

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Fakulta tělesné výchovy a sportu**

José Martího31, 162 52 Praha 6 - Veleslavín

Autoreferát disertační práce

**Změny vybraných parametrů posturální stability a úspěšnost střelby  
moderních pětibojařů v rámci kombinované disciplíny při modelovém  
zatížení**

Mgr. Sylvie ČERNÁ

*Vědní obor:* Kinantropologie

*Školící pracoviště:* Laboratoř sportovní motoriky

*Školitel:* Prof. Ing. Václav BUNC, CSc.

*Místo konání výzkumu:* Laboratoř sportovní motoriky

*Vedoucí laboratoře:* Prof. Ing. Václav BUNC, CSc.

*Práce byla podpořena:*

Studie vznikla za podpory VZ MŠMT ČR MSM 0021620864

## ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V poslední době se ve sportu čím dál tím častěji pozornost soustřeďuje na stabilitu stoje. Stabilometrie se už nevyužívá jen v klinické praxi nebo rehabilitaci, ale nachází své uplatnění i ve sportu. Zejména při posouzení vlivu různých forem tělesného zatížení na parametry stability stoje. Tyto informace jsou důležité hlavně ve sportech, kde je potřeba v průběhu zvýšeného fyzického zatížení zaujímat a udržet vysokou úroveň stability. Mezi tyto sporty řadíme například gymnastiku, voltž na koních, biatlon a v poslední době i moderní pětiboj.

Střelba jako důležitá disciplína moderního pětiboje může být posturální stabilitou do značné míry ovlivněna. Schopnost udržet stabilní postoj je důležitým faktorem ovlivňujícím provedení střelby s možným podílem na úspěšnosti. Jako komplexní tělesná funkce, která je zabezpečována nervosvalovým, vestibulárním a zrakovým systémem, může být ovlivňována řadou faktorů (např. věk, pohlaví, zdravotní a psychický stav, úrazy a další). Dobrou posturální stabilitu lze charakterizovat nízkou oscilací těžiště těla ve všech směrech. Každý jedinec má pro tuto schopnost různou míru vrozených dispozic, které je možné tréninkem rozvíjet a zdokonalovat.

Funkci posturálního systému však ovlivňují i probíhající neurofyzilogické změny, jako např. měnící se funkce vnitřních orgánů, psychické procesy atd.

Od 1. 1. 2009 došlo ke změně pravidel moderního pětiboje. Byla zavedena kombinovaná disciplína, která spojuje běh a střelbu ze vzduchové pistole. Podobně jako je v biatlonu spojen běh na lyžích se střelbou z pušky. Z tohoto důvodu hraje i v moderním pětiboji nezanedbatelnou roli právě stabilní postoj. Kromě výše uvedených faktorů hraje roli také fakt, že samotná střelba je prováděna mezi úseky značného fyzického zatížení, daného během. V naší práci se tedy budeme zabývat vztahem fyzické zatížení vyplývající z běhu – posturální stabilita a posturální stabilita – střelecký výkon.

Nám dostupná literatura se sledovanou problematikou v souvislosti s moderním pětibojem zabývá pouze okrajově. Využití studií týkajících se biatlonistů a střelců specialistů je limitované specifikami jednotlivých sportů. U biatlonu spočívá podobnost ve střelbě při zatížení. Rozdílem oproti biatlonu je pak délka zatížení a její struktura a dále střelba z pušky na místo z pistole.

Závěry ze studia vlivu zatížení na střelbu u biatlonistů jsou tedy jen omezeně aplikovatelné na moderní pětiboj. U střelců specialistů hraje roli především fakt, že střelba probíhá v klidu, a že pistolových disciplín je několik s dalšími odlišnostmi od moderního pětiboje.

Možné poznatky, které bychom mohli získat z provedených experimentů, mají kromě teoretického významu i aplikační charakter. A to především kvůli vlivu volby strategie dávkování zatížení mezi střeleckými položkami. Tento vliv může hrát roli především z hlediska různé typologie závodníků – lepší střelec / běžec. Zdroje dostupné z portálů s databázemi vědecké literatury *Web of science*, *Sport discuss* a *Web of Knowledge* se sledované problematiky dotýkají nedostatečně. Z dostupné literatury vyplývá, že otázka volby vhodné strategie pro kombinovanou disciplínu v moderním pětiboji není prozatím uspokojivě zodpovězena.

## SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Význam střelby v moderním pětiboji v rámci kombinované disciplíny není zatím důkladně probádán. V několika málo studiích, které jsou k dispozici, je střelbě přisuzován velký význam především po přechodu na kombinovanou disciplínu, která je jednou z hlavních determinant celkového výsledku závodu.

Autoři se shodují, že hlavními faktory ovlivňujícími střelecký výkon jsou technika, psychika závodníka a vnější podmínky. Po stránce techniky střelby kladou autoři největší důraz na stabilitu střeleckého postoje, dýchání a rytmus prováděných střeleckých úkonů (míření, zdvih pistole, nabíjení a spouštění).

Se stabilitou střeleckého postoje přímo souvisí posturální stabilita. Zde bychom rádi poznamenali, že posturální stabilitu v naší práci uvažujeme z biomechanického pohledu. Co se vztahu posturální stability a střeleckého výkonu týče, většina autorů se shoduje na tom, že stabilní postoj je předpokladem úspěšné střelby. Závěry výzkumů v této oblasti jsou ovšem nejednoznačné, důvodem jsou nehomogenní vzorky (střelba z pušky – pistole, soubor obsahující jak vrcholové sportovce, tak amatéry). Vliv zatížení na posturální stabilitu byl zkoumán na různých druzích zatížení, jak po stránce intenzity, tak i typu sportu (cyklistika, běh, běh na lyžích). Výsledky experimentů se shodují na tom, že zatížení negativně ovlivňuje posturální stabilitu.

Vliv zatížení na posturální stabilitu a střelecký výkon je z hlediska naší práce nejdůležitější. Dosavadní výzkum se zabýval pouze biatlonem. Důvodem je, že až do změny pravidel v moderním pětiboji, byl biatlon pravděpodobně jediným sportem, kde byla zařazena střelba v rámci vytrvalostního sportu - víceboje. Výsledky experimentů prováděných v biatlonu se shodují na negativním vlivu zatížení na střelecký výkon.

Shrnutí poznatků obsažených v teoretické části nám jasně ukazuje, které oblasti jsou pro budoucí výzkum důležité. Z našeho pohledu je to především vliv posturální stability a zatížení na výsledky střelby z pistole.

## **CÍLE A HYPOTÉZY**

### **Cíl:**

Cílem naší práce bylo analyzovat vliv zatížení na posturální stabilitu a určit závislost mezi posturální stabilitou a výsledkem/úspěšností střelby.

### **Hypotézy:**

- H1: Běžecké zatížení na ANP signifikantně ovlivňuje vybrané parametry posturální stability.
- H2: Úspěšnost střelby je negativně ovlivněna předchozím běžeckým zatížením na ANP v rámci kombinované disciplíny.
- H3: Snížení posturální stability negativně ovlivňuje úspěšnost střelby u moderních pětibojařů.
- H4: Snížení posturální stability vede ke větší míře pohybu pistole.
- H5: Před výstřelem bude více zatížena levá dolní končetina.
- H6: Vyšší rychlost pohybu pistole negativně ovlivňuje výsledek střelby.

## **METODIKA**

Vzhledem k charakterům kombinované disciplíny jsme jako experimentální design zvolili kvaziexperiment s časovou řadou, který je námi sledované situace nejbližší.

### **Charakteristika výzkumného souboru**

Soubor tvořili juniorští reprezentanti ČR v moderním pětiboji (4 juniorky a 6 juniorů). Probandi se pravidelně zúčastňovali ME a MS v dané kategorii s medailovými úspěchy. Největší úspěchy získali v soutěži družstev a štafet (bronz v mix štafetách na MEJ 2010, stříbro na MEJ 2009 a bronz na MSJ dorostu 2008 ve štafetách).

### **Organizace výzkumu**

Měření posturální stability, běžeckého zatížení a výsledků střelby probíhalo v Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS.

Posturální stabilita střeleckého postoje byla měřena na přístroji Kistler výrobce Kistler Holding AG, Winterthur, Switzerland. Měření posturální stability bylo prováděno při střelbě ze vzduchové pistole do terče vzdáleného 10m. Střelba byla rozdělena do čtyř střeleckých položek po sedmi výstřelech, tedy při každé položce vystřelil proband sedmkrát na terč. Zadání pro probandy bylo střílet v závodním režimu, tedy co nejpřesněji a nejrychleji. Druhé, třetí a čtvrté střelecké položce předcházelo běžecké zatížení, které probandi absolvovali na běžeckém ergometru. Hlaveň vzduchové pistole byla vybavena snímacími markery CODA motion pro kinematickou analýzu.

Experiment byl prováděn v červenci 2010. V tomto období reprezentanti absolvovali poslední soustředění před MS juniorů a Olympijskými hrami mládeže. Tréninkové jednotky byly upraveny tak, aby probandi absolvovali testování za srovnatelných závodních podmínek. Testování proběhlo v jednom dni.

## **Výběr testů**

### ***Posturální stabilita***

Posturální stabilita střeleckého postoje byla měřena na dvou deskách Kistler snímajících působící sílu v čase. Dvě desky byly použity z důvodu možnosti vyhodnocení posturální stability samostatně pro levou a pravou dolní končetinu. Každá deska má rozměry 60 x 40 x 3,5 cm. Snímací frekvence byla 400 Hz. Doba snímání 50 s na sedmíranou střeleckou položku. Pro následnou analýzu byl vybrán vzorek 0,5 s před výstřelem.

### ***Hodnocení výsledku střelby***

Probandi stříleli čtyři položky vždy po sedmi ranách do střeleckého terče o průměru 15,6 cm (průměr černého segmentu 5,95 cm), viz obrázek 9 v příloze, vzdáleného 10 m. Všichni probandi byli praváci, každý z nich měl svoji pistoli Steyer LP2 4,5 mm. Pro hodnocení střelby byla použita bodová škálou od 0 – 10, kdy za zásah středu (o průměru 1,2 cm) získává střelec 10 bodů. Se zvětšující se vzdáleností od středu se postupně snižuje bodové hodnocení až k 1 (každé mezikruží 0,8 cm).

### ***Běžecské zatížení***

Běžecské zatížení bylo prováděno na běžecském ergometru. Každý proband absolvoval tři kilometrové úseky. Intenzita zatížení byla zvolena podle individuální hodnoty ANP.

### ***Kinematická analýza***

Pro vyhodnocení polohy a pohybu bodů v prostoru byl použit kinematický analyzátor CODA Motion System (Charmwood Dynamics Limited, Leicestershire, England). Tento přístroj se skládá ze snímacích jednotek CX1 detekujících signál z jednotlivých senzorů. Aktivní senzory mají velikost 10 mm a upevňují se na body, které jsou důležité pro kinematickou analýzu. Snímání probíhá s přesností 0,1 mm v rozsahu záběru 6 m. Měření bylo provedeno snímací frekvencí 400 Hz. Snímací jednotka byla umístěna na hlavní pistole. Snímání probíhalo po celou dobu střelby. Pro následnou analýzu byl vybrán úsek 0,5 s před výstřelem.

## Metody vyhodnocování výzkumných údajů

Pro vyhodnocení výsledků jsme použili metody základní popisné statistiky: míry centrální tendence - aritmetický průměr, míry variability – rozptyl, směrodatná odchylka. Pro otestování typu rozdělení náhodné veličiny byly použity testy dobré shody a Kolmogorov-Smirnov.

Pro vyhodnocení závislostí, kdy vysvětlovaná veličiny byla spojitá s normálním nebo logaritmicke normálním rozdělením a vysvětlující kategoriální proměnnou byla použita metoda ANOVA s  $F$  statistikou. V případě logaritmicke normálního rozdělení jsme použili transformaci  $X \sim Norm(\mu, \sigma^2)$ , pak  $\ln(X) \sim LogNorm(\mu, \sigma^2)$ . Pro vyhodnocení po stupňovaném zatížení jsme pak použili Multivariate ANOVA (repeated measurements) a statistiku Wilkovo  $\lambda$ .

Závislosti typu kdy všechny veličiny (vysvětlované, vysvětlující) jsou kategoriální, jsme vyhodnocovali pomocí  $\chi^2$  testu pro kontingenční tabulku.

Pro závislosti, kdy vysvětlovaná veličina nemá normální rozdělení a nedá se jednoduše transformovat, jsme použili neparametrickou ANOVA a Kruskal-Wallisův test s testovací statistikou  $\chi^2$ .

Pro vyšetření závislosti spojitých veličin jsme použili korelační analýzu a Pearsonův korelační koeficient.

Pro získání vizuální představy o charakteristikách náhodných veličin a sledovaných závislostech jsme použili box plot, Q-Q plot, histogramy, korelační diagramy a grafy empirických distribučních funkcí.

Hladina významnosti pro zamítnutí hypotézy  $\alpha = 0.05$ . Tuto hodnotu jsme zvolili v souladu s obecnými zvyklostmi při testování statistických hypotéz. Pro testování věcné významnosti jsme použili koeficient  $\omega^2$  podle Blahuše (2000).

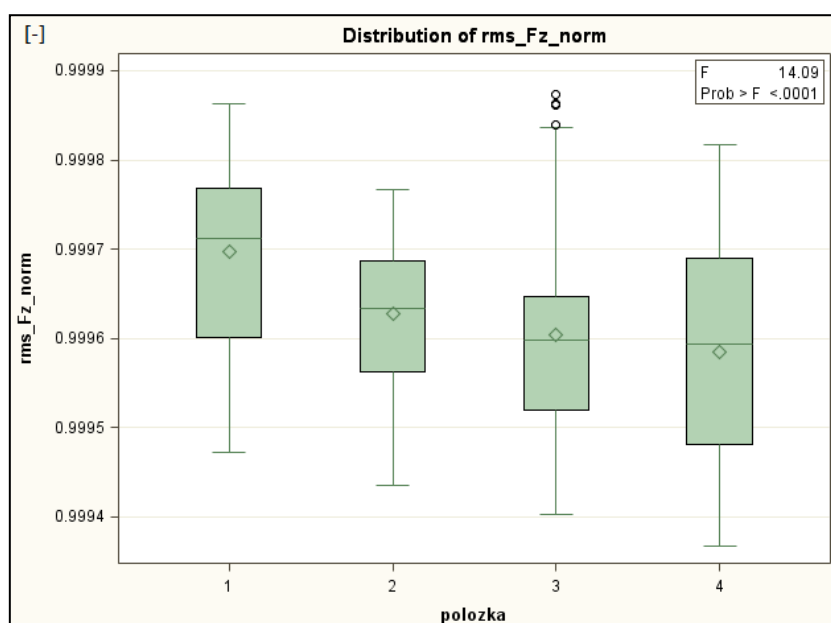
Data byla zpracována softwarem SAS a MS Excel.

## DISKUZE

### Závislost mezi běžeckým zatížením a posturální stabilitou

Pro souhrnný test závislosti *posturální stabilita* – *zatížení* (graf 1), můžeme závislost potvrdit ( $p < 0.01$ ,  $\omega^2 = 0.41$ ). Při vzájemném testu mezi jednotlivými stupni zatížení jsme potvrdili závislost mezi všemi kombinacemi kromě 2. – 3. a 3. – 4. střelecké položky. Na to poukazují i studie (Seljunin & Fomin, 1988), kde u biatlonistů se snižuje úspěšnost střelby na poslední střelecké položce a první výstřel v položce bezprostředně po zatížení. Délka narušení rovnováhy je závislá na typu zatížení (Nardone et al., 1998; Derave, et al., 2002), většina autorů negativní vliv zatížení na posturální stabilitu stoje přisuzuje únavě. Zejména svalové únavě, a to zejména z hlediska vyčerpání energetických rezerv CP a ATP (Baker et al., 1993). Dalším faktorem souvisejícím s typem zatížení – během mohou být i otřesy hlavy, na které poukazuje Hagbarth & Macefield (1995) a Peterka & Benolken (1995).

Graf 1: Box plot analýzy rozptylu souhrnné posturální stability  $\text{rms\_Fz\_norm} = f(\text{položky})$





Interpretace těchto výsledků je následující. Nejmarkantnější rozdíl jsme zjistili mezi první položkou a ostatními položkami a přisuzujeme ho nulovému stupni zatížení před první střeleckou položkou. Rozdíly v posturální stabilitě mezi dalšími položkami se snižují ( $p > 0.05$ ) v korelaci se snižujícími se rozdíly v SF. Snižování rozdílů v SF je způsobeno adaptací organismu na zatížení.

Svou roli hrál také design testu, kdy stupňovitost zatížení byla dána jen tím, kolik proband absolvoval předcházejících běžeckých úseků a tedy kumulaci únavy. Souvislost můžeme nalézt i mezi typem zatížení, které moderní pětibojaři absolvují při soutěžích a na které se připravují. Velká část kombinované disciplíny se výkonově odehrává na ANP (1. a 2. běžecký úsek) případně mírně nad (samozřejmě s přihlédnutím k individuálním odlišnostem ve strategii dávkování tempa). Z toho vyplývá i adaptace na zatížení při třetí a čtvrté střelecké položce. Podobných výsledků dosáhli Nardone et al. (1997) a ve své studii zjistili vztah mezi spotřebou kyslíku a parametry posturální stability při zatížení nad úrovní ANP.

### **Závislost mezi zatížením a výsledkem střelby respektive posturální stabilitou a výsledkem střelby**

Při zkoumání závislosti mezi výsledkem střelby a běžeckým zatížením jsme došli k závěru, že za podmínek daných designem kvaziexperimentu, nedochází k ovlivňování výsledku střelby stupňujícím se zatížením ( $p > 0.05$ ). Pokud problém převedeme do roviny závislosti mezi posturální stabilitou a výsledkem střelby opět dojdeme k závěru, že výsledek střelby není ovlivněn zhoršením posturální stability ( $p > 0.05$ ). Po provedení testů mezi jednotlivými stupni zatížení (kumulativním počtem absolvovaných střeleckých úseků) jsme opět dospěli k závěru, že hypotézu o nezávislosti nezamítáme.

Nesignifikantní rozdíly u sledovaného parametru posturální stability ve střeleckém postoji (všechny položky  $F = 1.25$ ,  $p = 0.2735$ , položky po zatížení  $F = 1.91$ ,  $p = 0.0701$ ) mohou být způsobené několika důvody.

Prvním z nich mohou být velmi malé četnosti pro horší zásahy, dokonce nejnižších bodových hodnocení nebylo při experimentu vůbec dosaženo (nejnižší bodové hodnocení, kterého bylo dosaženo, bylo 3).

Mononen et al. (2006) a Era et al. (1996) prokázali závislost výsledku střelby z pušky na posturální stabilitě, kdy při zhoršení posturální stability došlo zároveň ke zhoršení

výsledků střelby. Zde je ovšem zřejmý rozdíl mezi střelbou z pušky a pistole, kdy u pušky můžeme předpokládat mnohem větší citlivost na výchyly těla. Oproti tomu při střelbě z pistole budou horní končetiny fungovat jako stabilizátor. O tom se zmiňuje jak Mason, Cowan & Gonczol (1990) tak i Ball, Best & Wrigley. (2003b). Ve své studii uvádějí, že horní končetina, která drží pistoli, se pohybuje nezávisle na pohybu těla.

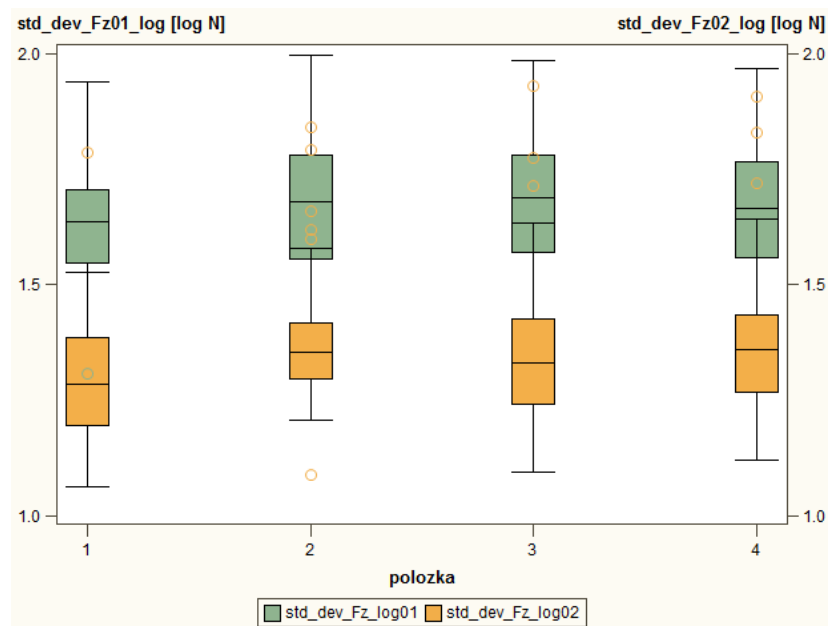
Dalším z možných důvodů je relativně vysoká trénovanost probandů, na což poukazuje i Era et al. (1996). Výsledky střelby vykazovaly závislost na parametrech posturální stability u netrénovaných jedinců ve srovnání s vrcholovými střelci.

Podle Zicháčka (2004) lze do trénovanosti jedince zahrnout, kromě schopnosti udržet stabilní stoj, i faktory jako je míření, spouštění, dýchání a rytmus střelby. Ondráček (1999) uvádí jako jeden z nezanedbatelných vlivů i psychický tlak, který se při střelbě projevuje a který vyplývá z obav o výsledek střelby.

### **Analýza vlivu rozložení zatížení mezi levou a pravou dolní končetinou**

Potvrdili jsme slabý až střední stupeň korelace ( $r = 0.3876$ ,  $p < 0.01$ ) pro směrodatnou odchylku vertikální složky (*std\_dev\_Fz\_01* respektive *02*). Z toho vyplývá, že při střelbě existuje závislost mezi zatížením levé a pravé dolní končetiny (graf 2).

**Graf 2: Box plot posturální stability levé a pravé dolní končetiny  $std\_dev\_Fz\_log01(02) = f(\text{položky})$**



Prokázalo se, že mezi levou a pravou dolní končetinou existuje signifikantní rozdíl co do velikosti směrodatné odchylky vertikální složky působících sil  $std\_dev\_Fz$  ( $p < 0.01$ ,  $\omega^2 = 0.99$ ). První závěr vysvětlujeme individuálně voleným střeleckým postojem, který souvisí se zažitým stereotypem a tělesnou stavbou sportovce. Dále různým typem kompenzace odchylky pistole, především rozdíly mezi dorovnávaním pomocí paže/pistole a s pomocí celé horní části těla. Na jedinečnost střeleckého postoje poukazuje i Skanaker a Antal (2008) - neexistuje žádný ideální postoj, každý střelec si musí najít svoji individuální ideální pozici, vycházející z jeho tělesné stavby, která mu poskytuje nejvyšší posturální stabilitu s vynaložením nemenšího nutného úsilí. Závěr o rozdílech rozptýlenosti mezi levou a pravou dolní končetinou zdůvodňujeme možným zatížením jedné z dolních končetin více než druhé.

To může být způsobeno vychýlením těžiště od osově roviny dolních končetin, které je dáno předpažením se současným držením pistole. Hmotnost pistole je přibližně 1,5 kg a tedy vytváří významný moment síly, který musí být vyrovnán přenesením hmotnosti na zadní (levou) dolní končetinu. Svou roli hraje také poloha druhé neozbrojené paže, která je opět individuální (opření v bok, zcela uvolněná podél trupu, nebo zavěšená za pas). Naproti tomu Skanaker a Antal (2008) tvrdí, že tělesná hmotnost spočívá rovnoměrně na obou chodidlech.

Dále jsme se zabývali vlivem běžického zatížení na rozložení hmotnosti mezi obě dolní končetiny. Pomocí metody Repeated measure ANOVA jsme neprokázali rozdíl ( $p = 0.67$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ) pro jednotlivé položky a dolní končetiny. Pro zadní (zatíženou levou) dolní končetinu jsme neprokázali závislost směrodatné odchylky na běžickém zatížení ( $p = 0.054$ ,  $\omega^2 = 0.01$ ). Což je v souladu s dosavadními výsledky. Naproti tomu se prokázala závislost průměrné síly vyvolané zadní (levou) dolní končetinou na zatížení ( $p < 0.01$ ,  $\omega^2 = 0.32$ )

Interpretace je taková, že hmotnost je přenesena na zadní (levou) dolní končetinu kvůli vyrovnání momentu síly daném držením pistole (tím se také zvyšuje celkový moment setrvačnosti soustavy střelec – pistole). Přední (pravá) dolní končetina je více stabilní a po zatížení se nevýznamně zvyšuje směrodatná odchylka působící síly ( $p = 0.049$ ,  $\omega^2 = 0.01$ ). Zadní (levá) dolní končetina je tedy hlavním kontributorem v závislosti posturální stability – zatížení, což je logické, protože její příspěvek má větší váhu, než dolní končetina přední (pravá), na které spočívá méně hmotnosti.

Je důležité zmínit intraindividuální odlišnosti mezi probandy, které vyplývají z tabulky 36, z které můžeme vidět, že někteří probandi zatěžují více přední (pravou) končetinu. Svou

roli hraje silová vybavenost, kdy silově více vybavení jedinci jsou schopni dorovnávat moment pistole pouze zapojením svalů (horní končetiny) a nikoliv vychýlením trupu.

Na tyto aspekty poukazuje i Brych (1987). Míra posturální stability postoje se zbraní je dána i zafixováním trupu. Nejpohyblivější části trupu jsou části v krajině kyčelní, v oblasti páteře a ramen (Brych, 1987). Přílišné zaklonění trupu, nebo vědomé a viditelné povolení břišních svalů má za následek porušení posturální stability, které lze nejlépe dosáhnout ve vzpřímené poloze. Vzpřímená poloha také vytváří podmínky pro přirozené držení hlavy.

### **Kinematická analýza pohybu pistole**

Dalším a posledním bodem ve zkoumání střelby pětibojařů po běžeckém zatížení byla takzvaná kinematická analýza pohybu pistole, která nám měla zodpovědět otázku kompenzace výkyvů trupu a případně separátního pohybu paže jako dalšího faktoru negativně ovlivňujícího výsledek střelby. I podle Mason, Cowan a Gonczol (1990), Zatsiorsky a Aktov, (1990), Konttinen, Lyytinen a Viitasalo (1998), Ball, Best a Wrigley (2003), Mononen et al. (2007) je dalším předpokladem pro úspěšnou střelbu minimální pohyb pistole v průběhu míření před výstřelem.

Při zkoumání pohybu pistole jsme se zabývali podobnými otázkami jako při testování posturální stability. Nejprve jsme se zabývali problémem pohybu pistole v závislosti na běžeckém zatížení. Jako signifikantní se ukázal rozdíl mezi první a druhou položkou ( $p = 0.002$ ,  $\omega^2 = 0.27$ ) tedy pistole vykazovala méně výrazný pohyb při střelbě bez předcházejícího zatížení než při střelbě po zatížení. Tento jev se shoduje s výsledkem, kterého jsme dosáhli u posturální stability. Vlivem může být větší SF, svalový třes atd. Zajímavým jevem je mírné snížení pohybu pistole pro třetí a čtvrtou položku v porovnání s položkou druhou. Důvodem může být získání potřebného rytmu daného synchronizací výstřelu a frekvence dechu. Získání rytmu tedy předchází „zpracování“ při druhé střelecké položce.

Dále jsme se zabývali závislostí výsledku střelby na pohybu pistole. Co se posturální stability týče, závislost jsme neprokázali. Z tohoto závěru vyplynula zajímavá otázka, týkající se pohybu paže držící pistoli, který přímo nemusí souviset s pohybem trupu. Tedy zda nám pohyb paže vnáší při výstřelu další odchylku, která již může zhoršit výsledek střelby. Z výsledků statistické analýzy zamítáme hypotézu o závislosti ( $p > 0.05$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ). Důvodem jsou další významné vlivy, jako záměrný bod před výstřelem a správné načasování výstřelu, na což ostatně také poukazují ostatní výzkumy zabývající se pohybem pistole

ve vztahu k výsledku střelby, kdy byla prokázána pouze slabá závislost ( $r = 0,2$ ) (Mason, Cowan & Gonczol, 1990).

Zatsiorski a Aktov (1990), Viitasalo et al. (1999) a Konttinen, Landers a Lyytinen (2000) - důležité je tedy načasování spouštění, které může ovlivnit výsledek střelby a rozptyl ran. Nehybnost těla i pistole při střelbě vstoje je ukazatel koordinované práce všech částí pohybového aparátu sportovce. Posturální stabilita těla i pistole závisí ve značné míře na povaze připravovaných činností, obzvláště při míření. Jsou-li pohyby neovládané a nekoordinované, dochází k častým a značným výkyvům pistole. Jsou-li pohyby plynulé, úměrné a cílevědomé, vedou ke znehybnění pistole.

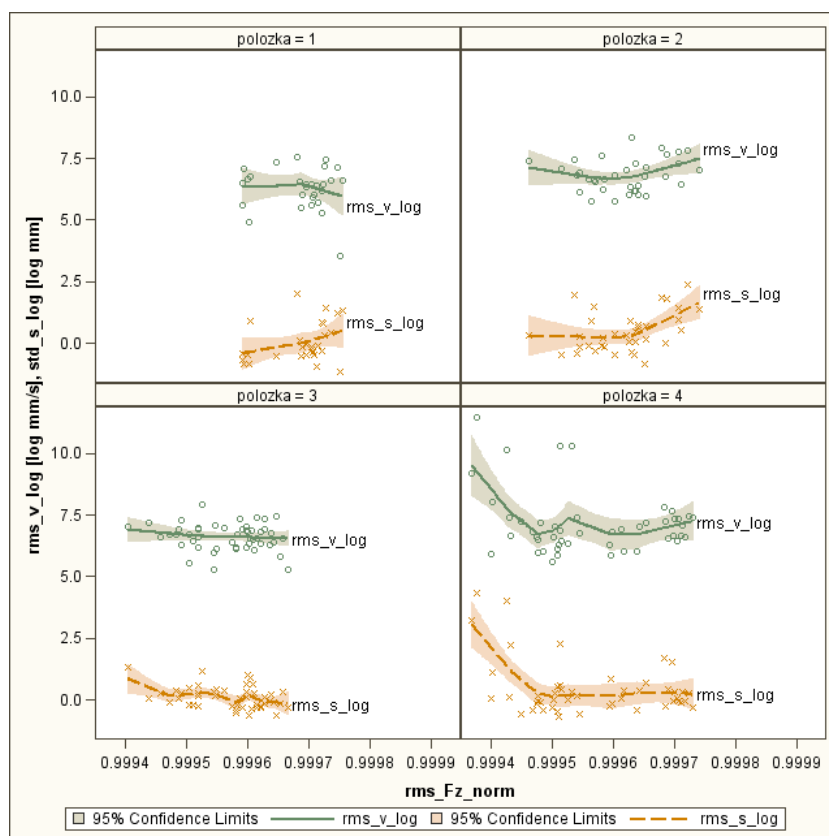
Dále Včela (2009) poukazuje na to, že zamíření je okamžitý stav, je to poloha zbraně vůči terči v určitém okamžiku a Brych (2008), že schopnost jemně koordinovat pohyby těla i pistole při míření, která zajišťuje dostatečně dlouhé znehybnění v okamžiku výstřelu, je jednou z nejdůležitějších specifických schopností střelce. Klíčovou roli může hrát i určité zastavení zbraně v okamžiku výstřelu, o kterém se zmiňuje i Provazník (1984) - v souvislosti s tím je možno pozorovat i určité zastavení zbraně v okamžiku výstřelu. Naproti tomu Tang et al. (2008) prokázali signifikantní rozdíl týkající se pohybu paže před výstřelem u vrcholových a amatérských střelců.

Všechny tyto faktory mají bez pochyby vliv na úspěšnost střelby a kinematickou analýzou pohybu pistole jsou buď vůbec anebo přinejlepším velmi obtížně postižitelné.

Dalším bodem bylo, podobně jako u posturální stability, testování závislosti na pořadí výstřelu a tedy na zotavení po běžeckém zatížení. Hypotézu o závislosti opět zamítáme ( $p > 0.05$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ). Zdůvodnění tohoto jevu vychází podobně jako u posturální stability jen z krátkého odstupu od ukončení běhu. Sedmi-ranou položku probandů absolvují za cca 33-45s, za tak krátkou dobu při zadržování dechu při každé ráně nedochází k výraznému poklesu SF a tím pádem se redukuje možnost ovlivnění pohybu pistole. Dalším významným faktorem je zvládnutí dýchání na což poukazuje i Fořt (1979, 1983). Kryl (1979) hovoří o nejméně rovnocenném vlivu dechové frekvence na střelbu v porovnání s SF a tím i jako důležitou podmínku úspěšné střelby, schopnost synchronizace střelby s dýcháním a SF. Podle Hoška (1979) se nejen vedlejší operace, jako je práce s pistolí, ale i dýchání, které se přizpůsobuje rytmu střelby, musí dostat pod vědomou kontrolu závodníka. Vzhledem k vysoké trénovanosti probandů může synergie těchto vlivů vést k situaci, kdy se korelace mezi posturální stabilitou při střelbě a dobou zotavení (pořadím výstřelu) již neprojeví.

Posledním bodem v našem zkoumání bylo přímé posuzování posturální stability a pohybu pistole. Zkoumali jsme korelaci mezi veličinami  $rms\_v\_log$  respektive  $std\_s\_log$  a  $rms\_Fz\_norm$ . Prokázali jsme slabý stupeň korelace ( $r = -0.2298$ ,  $p = 0.0034$  respektive  $r = -0.1464$ ,  $p = 0.0647$ ). Nejsilnější závislost se ukázala pro 4. střeleckou položku (což je vidět z LOESS diagramu graf 3), která byla nejvíce ovlivněna předcházející běžeckým zatížením. Důvodem může být nakumulovaná únava z přecházejících běžeckých úseků. Ještě na 3. položce nepozorujeme zvýšení míry pohybu pistole, na 4. položce již pro nižší hodnoty posturální stability dochází ke zväšenému pohybu pistole. Jako závěr tedy můžeme konstatovat, že celková posturální stabilita slabě ovlivňuje pohyb pistole, což se projevuje především ve stavu organismu po běžeckém zatížení. Nicméně v našem případě za podmínek daných především intenzitou zatížení se neprokázalo ovlivnění výsledků střelby.

**Graf 3: Korelační diagramy s LOESS křivkou závislosti rychlosti (dráhy) pohybu pistole  $rms\_v\_log = f(rms\_Fz\_norm)$ ,  $std\_s\_log = f(rms\_Fz\_norm)$  pro jednotlivé položky**



## ZÁVĚR

Střelba z pistole po zatížení se ve sportovní praxi vyskytuje pouze v moderním pětiboji. Vzhledem k teprve nedávné změně pravidel v moderním pětiboji, je tato práce jednou z prvních, zabývajících se posturální stabilitou při střelbě z pistole následující po zatížení. Z tohoto pohledu bylo obtížné zvolit design studie i následné porovnání výsledků s dalšími autory. Literatura se zabývá buď biatlonem, kde se ovšem střílí z pušky, nebo střelci z pistole – specialisty.

Můžeme konstatovat, že naměřená data nám umožnila zodpovědět vznesené hypotézy:

H1: Běžecké zatížení na ANP signifikantně ovlivňuje vybrané parametry posturální stability.

Vliv běžeckého zatížení na posturální stabilitu jsme potvrdili ( $p < 0.01$ ,  $\omega^2 = 0,41$ ).

H2: Úspěšnost střelby v rámci kombinované disciplíny je negativně ovlivněna běžeckým zatížením na ANP.

Hypotézu o vlivu běžeckého na úspěšnost střelby jsme zamítli ( $p > 0.05$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ).

H3: Snížená posturální stabilita negativně ovlivňuje úspěšnost střelby u moderních pětibojářů.

Hypotézu o vlivu posturální stability na výsledky střelby jsme zamítli ( $p > 0.05$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ).

H4: Snížení posturální stability vede k větší míře pohybu pistole.

Prokázali jsme slabý stupeň korelace mezi posturální stabilitou a pohybem pistole ( $r = -0.2298$ ,  $p = 0.0034$ ).

H5: Před výstřelem bude více zatížena levá dolní končetina.

Hypotézu potvrzujeme, před výstřelem byla více zatížena levá dolní končetina ( $p < 0.01$ ,  $\omega^2 = 0,99$ ).

H6: Vyšší rychlost pohybu pistole negativně ovlivňuje výsledek střelby.

Hypotézu o závislosti výsledku střelby na rychlosti pohybu pistole jsme zamítli ( $p > 0.05$ ,  $\omega^2 = 0.00$ ).

I přesto, že se za daných podmínek neprokázala závislost posturální stability a výsledků střelby, považujeme zařazení tréninku posturální stability za nezbytnou součást komplexního tréninku moderního pětibojaře. Důvodem je potvrzení závislosti posturální stability na běžecké zátěži. Navíc z našeho výzkumu vyplynula řada nezodpovězených otázek. První z nich je otázka závislosti při stupňovaném zatížení vyšší intenzity nad ANP. Další otázkou je volba strategie stupňování tempa i s přihlédnutím k času strávenému na střelnici – zohlednění rytmu střelby sportovců s horší posturální stabilitou, kdy srovnatelného výsledku při střelbě může být dosaženo za cenu delší doby míření.

Závěrem můžeme konstatovat, že práce má spíše implikace teoretické než pro praktické využití v tréninkové a závodní praxi. V tomto směru se můžeme opět odkázat na neprobádanost dané oblasti. Věříme, že poznatky získané v rámci této práce poslouží dalším autorům, kteří se budou věnovat problematice posturální stability při zatížení.

## VYBRANÉ BIBLIOGRAFICKÉ CITACE

1. Ball, K., Best, R. & Wrigley, T. (2003a). Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intraindividual analysis. *Journal of Sport Sciences* 21, 559–556.
2. Ball, K., Best, R. & Wrigley, T. (2003b). Inter- and intra-individual analysis in elite sports: pistol shooting. *Journal of Applied Biomechanics* 19, 28–38.
3. Bent, L.R., Mc Fadyen, B.J. & Inglis, J.T. (2005). Vestibular contributions during human locomotor tasks. *Exercise and Sports Science Reviews* 33 (3), 107 – 113.
4. Derave, W., Tombeux, N., Cottyn, J., Pannier, J. L. & Declercq, D. (2002). Treadmill exercise negatively affects visual contribution to static postural stability. *International Journal of Sport Medicine* 23(1), 44-49.
5. Era, P. & Heikkinen, E. (1985). Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *Journal of Gerontology* 40 (3), 287 -295.
6. Gros Lambert, A., Grappe, F., Candau, R. & Rouillon J. D. (1998). Cardio-ventilatory responses in biathlon standing shooting. *Science & Sports*, 13(3), 135-137.



7. Higginson, B. K., Heil, D. P. & Conant, S. B. (2002). Effect of exercise intensity on shooting performance in elite-level summer biathletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (5), 26.
8. Hoffman, M. D. & Street, G. M. (1992). Characterization of the heart rate response during biathlon. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 270 – 273.
9. Horak, F. B. (2006) Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*, 35, 107–111.
10. Horak, F. B. (1997). Clinical assessment of balance disorders. *Gait & Posture*, 6, 76 – 84.
11. Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-657-1
12. Konttinen, N., Landers, D. M. & Lyytinen, H. (2000). Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10, 169–177.
13. Konttinen, N., Lyytinen, H. & Viitasalo, J. (1998). Rifle balancing in precision shooting: Behavioral aspects and psychophysiological implication. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8 (2), 78—83
14. Kondysková, P., Janura, M., Elfmark, M. & Zicháček, M. (2003). Hodnocení posturální stability členů reprezentace České republiky v letním biatlonu. In *Nové poznatky v kinantropologickém výzkumu*, 92-96. Brno: MU
15. Le Meur, Y., Hausswirth, CH., Abiss, Ch., Baun, Y. & Dorel, S. (2010). Performance factors in the new combined event of modern pentathlon. *Journal of Sport Sciences* 28(10), 1111-1116.
16. Lepers, R., Bigard, A. X., Diard, J. P., Gouteyron, J. F. & Guezennel, C. Y. (1997). Posture control after prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76, 55-61.
17. Mason, B., Cowan, C. & Gonczol, T. (1990). Factors affecting accuracy in pistol shooting. *Excel* 6, 2–6.
18. Mononen, K., Konttinen, N., Viitasalo, J. & Era, P. (2006) Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sport* (17), 180–185

19. Mundil, L. (1984). *Zkušenosti ze střelecké přípravy biatlonistů. Obzor MBS*. Praha: ÚV Svazarmu, 11, s. 20 - 21.
20. Nardone, A., Tarantola, J., Giordano, A. & Schieppati, M. (1997). Fatigue effects on body balance. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 105, 309 – 320.
21. Nováková, H. (1995). *Posturální stabilita sportovních střelců*. Praha: FTVS UK, Sportovní výzkumné centrum.
22. Pai, Y. (2003). Movement termination and stability in standing. *Exercise and Sports Science Reviews*, 31 (1), 19 – 25.
23. Paugschová B. (2000) Teória a metodika športovej prípravy v biatlonu. Banská Bystrica: UMB
24. Petrovič, P. (2004). Niektoré faktory ovplyvňujúce presnosť streľby v biatlone. In Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou, *Nové trendy univerzitného športu po vstupe do európskej únie*. Bratislava: PEEM, s. 44 - 48. ISBN 80-89197-08-6.
25. Shumway-Cook, A. & Horak, F. B.(1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Physical Therapy*, 66, 1548 – 1550.
26. Skanaker, R. & Antal L. (2008). *Sportovní střelba z pistole*. Praha: Naše vojsko. ISBN 80-206-0841-9.
27. Tang, W. T., Zhang, W. Y., Huang, C. C., Young, M. S. & Hwang, I. S. (2008). Postural tremor and control of the upper limb in air pistol shooters. *Journal of Sport Sciences*, 26 (14), 1579-87.
28. Véle, F., Čumpelík, J. & Pavlů, D. (2001). Úvaha nad problémem „stability“ ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* 8, 103-105.
29. Viitasalo, J. T., Era, P., Kontinen, N., Mononen, H., Mononen, K., Norvapalo, K. & Rintakoski, E. (1999). The posture steadiness of running target shooters of different skill levels. *Kinesiology*. 31,18–28.
30. Zemková, E. (2005). *Fyziologické mechanismy narušenia stability postoja po zaťažení. Habilitační práce*. Bratislava: FTVŠ
31. Zicháček, M. (2004) *Řízení tréninkové přípravy biatlonistů na základě analýzy výsledků závodů v biatlonu*. Disertační práce. Brno: Fakulta sportovních studií MU.