RDJ mezi skupinami A, B a C

Vztah	Skupiny		Z	p	ES
RDV vs. RDJ	A(Me)	B(Me)	-0,81	0,4194	0,15
	18,5	34			
	A(Me)	C(Me)	-2,62	0,0088	0,5
18,5	61,5				
	B(Me)	C(Me)	-1,53	0,1266	0,28
	34	61,5			

Vysvětlivky:

- Z - hodnota Mann-Whitney U testu
- p - pravděpodobnost chyby při zamítnutí H_0
- ES - effect size (věcná významnost, d)
- A(Me) - skupina A (medián)
- B(Me) - skupina B (medián)
- C(Me) - skupina C (medián)
- RDV vs. RDJ - reakční doba při výpadu vs. reakční doba při přímém bodu

Pomocí Mann-Whitney U testu byl zjištěn významný rozdíl mezi hodnotami RDV a RDJ (tabulka 4.5) pouze mezi skupinami A vs. C ($p = 0,0088$, $d = 0,5$).

5 DISKUSE

Aktivace svalů při výpadu

Na význam svalové koordinace při průběhu výpadu upozorňují například Czajkowski (2005), Gutierrez-Davila et al. (2013) a Harmenberg et al. (1991). Dosud však byly sledovány převážně rozdíly v rychlosti a zrychlení vybraných segmentů těla při výpadu prostřednictvím kinematické analýzy (Bottoms et al., 2013; Gholipour et al. 2008; Sillero et al., Sinclair & Bottoms, 2013a; Stewart & Kopetka, 2005). S problematikou sledování časové aktivace vybraných svalů při výpadu se lze setkat ve studiích Williams a Walmsley (2000a, 2000b).

V práci bylo nejprve posuzováno pořadí aktivace vybraných dvojic svalů, kde byla časová osa transformována na procenta. Určené pořadí aktivace svalů souviselo s procentuální hodnotou časové aktivace zaznamenanou na časové ose, jež byla vztažena k celkové době výpadu (čas od výskytu podnětu po zásah terče = 100 %). Uvedené vztahy dvojic svalů byly vybrány na základě předpokládaného významu aktivace jednoho svalu před druhým. Z celkového počtu 43 testovaných osob aktivovalo vzhledem k celkové době výpadu (CDV) 95,3 % šermířů *m. rectus femoris* na dorazové dolní končetině (MRFO) před *m. deltoideus pars anterior* na výpadové straně (MDA). Tento výsledek podpořil tvrzení Enoka (2008),

který zjistil, že aktivace lýtkového svalu předcházela při předpažení aktivaci deltového svalu o 50 ms. Podobně i Schmidt a Wrisberg (2009) zmiňují, že aktivaci deltového svalu při předpažení předchází o 80 ms aktivace svalů dolních končetin. Stejně výsledky uvádí i Lee (1980). Tato zjištění nejsou v rozporu ani s tvrzením Adrian a Klinger (1976) a Szilagyi (1993), že činnost odrazové DK zahajuje výpad v šermu. Z výše uvedených šetření můžeme usuzovat i na mechanické spojení ramenního svalstva s dalšími částmi těla prostřednictvím funkčně propojených svalových řetězců, které popisuje Véle (2006). Současně je třeba uvést, že největší zpoždění pohybové odpovědi před zahájením pohybu vzniká z důvodu aktivace posturálního systému (vytváření potřebných předpokladů pro následný pohyb), což souvisí se zachováním rovnováhy. Včasnější aktivace svalu MRFO poskytuje stabilizaci těla proti nežádoucím efektům následného pohybu paže a souvisí s přípravou odrazu nutného k provedení výpadu.

Vztah pořadí aktivace *m. deltoideus pars anterior* na výpadové straně (MDA) před *m. deltoideus pars medialis* na odrazové straně (MDM) byl sledován ve vztahu k výsledkům studie Balkó et al. (2013), při níž se u několika šermířů projevilo pořadí aktivace MDM před MDA. V předložené práci však všechny testované osoby ze skupiny A aktivovaly MDA před MDM. Uvedené pořadí bylo zjištěno i u většiny testovaných osob ze skupiny B (73 %) a C (78,6 %). Ani zde nebyl prokázán významný rozdíl mezi skupinami v uvedeném pořadí aktivace svalů. Véle (2006) v tomto ohledu uvádí, že obě horní končetiny pracují jako párový uchopovací orgán a pracují jako uzavřený funkční řetězec. Dominantní končetina má vedoucí roli a druhá končetina (nedominantní) spíše podporuje funkci dominantní končetiny. Vzhledem k tomu, že nebyly v žádném z uvedených vztahů mezi skupinami zjištěny významné rozdíly v pořadí aktivace těchto svalů, lze usuzovat na vhodnost určení jejich očekávaného pořadí.

Předpoklad, že *m. rectus femoris* na odrazové dolní končetině (MRFO) bude aktivován před *m. rectus femoris* na výpadové dolní končetině (MRFV) se potvrdil: ze všech testovaných osob aktivovalo 98 % MRFO před MRFV. Logická posloupnost aktivace těchto svalů spočívá v samotné pohybové struktuře výpadu související s odrazem ze zadní dolní končetiny, díky kterému se šermíři přiblíží k zásahovému terči.

Na základě výše uvedených výsledků však bylo nutné kromě pořadí aktivace sledovat rozdíly mezi skupinami šermířů i z hlediska časové aktivace určené aktivačním prahem. Tímto postupem byly zjištěny časové interakce v aktivacích svalů při výpadu po výskytu vizuálního podnětu podobně jako Williams a Walmsley (2000b, 2000b). Význam těchto interakcí je zřejmý i v průběhu zápasu, neboť i během něj musí šermíři adekvátně reagovat na

vizuální podněty, neboť rychlost aktivace příslušných svalů často rozhoduje o úspěchu či neúspěchu realizovaného pohybu.

Nejprve byla hodnocena aktivace všech pěti svalů, jejichž činnost a vzájemná koordinace je v průběhu výpadu zásadní. Uvedené svaly byly vybrány na základě závěrů studií Williams a Walmsley (2000a, 2000b), v nichž šlo o komparaci časové aktivace vybraných svalů u dvou skupin šermířů (elitní vs. začátečníci). Na základě doporučení uvedených studií bylo v této práci testováno více osob, z nichž dvě jsou podobné (skupina A a C) výkonnostním skupinám sledovaných ve studii Williams a Walmsley (2000a, 2000b). Na rozdíl od uvedené studie byla v předložené práci sledována navíc aktivace TRV a MDM.

Po porovnání skupin A a B lze konstatovat, že nebyly zjištěny významné rozdíly v časové aktivaci u žádného ze sledovaných pěti svalů (tabulka 4.1). Rozdíly se však projevily (tabulka 4.2) v porovnání skupiny A se skupinou C v časové aktivaci *m. deltoideus pars anterior* (MDA). Aktivace tohoto svalu byla u skupiny A identifikována dříve než u skupiny C ($p = 0,0003$, $d = 0,69$). Podobný rozdíl byl zjištěn (tabulka 4.3) i mezi skupinami B a C ($p = 0,0005$, $d = 0,65$). Z uvedeného výsledku jasně vyplývá, že včasná (myšleno k okamžiku výskytu podnětu) aktivace MDA na ozbrojené paži při zahájení výpadu může být důležitým faktorem pro úspěšné provedení pohybu. Na základě aktivace uvedeného svalu lze usuzovat na následnou činnost ozbrojené paže.

Na základě výsledků zjištěných v časové aktivaci svalů mohou být podpořeny závěry studií Williams a Walmsley (2000a, 2000b), že po výskytu podnětu došlo při výpadu nejprve k aktivaci *m. rectus femoris* na odrazové dolní končetině (MRFO) a následné aktivaci *m. deltoideus* na ozbrojené paži (MDA). Stejně tomu bylo i v případě všech tří skupin sledovaných v této práci. Zároveň lze potvrdit, že *m. rectus femoris* na výpadové dolní končetině (MRFV) byl aktivován později než MRFO (obrázek 4.1). Nelze však potvrdit jejich závěry, že u elitních šermířů došlo k rychlejší aktivaci všech uvedených tří svalů než u začátečníků. MRFV byl totiž v případě této práce aktivován u elitních šermířů později než u subelitních šermířů a začátečníků. Od výskytu podnětu byly svaly u skupiny A aktivovány v pořadí MRFO, TRV, MDA, MDM a MRFV. Mezi aktivací prvního (MRFO) a posledního (MRFV) sledovaného svalu byl u této skupiny zjištěn časový rozdíl 169 ms. U šermířů ze skupin B a C bylo toto pořadí podobné s tím rozdílem, že TRV byl aktivován až po MDA. Mezi prvním (MRFO) a posledním (MRFV) aktivovaným svalem byl u skupiny C zjištěn časový odstup 92 ms a u skupiny B jen 89 ms.

Současně s časovou aktivací svalů byla v práci sledována úroveň reakční doby při výpadu (RDV), kterou někteří autoři (např. Tu, Lin, & Chin, 2010) definují jako motorickou odpověď

(reakci). Tato proměnná byla sledována v průběhu výpadu například i ve studii Williams a Walmsley (2000a, 2000b).

Vzhledem k tvrzením, že zkušení sportovci disponují účelnějším pohybovým projevem, lze považovat výsledky zjištěné u skupiny A za „optimální“. Činnost ozbrojené paže, kterou se šermíři snaží zasáhnout cíl (terč) v „ideálním“ modelu výpadu, předchází aktivaci MRFV. Toto zjištění je z pohledu úspěšného provedení výpadu logické, neboť činností výpadové dolní končetiny může být snadno odhalen pohybový záměr (útok) protivníka. Činnost výpadové dolní končetiny před činností paže tak může být zdrojem nežádoucího podnětu pro soupeře, který tento záměr (výpad) dříve rozpozná. Tuto eventualitu se snaží šermíři postřehnout i v průběhu tréninkového procesu. Správná a včasná identifikace této „chyby“ protivníka je označována za vrcholnou dovednost šermíře.

Vzhledem k tomu, že v práci byla zjišťována pouze aktivita sledovaných svalů při zahájení pohybu, lze usuzovat pouze na možný následný průběh svalové aktivity. Nicméně lze předpokládat, že aktivace svalů na počátku pohybu může být faktorem ovlivňujícím následnou pohybovou strukturu výpadu a výsledek pohybu jako celku. To platí i v případě, kdy šermíř musí v průběhu výpadu nečekaně svůj úmysl o přímé zasažení cíle přehodnotit na základě nečekané protiakce soupeře. V úvahu připadá i situace, kdy šermíř musí výrazně zkrátit či prodloužit pohyb na základě pohybu soupeře (například posun či odsun protivníka). Z výše uvedených výsledků týkajících se časové aktivace sledovaných svalů lze usuzovat na význam rychlé aktivace MDA na ozbrojené paži. Podobné závěry přinášejí i Bottoms et al. (2013) poukazující na souvislost rychlosti definovaného segmentu ruky se zbraní s činností dalších segmentů těla. Pro zkrácení celkové doby výpadu při zachování optimální svalové koordinace zjištěné u skupiny A přichází v úvahu i účelné ovlivňování aktivace MRFO související s následným odrazem směrem k cíli (terči) prostřednictvím činnosti svalů odrazové dolní končetiny. Zkrácení doby latence MRFO je jistě důležitým prediktorem pro rychlost pohybu. Časově menší rozdíl mezi aktivací MDA a MRFO se může rovněž podílet na úspěšné realizaci pohybu, a díky němu vznikne časový prostor pro optimální koordinaci ostatních svalů před zasažením cíle (terče). Je zřejmé, že aktivita MRFV identifikovaná u skupiny A až po reakční době ozbrojené paže má při výpadu také význam. Na základě výsledků může být považována dřívější aktivace tohoto svalu za nežádoucí.

Použité zařízení Fitrosword generující vizuální podněty sice neodpovídá reálným variabilním podmínkám, v nichž šermíř reaguje v průběhu zápasu na činnosti protivníka, avšak lze jím objektivně sledovat proměnné související s rychlostí reakce či rychlostí výpadu. S potřebou vytvořit reálné podmínky zápasu byl v případě měření využit postup podobný jako

ve studii Harmenberg et al. (1991). Stimulem pro zahájení příslušné pohybové akce byl v této studii pohyb ozbrojené paže výzkumníka (v roli trenéra). Zde lze ovšem počítat i s působením dalších faktorů, jež limitují možné porovnání výsledků s dalšími. Tato omezení souvisí například s možnými rozdíly ve vzdálenosti trenéra k testované osobě nebo rozsahem a rychlostí pohybu paže výzkumníka.

Reakční doba

Další oblastí zájmu předložené práce byla identifikace rozdílů hodnot jednoduché i složité reakční doby (RD) mezi elitními šermíři, subelitními šermíři a začátečníky. Očekávané zjištění rozdílů vycházelo kromě praktických zkušeností trenérské praxe i z dostupné literatury, ve které se autoři často zmiňují o tom, že u zkušených sportovců dochází k rychlejšímu zpracování informací z okolního prostředí díky dlouholeté tréninkové praxi. Výsledky řady studií to jasně potvrzují (např. Bartůňková, 2013; Borysiuk, 2008; Czajkowski, 2005; Fontani et al., 2006; Schmidt & Wrisberg, 2008; Štulrajter, 1987).

Na šermíře během jejich tréninkové i závodní praxe soustavně působí široká paleta podnětů (převážně vizuální, taktilní), a proto může být považován sportovní šerm za disciplínu, ve které se úroveň reakční doby výrazně podílí na celkové rychlosti příslušného pohybu tvořeného reakční dobou a pohybovým časem. V průběhu zápasu dochází velice často k situacím, v nichž není vhodné na podnět (např. činnost soupeřovi paže) reagovat žádným pohybem. Šermíř se tedy musí velice rychle rozhodnout, na který pohyb bude reagovat a který bude ignorovat.

V případě této práce byl ověřován vliv počtu podnětů a složitosti pohybu na úroveň RD. K uvedené problematice se vztahuje tzv. Hickův zákon (Hick, 1952; Hyman, 1953), v němž platí, že lineárně stoupá reakční doba se zvýšením počtu generovaných podnětů. Na existenci tohoto vztahu lze usuzovat i z výsledků studie Sanderson (1983). Tuto přímou úměru potvrzují i výsledky studie Gignac a Vernon (2004).

S objektivním posouzením vlivu zkušenosti (tréninkové praxe) na hodnoty této proměnné u šermířů odlišných výkonnostních úrovní souvisí vytvoření optimálních podmínek pro vlastní měření. Principiálně jde o přiblížení měření reálným podmínkám, v nichž může nastat situace, že by některý z podnětů měl být ignorován. V případě předložené práce bylo v této souvislosti využito systému Fitrosword umožňujícího do jisté míry tyto podmínky simulovat. Jeden z generovaných podnětů využitých ve výzkumu zvyšoval celkový počet možných

podnětů, ale nesouvisel s pohybovou reakcí šermířů. Tímto systémem byl v rámci sledovaných skupin ověřován rozdíl v reakční době s využitím tzv. „dodatečné“ stimulace, která měla vytvořit podmínky, kterým je šermíř vystaven i v průběhu zápasu.

Předpokladem bylo, že zkušení (elitní) šermíři budou podnět „dodatečné“ stimulace (RDS3) vyhodnocovat podobně jako při působení dvou podnětů (RDS2) a že šermíři ze skupin nižších výkonnostních úrovní budou tento podnět vyhodnocovat jako třetí podnět (RDS3), což zvýší hodnoty složité RD.

Oproti obvyklému měření RD na reaktometru, kdy testovaná osoba reaguje na vizuální podnět stlačením příslušného tlačítka prstem ruky, simulovalo zařízení použité v tomto výzkumu reálné podmínky: šermíř stojí ve střehové pozici a reaguje činností paže na stimulaci soupeře. Zároveň bylo tímto postupem respektováno tvrzení Pain a Hibs (2007) upozorňující na skutečnost, že různé části těla mohou díky delší dráze vedení signálu a rozdílnému účelu motoriky (jemná vs. hrubá) různou reakci. Z uvedeného vyplývá, že mohou existovat intraindividulární rozdíly v hodnotách RD měřených na odlišných zařízeních.

Skutečnost, že mezi šermíři nebude zjištěn rozdíl v hodnotách jednoduché RD, se dal očekávat. Je totiž jednak geneticky silně podmíněná, jednak ji nelze dostatečně účinně ovlivnit tréninkem, na což upozorňují například Měkota a Novosad (2005) nebo Sergienko (2000). Toto potvrzují i studie zaměřené na zjišťování rozdílu jednoduché RD mezi sportující a nesportující populací (Barcelos et al. 2009; Kida et al., 2005), ve kterých nebyl prokázán rozdíl v hodnotách této proměnné mezi uvedenými skupinami. Podobné výsledky byly zjištěny i v předložené práci. Rozdíl se neprojevil ani při srovnávání výsledků dvojic skupin (A vs. B, B vs. C, A vs. C). Tato zjištění jsou v kontrastu se závěry Borysiuk (2008a, 2008b) a Tyshler a Tyshler (1995) informujících, že zkušení šermíři mají kratší jednoduchou RD než začátečníci. Je však nutno upozornit, že v těchto měřeních bylo využito jiného měřicího zařízení, kdy testované osoby reagovali vsedě na podnět stiskem tlačítka na reaktometru.

V předložené práci nebyly mezi skupinami zjištěny rozdíly v hodnotách RDS2 ani RDS3 (obrázek 4.2). Uvedené výsledky podporují platnost Hickova zákona u všech tří skupin šermířů. Tento závěr je však v rozporu s předpokladem, že na elitní šermíře nebude mít „dodatečná“ stimulace vliv na zvyšování hodnot RD. Podobná zjištění uvádějí i Gutierrez-Davila et al. (2013). V jejich studii také nebyl prokázán rozdíl ve složité RD mezi elitními a subelitními šermíři. Zároveň nelze potvrdit tvrzení Fontani et al. (2006) či Schmidt a Wrisberg (2008), že zkušení sportovci mají nižší hodnoty složité RD.

Výsledky práce jasně poukazují na to, že všechny sledované skupiny dosahovaly podobných hodnot CDV (nebyl prokázán významný rozdíl). Zároveň je nutné připomenout,

že u šermířů skupin A a B byl zjištěn výrazně nižší podíl hodnot RDV na CDV než u šermířů skupiny C (obrázek 4.3). Mezi skupinou A a C byl zjištěn významný rozdíl (tabulka 4.4) v hodnotách RDV ($p = 0,0067$, $d = 0,51$). Mezi skupinami B a C byl sice rozdíl patrný, ale neprojevil se jako významný ($p = 0,0636$, $d = 0,35$).

Vysvětlení lze opřít o zjištěné rozdíly v aktivaci MDA a následné motorické činnosti ozbrojené paže. Včasná aktivace tohoto svalu a činnost ozbrojené paže zřejmě dává elitním a subelitním šermířům časový prostor pro účelnou koordinaci pohybu v průběhu výpadu. Pro technicky správné provedení výpadu může být považován za podstatný také podíl RDV na CDV. Lze se tedy domnívat, že čím jsou nižší hodnoty RDV při výpadu, tím delší jsou časové možnosti pro efektivní koordinaci pohybu. RDV byla u skupiny C zjištěna na úrovni 47 % z CDV, u skupiny B na úrovni 38 % a u skupiny A na úrovni 35 %. Významný rozdíl (CDV vs. RDV) byl prokázán (tabulka 4.4) pouze mezi skupinami A a C ($p = 0,0054$, $d = 0,53$). Z tohoto výsledků lze usuzovat na skutečnost, že elitní šermíři oproti začátečníkům při výpadu rychleji reagují na podnět a mají časově delší pohybový čas výpadu. Zkrácením RDV tedy může vzhledem k CDV vzniknout časový prostor pro uplatnění „optimální“ aktivace svalů při výpadu. Tyto výsledky částečně podporují závěry studie Williams a Walmsley (2000a) upozorňující na skutečnost, že elitní šermíři mají při výpadu kratší RDV než začátečníci. Nelze však souhlasit s tvrzením, že elitní šermíři mají kratší CDV. Ve studii Williams a Walmsley (2000b) autoři zmiňují, že u elitních šermířů byla RDV registrována na úrovni 40 % z CDV a u začátečníků na úrovni 66 %. Tyto hodnoty jsou ve srovnání s výsledky této práce výrazně vyšší. Je ovšem nezbytné upozornit na odlišnosti v použitém zařízení, které na výsledné hodnoty měly nepochybně vliv.

Z uvedeného je zřejmé, že šermíři ze skupiny A a B dosahovali nižších hodnot RDV, ale zároveň u nich nebyl zjištěn kratší pohybový čas výpadu (rozdíl mezi CDV a RDV) než u šermířů ze skupiny C. Lze předpokládat, že zkušenější (elitní, subelitní) šermíři měli zároveň delší časový prostor pro zaměření cíle ozbrojenou paží. Podobně se tento fenomén projevil i ve studii Rabbitt (1981) nebo Norrie (1974). Lze usuzovat, že technicky správné provedení výpadu není primárně založeno na rychlosti pohybu, nýbrž na optimální koordinaci pohybu. Na základě výsledků této práce nelze tedy potvrdit závěry Adrian a Klinger (1976) naznačující, že zkušenější šermíři provádějí výpad rychleji než šermíři méně zkušení.

Přestože nebyly zjištěny rozdíly v hodnotách RD měřených ve střehové pozici, dalo se očekávat, že bude zjištěn rozdíl v těchto proměnných při odlišném pohybovém úkolu souvisejícím s jinými nároky na koordinaci pohybu. V tomto případě byl sledován rozdíl mezi hodnotami RD při střehové pozici (RDV), kdy se na základě rozsvícení červené LED diody

prováděl výpad, a hodnotami RD při střežové pozici, kdy byl po rozsvícení stejné LED diody prováděn přímý bod (RDJ). Předpoklad, že nároky související s koordinací svalů zvýší hodnoty RD, byl potvrzen. Mezi skupinou A a C byl zjištěn významný rozdíl (tabulka 4.5) mezi RD při výpadu a RD při přímém bodu ($p = 0,0088$, $d = 0,5$). Mezi skupinou A vs. B a B vs. C se významný rozdíl neprojevil. U skupiny C byl rozdíl mezi hodnotami RD při výpadu a přímém bodu 63 ms, u skupiny B 23 ms a u skupiny A pouze 11 ms. Lze tedy tvrdit, že u elitních a subelitních šermířů jsou rozdíly mezi těmito proměnnými velice vyrovnané a zvýšení nároků na koordinaci budoucího pohybu u nich neovlivňují úroveň RD výrazně, zatímco u začátečníků je tento rozdíl zřejmý.

6 ZÁVĚRY

Z výsledků práce vyplývá, že mezi šermíři různé výkonnostní úrovně byly zjištěny rozdíly³ v měřených proměnných.

6.1 Aktivace svalů při výpadu

A) Pořadí vybraných dvojic svalů při výpadu

Mezi sledovanými skupinami šermířů nebyl zjištěn rozdíl v pořadí aktivace vybraných dvojic svalů (MRFO před MDA, MDA před MDM, MRFO před MRFV) vztažené celkové době výpadu (CDV).

B) Aktivace vybraných svalů při výpadu

Mezi elitními šermíři a začátečníky byl zjištěn rozdíl:

- v časové aktivaci MDA a TRV (elitní šermíři aktivovali MDA a TRV dříve než začátečníci),
- v časové aktivaci vztahu MRFO vs. MRFV (u elitních šermířů byl zjištěn delší časový rozdíl mezi aktivací MRFO a MRFV než u skupiny začátečníků).

³ Jako rozdíl je označen výsledek, kdy byl rozdíl současně statisticky významný a dosahoval minimálně středního efektu věcné významnosti v měřených proměnných mezi skupinami.

Mezi subelitními šermíři a začátečníky byl zjištěn rozdíl:

- v časové aktivaci MDA a MDM (subelitní šermíři aktivovali MDA a MDM dříve než začátečníci),
- v časové aktivaci vztahu MDA vs. MRFV (u elitních šermířů byl zjištěn delší časový rozdíl mezi aktivací MDA a MRFV než u začátečníků).

Mezi elitními a subelitními šermíři byl zjištěn rozdíl:

- v časové aktivaci MRFO vs. MRFV (u elitních šermířů byl zjištěn delší časový rozdíl mezi aktivací MRFO a MRFV než u skupiny subelitních šermířů).

6.2 Reakční doba (jednoduchá, složitá)

A) Jednoduchá reakční doba (RDJ)

Mezi sledovanými skupinami šermířů nebyl zjištěn rozdíl v jednoduché reakční době (jeden podnět) zjišťované ve střehové pozici s následným zasažením terče přímým bodem.

B) Složitá reakční doba (RDS2, RDS3)

Mezi sledovanými skupinami šermířů nebyl zjištěn rozdíl ve složitě reakční doby (dva až tři podněty) zjišťované ve střehové pozici s následným zasažením terče. Nebyl prokázán vliv „dodatečné stimulace na složitou reakční dobu s ohledem na výkonnostní úroveň sledovaných skupin šermířů.

C) Vztah reakční doby při výpadu a celkové doby výpadu (RDV vs. CDV)

Mezi elitními šermíři a začátečníky byl zjištěn rozdíl:

- v reakční době při výpadu (u elitních šermířů byla zjištěna kratší reakční doba při výpadu než u začátečníků),
- v pohybovém čase při realizaci výpadu (u elitních šermířů byl zjištěn delší pohybový čas výpadu než u začátečníků).

D) Reakční doba při odlišném pohybovém úkolu (RDV vs. RDJ)

Mezi elitními šermíři a začátečníky byl zjištěn rozdíl mezi hodnotami reakční doby při výpadu a reakční dobou při přímém bodu (u elitních šermířů byl zjištěn kratší časový rozdíl mezi RDV a RDJ než u začátečníků).

6.3 Doporučení pro praxi a další výzkum

Doporučení pro praxi

Sportovní dovednost není jen spontánní odpovědí svalového systému, ale je společně s CNS součástí komplexního procesu, a tudíž lze považovat za vhodný prostředek pro ovlivňování uvedených proměnných například trénink zrakového systému zaměřený na vizuálně motorickou výkonnost (reakce a koordinace vybraných segmentů těla na vizuální podnět, ovlivňování reakční doby). Ke stimulaci reakční rychlosti lze doporučit využití analytické metody, která předpokládá rozdělení struktury pohybu na dílčí části, které jsou nejprve stimulovány odděleně a následně komplexně. Pozitivní efekt této intervence se pozitivně projevuje také například u tenistů, střelců či fotbalových brankářů. Lze předpokládat, že v šermu by mohlo mít ovlivňování reakční doby a svalové koordinace po výskytu vizuálního podnětu zásadní vliv na sportovní výkon.

Výsledky této práce mohou být využity při organizaci sportovní přípravy šermíře v tréninkovém procesu s důrazem na zlepšování úrovně reakční doby a svalové koordinace při výpadu.

Výsledky vypovídající o časové souvztažnosti svalů při výpadu lze implementovat v tréninkovém procesu s přihlédnutím k „optimálnímu“ modelu zahájení pohybu, který je uplatňován u skupiny elitních šermířů.

Doporučení pro další výzkum

Činnost svalů v průběhu pohybu by v dalších studiích bylo možné sledovat prostřednictvím SEMG se současným měřením vynaloženého svalového úsilí vztaženého k maximální volní kontrakci daného svalu či distribuci svalové síly při výpadu. Další alternativou možného výzkumu může být exaktní přístup v podobě kombinace EMG a

kinematické analýzy se současným dynamometrickým měřením síly při výpadu (například síla vynaložená při odrazu na Kistlerově desce). Lze sledovat rovněž rozdíly v bioelektrickém napětí svalů prostřednictvím SEMG před realizací výpadu u výkonnostně odlišných skupin šermířů. Výsledky takového výzkumu by doplnily závěry Borysiuk (2008a, 2008b), které naznačují, že elitní šermíři mají nižší bioelektrické napětí ve svalech při očekávání vizuálních, taktilních a audiálních podnětů než začátečníci. V případě realizace dalšího podobně zaměřeného výzkumu by bylo vhodné zařadit do šetření i svaly patřící do skupiny flexorů kolena, svalů gluteálních nebo *mm. vasti*.

V dalších výzkumech by bylo vhodné využití bezdrátově propojené elektrody s telemetrickým zařízením přijímající signály ze svalů. Výchozí poloha šermířů před výpadem, kdy měli šermíři umístěnou číšku kordu na vodorovné překážce, mohla způsobit při zvýšené motivaci testovaných osob sesmeknutí kordu z této překážky. Vhodnější by bylo využít mikropsínače, který by byl umístěn v číšce kordu a při pohybu paže vpřed by byl aktivován čas pro měření reakční doby.

Rozdíly v měřených proměnných, nejzjištěných v této práci, by se mohly projevit například ve studii s vyšším počtem testovaných osob. V předložené práci mohl mít na výsledky vliv malý rozsah skupin.

Předložená práce a její výsledky pojednávající o aktivaci svalů mohou svou povahou obohatit například oblast řízení pohybu či biomechaniku pohybu. Problematiku reakční doby lze konfrontovat s podobnými výzkumy v dalších sportovních disciplínách nebo se studii zabývajícími se vlivem sportovního tréninku na reakční doby. V této oblasti je nutné usuzovat na vliv tréninku, fyziologických zákonitostí a genetické podmíněnosti na reakční dobu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Adrian, M., & Klinger, A. (1976). A biomechanical analysis of the fencing lunge. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 8(1), 56.
- Arcelin, R., Delignieres, D., & Brisswalter, J. (1998). Selective effects of physical exercise on choice reaction processes. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 175-185.

- Balkó, Š., Balkó, I., & Süß, V. (2014). Analýza pohybové struktury výpadu u dvou výkonnostně odlišných skupin šermířů. *Studia Sportiva*, 1, 85-92.
- Balkó, Š., Jelínek, M., Kratochvílová, I., Týnková, H., & Hendl, J. (2012). Komparace timingu vybraných svalů participujících na výpadu u skupiny elitních šermířů a šermířů nižší výkonnostní úrovně. *Studia Kinanthropologica*, 13(3), 160-165.
- Barcelos, J. L., Morales, P. A., Maciel, R. N., Azevedo, M. M. A., & Silva, V. F. (2009). Time of practise: a comparative study of the motor reaction time among volleyball players. *Fitness Performance Journal*, 8(2), 103-109.
- Bartůňková, S. (2013). Sensorické funkce. In S. Bartůňková et al. (Eds.) *Fyziologie pohybové zátěže* (pp. 118-121). Praha: FTVS UK.
- Borysiuk, Z. (2008a). Psychomotor reactions in fencing dependence of stimuli type. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 10(3), 223-229.
- Borysiuk, Z. (2008b). The significance of sensorimotor response components and EMG signals depending on stimuli type in fencing. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 38(1), 43-54.
- 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.
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2009). *Nonparametric statistics for non-statisticians. A step-by-step approach*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J. (2011). Atlas for electrode placement. In E. Criswell (Ed.), *Cram's introduction to surface electromyography* (pp. 247-283). Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers.
- Criswell, E. (2011). *Cram's introduction to surface electromyography*. Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers.
- Czajkowski, Z. (2005). *Understanding Fencing: the unity and practise*. Staten Island, NY: SKA Swordplay Books.
- Davranche, K., Audiffren, M., & Denjean, A. (2006). A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 323-329.
- De Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 135-163.
- Delignières, D., Brisswalter, J., & Legros, P. (1994). Influence of physical exercise on choice

- reaction time in sport experts: the mediating role of resource allocation. *Journal of Human Movement Studies*, 27, 173-188.
- Enoka, R. (2008). *Neuromechanics of human movement*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Fontani, G., Lodi, L., Felici, A., Migliorini, S., & Corradeschi, F. (2006). Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. *Perceptual and Motor Skills*, 80(4), 308-317.
- Gholipour, M., Tabrizi, A., & Farahmand, F. (2008). Kinematics analysis of lunge fencing using stereophotogrametry. *World Journal of Sport Sciences*, 1(1), 32-37.
- Geil, D. M. (2002). The role of footwear on kinematic and plantar foot pressure in fencing. *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 155-162.
- Gignac, G. E., & Vernon, P. A. (2004). Reaction time and the dominant and non-dominant hands: An extension of Hick's Law. *Personality and Individual Differences*, 36, 733-739.
- 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.
- Havel, Z., & Cihlář, D. (2011). Vybrané neparametrické statistické postupy v antropomotorice. Ústí nad Labem: PF UJEP.
- Hendl, J. (2009). *Přehled statistických metod: analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál.
- Hick, W. E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1), 11-26.
- Hug, F., & Dorel, S. (2009). Electromyographic analysis of pedaling: a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 182-198.
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188-196.
- Cheris, E. (2002). *Fencing. Step to Success*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Iida, Y., Miyazaki, M., & Uchida, S. (2010). Developmental changes in cognitive reaction time of children aged 6-12 years. *European Journal of Sport Science*, 10(3), 151 – 158.
- Janda, V. (1996). *Funkční svalový test*. Praha: Grada Publishing.
- Kida, N. Oda, S., & Matsumura, M. (2005). Intensive baseball practise improves the Go/No go reaction time, but not the simple reaction time. *Brain Research Cognitive Brain Research*, 22(2), 20-27.

- Konrad, P. (2005). The ABC of EMG. A practical introduction to kinesiological electromyography [Web log comment]. Retrieved from <http://demotu.org/aulas/control/ABCofEMG>
- Krobot, A., & Kolářová, B. (2011). *Povrchová elektromyografie v klinické rehabilitaci*. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta zdravotnických věd.
- Lee, W. A. (1980). Anticipatory control of postural and task muscles during rapid arm flexion. *Journal of Motor Behavior*, 12, 185-196.
- Měkota, K. & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: FTK UPOL.
- Norrie, M. L. (1974). Effects of movement complexity on choice reaction and movement times. *Research Quarterly*, 45, 154-161.
- Pain, M., & Hibbs, A. (2007). Sprint stars and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sport Sciences*, 25(1), 79-86.
- Pavelka, R. (2011). *Kineziologická analýza úderu horní končetinou ve sportovním karate* (Disertační práce, FTVS UK Praha). Retrieved from <http://www.ftvs.cuni.cz/images/stories/Pavelka.pdf>
- Rabbitt, P. M. A. (1981). *Sequential reactions in human skills*. New York: John Wiley.
- Sanderson, F. H. (1983). The effect of directional uncertainty on reaction time and movement time in a fencing task. *Journal of Sports Sciences*, 1(2), 105-110.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: A situation-based learning approach*. 4th ed. Champaign IL: Human Kinetics.
- Schneider, R., Grüner, M., Heiland, A., Keller, M., Kujanová, Z., Peper, M.,... Walach, H. (2006). Effects of expectation and caffeine on arousal, well-being and reaction time. *International Journal of Behavioral Medicine*, 13(4), 330-339.
- 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*. Paper session presented at 1st 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), 440-451.

- Stewart, S. I., & Kopetka, B. (2005). The kinematic determinants of speed in the fencing lunge. *Journal of Sports and Science*, 23(2), 105.
- Szilagyi, T. (1993, July). *Dynamic characterisation of fencing lunge*. Paper session presented at the International Society of Biomechanics XIVth Congress, Paris.
- Špulák, D., Čmejla, R., Mikulíková, P., Bezoušková Paulů, J., & Kračmar, B. (2012). *Muscle activity detection using emg envelope thresholding—comparison of various approaches*. Paper session presented at the 20th Annual Conference Proceeding's Technical Computing, Bratislava.
- Štulrajter, V. (1987). Situation-specific reaction time measurement in sportsmen (fencers). *Activitas Nervosa Superior*, 29(3), 170-171.
- Tanaka, K., Hasegawa M., Kataoka, T., & Katz, L. (2010). The effect of self-position and posture information on reaction time. *International Journal of Computer Science in Sport*, 9(3), 4-14.
- Travell, J. G., & Simons, D. G. (1999). *Myofascial pain and dysfunction: the triggerpoint manual. Upper half of body*. Baltimore: && Wilkins.
- Tu, J. H., Lin, Y. F., & Chin, S. Ch. (2010). The influence of ball velocity on court illumination on reaction time for tennis volley. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 56-61.
- Tyshler, D., & Tyshler, G. (1995). *Fencing*. Moscow: Physical Education and Science Press.
- 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 Sport*, 3(4), 460-475.