

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

KATEDRA VOJENSKÉ TĚLOVÝCHOVY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí bakalářské práce:

**PhDr. Michal Vágner, Ph.D.**

Vypracoval:

**Bc. Václav Zdražila**

**Praha 2016**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou (diplomovou) práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Václav Zdražila

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými parametry.

**Jméno a příjmení:                      Fakulta/katedra:                      Datum vypůjčení      Podpis**

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat PhDr. Michalovi Vágnerovi, Ph.D. za odborné vedení práce, praktické rady a trpělivost při nespočtech konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petrovi Kubovému za pomoc při měření a rady pro analýzu a zpracování dat.

# **Abstrakt**

## **Název práce**

Vliv výstroje a výzbroje na držení těla při střelecké poloze v kleku

## **Cíle**

Cílem této práce je zjistit vliv výstroje a výzbroje na držení těla při střelecké poloze v kleku. Konkrétně je v této práci zkoumán vliv nesené zátěže na držení těla, stabilitu míření a rovnováhu vysoké a nízké varianty střelecké polohy v kleku.

## **Metody**

Jedná se o empirickou práci observačního charakteru. Střelecká poloha byla testována pomocí kamerového systému Qualisys a tlakových podlahových desek Kistler. Měření bylo provedeno na 16 studentech Vojenského oboru o průměrném věku 23 let (směrodatná odchylka 2,63 let). Měření probíhalo ve čtyřech úrovních, a to bez zátěže, s lehkou zátěží 15 kg, se střední zátěží 30 kg a těžkou zátěží 45 kg. Měření bylo provedeno na vysoké variantě kleku i na nízké variantě se zapřením lokte o přední koleno. Intraindividuální porovnání výsledků se provedlo pomocí T-testu.

## **Výsledky**

Zátěž ve formě výstroje a výzbroje měla statisticky významný - negativní vliv na držení těla při střelecké poloze v kleku. Použitá výstroj a výzbroj způsobila nižší polohu trupu, u nízkého kleku navíc větší natočení ramen, menší stabilitu míření a menší kontrolu nad rovnováhou v poloze. Čím více váha výstroje a výzbroje stoupala, tím více negativní měla dopad na držení těla v kleku. Nízká varianta polohy v kleče měla oproti vysoké statisticky významný - negativní vliv pouze na natočení ramen v poloze při zátěži 45 kg. Naopak statisticky významný - pozitivní vliv měla nízká varianta na stabilitu míření a u zátěže 15 a 45 kg i na rovnováhu v poloze.

## **Klíčová slova**

Držení těla, stabilita, míření, střelecká poloha, Qualisys, Kistler, výstroj, výzbroj

# **Abstract**

## **Title**

Impact of gear and weaponry on posture in kneeling shooting position

## **Objectives**

The aim of this thesis is to find out the impact of gear and weaponry on posture in the kneeling shooting position. Specifically, this study examines the influence of carried load on posture, aiming stability and balance in the high and low kneeling shooting position variants.

## **Methods**

This thesis has an empirical observational character. The shooting position was tested by Qualisys camera system and Kistler pressure plates. The measurement was performed on 16 Military department students with mean age of 23 years (standard deviation 2,63 years). Measurements were carried out in four levels, with no load, light load of 15 kg, mean load of 30 kg and heavy load of 45 kg. The measurement was performed on high kneeling variant and the low variant with elbow supported by the front knee. Intra-individual comparison of the results of each level was determined by a T-test.

## **Results:**

The load in a form of gear and weaponry had a statistically significant – negative influence on the kneeling shooting position posture. Gear and weaponry used for this study caused a lower trunk position, increased shoulders angle in the low variant, lesser aiming stability and balance control in the position. The bigger was the weight of gear and weaponry, the more negative impact it had on the kneeling posture. The low kneeling shooting position variant had a statistically significant – negative influence only on the shoulders angle with the load of 45 kg. On the contrary, the low variant had an statistically significant – positive influence on aiming stability and balance with 15 and 45 kg load.

## **Keywords**

Posture, stability, aiming, shooting position, Qualisys, Kistler, gear, weaponry

# OBSAH

|          |                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Úvod .....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>Teoretická východiska práce .....</b>           | <b>13</b> |
| 2.1      | Střelecká příprava v AČR .....                     | 13        |
| 2.2      | Střelecký postoj.....                              | 13        |
| 2.2.1    | Střelecká poloha v kleku .....                     | 15        |
| 2.3      | Motorické předpoklady .....                        | 17        |
| 2.3.1    | Motorické schopnosti .....                         | 17        |
| 2.3.2    | Motorické dovednosti.....                          | 21        |
| 2.4      | Výstroj a výzbroj.....                             | 21        |
| 2.4.1    | Balisticky ochranné prostředky.....                | 22        |
| 2.4.2    | Taktické vesty .....                               | 25        |
| 2.4.3    | Batohy .....                                       | 25        |
| 2.4.4    | Zbraně a munice .....                              | 26        |
| 2.5      | Biomechanika .....                                 | 27        |
| 2.5.1    | Problematika držení těla.....                      | 28        |
| 2.5.2    | Reakce na zátěž .....                              | 28        |
| 2.6      | Záznam a analýza pohybu v prostoru .....           | 30        |
| 2.7      | Záznam a analýza sil v podložce .....              | 30        |
| <b>3</b> | <b>Cíle a úkoly práce, výzkumné hypotézy .....</b> | <b>33</b> |
| 3.1      | Cíl práce .....                                    | 33        |
| 3.2      | Výzkumné otázky .....                              | 33        |
| 3.3      | Hypotéza .....                                     | 33        |
| <b>4</b> | <b>Metodika práce .....</b>                        | <b>34</b> |
| 4.1      | Výzkumný soubor.....                               | 34        |

|          |                                                          |           |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2      | Metody výzkumu .....                                     | 34        |
| 4.3      | Sběr dat .....                                           | 34        |
| 4.3.1    | Umístění markerů.....                                    | 34        |
| 4.3.2    | Přístroje na měření .....                                | 35        |
| 4.3.3    | Organizace výzkumu.....                                  | 38        |
| 4.3.4    | Výstroj a výzbroj.....                                   | 39        |
| 4.4      | Analýza dat .....                                        | 41        |
| 4.4.1    | Kamerový systém.....                                     | 41        |
| 4.4.2    | Silové desky .....                                       | 45        |
| 4.4.3    | Porovnání vlivu .....                                    | 46        |
| <b>5</b> | <b>Výsledky .....</b>                                    | <b>48</b> |
| 5.1      | Vliv zátěže na držení těla.....                          | 49        |
| 5.1.1    | Průběh změn výšky horní části trupu při zátěži .....     | 49        |
| 5.1.2    | Test vlivu zátěže na výšku horní části trupu .....       | 50        |
| 5.1.3    | Průběh změn úhlu natočení při zátěži .....               | 51        |
| 5.1.4    | Test vlivu zátěže na úhlu natočení ramen .....           | 52        |
| 5.2      | Vliv zátěže na stabilitu míření .....                    | 54        |
| 5.2.1    | Průběh změn pohybu hlavně při zátěži .....               | 54        |
| 5.2.2    | Test vlivu zátěže na pohyb hlavně .....                  | 55        |
| 5.2.3    | Průběh změn v maximální odchylce záměrné při zátěži..... | 56        |
| 5.2.4    | Test vlivu zátěže na maximální odchylku záměrné .....    | 58        |
| 5.3      | Vliv zátěže na rovnováhu v poloze.....                   | 59        |
| 5.3.1    | Průběh pohybu krku při zátěži .....                      | 59        |
| 5.3.2    | Test vlivu zátěže na pohyb krku.....                     | 60        |
| 5.3.3    | Průběh pohybu kyčle při zátěži .....                     | 61        |
| 5.3.4    | Test vlivu zátěže na pohyb kyčle .....                   | 63        |



|           |                                                 |           |
|-----------|-------------------------------------------------|-----------|
| 5.3.5     | Průběh pohybu COP při zátěži .....              | 63        |
| 5.3.6     | Test vlivu zátěže na pohyb COP .....            | 64        |
| 5.4       | Vliv varianty střelecké polohy v kleku .....    | 65        |
| 5.4.1     | Vliv varianty kleku na držení těla .....        | 66        |
| 5.4.2     | Vliv varianty kleku na stabilitu míření.....    | 68        |
| 5.4.3     | Vliv varianty kleku na rovnováhu v poloze ..... | 70        |
| <b>6</b>  | <b>Diskuze.....</b>                             | <b>73</b> |
| <b>7</b>  | <b>Závěr .....</b>                              | <b>78</b> |
| <b>8</b>  | <b>Seznam použité literatury .....</b>          | <b>79</b> |
| <b>9</b>  | <b>Seznam obrázků.....</b>                      | <b>81</b> |
| <b>10</b> | <b>Seznam tabulek .....</b>                     | <b>82</b> |
| <b>11</b> | <b>Seznam grafů.....</b>                        | <b>83</b> |
| <b>12</b> | <b>Seznam příloh .....</b>                      | <b>84</b> |

## **Seznam použitých zkratk**

AČR – Armáda České republiky

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

UK – Univezita Karlova

QTM – Qualisys track manager (program pro pohybovou analýzu)

SAPI – Small Arms Protective Insert (ochranná vložka proti ručním zbraním)

NIJ – National Institute of Justice (Ministerstvo spravedlnosti Spojených států)

VO – Vojenský obor

NATO – North Atlantic Tactical Alliance (Severo-atlantická aliance)

MICH - Modular Integrated Communications Helmet

ACH - Advanced Combat Helmet

PASGT - Personnel Armor System for Ground Troops

EMG – Elektromyografie

COG – Center Of Gravity

COM – Center Of Mass

COP – Center Of Pressure

SD – Standard Deviation (směrodatná odchylka)

# 1 Úvod

V této práci se zabývám problematikou měření vlivu výstroje a výzbroje na držení těla při střelecké poloze v kleku. Toto téma jsem si vybral, protože je mi střelecká tematika blízká a také protože už mám zkušenosti s měřením a vyhodnocováním střeleckých postojů na kamerovém systému Qualisys. Při hledání dostupných zdrojů jsem zjistil, že je tomuto tématu věnována velká pozornost. Použité postupy těchto měření se však navzájem liší a dalo by se říci, že obecně daný postup jak takovýto vliv měřit, zatím není stanoven. Proto jsem se rozhodl ve své práci doplnit měření vlivu výstroje a výzbroje o střeleckou polohu v kleku, na kterém ještě takovému měření provedeno nebylo.

Střeleckou polohu v kleku jako takovou příslušníci ozbrojených složek po celém světě zaujímají ve své praxi velmi často. Může to být za různých situací, jako krátkého zastavení na patrole, kruhové obrany, anebo při střelbě samotné. Ve všech výše uvedených situacích jsou vojáci nuceni v této střelecké poloze provádět činnost s veškerou výstrojí a výzbrojí, kterou mají na sobě. Ta může ovlivňovat mnoho aspektů, jako je přesnost střelby nebo schopnost vojáka se přemístit. Hlavním aspektem, který je zkoumán v této práci je vliv této nesené zátěže na držení těla.

Problematika držení těla je velmi důležitá o čemž vypovídá také narůstající počet provedených studií. Jedná se především o to, že přirozené držení těla vojáka (v našem případě při střelecké poloze v kleku) bez zátěže, může být nesenou zátěží a jejím rozpoštěním více či méně negativně ovlivňováno. To může potencionálně zapříčňovat různé kloubní nebo svalové poranění, což je také dalším důvodem zpracování této studie. Tyto poranění můžou být buď akutního charakteru, které by byly způsobeny například pádem z nestabilní polohy, prudkými nárazy a podobně. Nebo se může jednat o poranění chronického charakteru, které by byly zapříčňeny dlouhodobě vadným držením těla nebo přetěžováním kloubů a svalů. Právě proto by měla výstroj vojáků nejen plnit svoje primární funkce podle určení, ale také být přizpůsobena tak, aby negativně neovlivňovala držení těla.

Během posledních několika let prošla výstroj vojáků značným vývojem a dnes mají ozbrojené složky členských států NATO k dispozici široký výběr kvalitních typů a výrobců výstroje a výzbroje, kteří tyto souvislosti při výrobě respektují. Mezi výstroj používanou dnešním vojákem, která má nezanedbatelný vliv na jeho držení těla můžeme zpravidla zařadit: balisticky ochrannou helmu, balistický nosič s balisticky ochranným

materiálem (balistická vesta případně s doplňky na ramena, rozkrok a krk), taktickou vestu (bez balistického materiálu) a batoh s dalšími 10 až 35 kg dalšího materiálu. Mezi výzbroj můžeme zařadit primární a sekundární zbraň, či jiné zbraně a nástroje nesené na a v batohu. Výstroj a výzbroj, kterou voják na sobě nosí v terénu se zpravidla mění podle úkolu, funkce vojáka a vnějšího prostředí. Celkový komplet však může mít 15 až 45 kg hmotnosti, která komplexně působí různě daleko od těžiště těla, různou mírou zatěžuje segmenty těla a posouvá jeho těžiště.

Práce je zaměřena na problematiku vlivu nesené zátěže na držení těla ve střelecké poloze v kleku.

## 2 Teoretická východiska práce

V teoretických východiscích práce se budu zabývat teoretickými předpoklady pro střelbu z pušky ve střelecké poloze v kleku, přičemž se zaměřím na podmínky ozbrojených a bezpečnostních složek ČR. Dále zde shrnuji biomedicínké a technické podklady za účelem měření střeleckého postoje pomocí systému Qualisys a Kistler.

### 2.1 Střelecká příprava v AČR

Střelecká příprava patří do vševojskového výcviku, kterým prochází každý příslušník AČR. Jeho základní požadavky na organizaci a způsob provádění nácviků střelby, cvičení střelb, bojových střelb a taktických cvičení s bojovou střelbou v rámci výcviku ve střelecké přípravě stanovuje předpis Vševojsk 4-2: Osnovy střelb z ručních zbraní a zbraní bojových vozidel (2010), který nabyl účinnosti dnem 1.října 2010

Podle tohoto předpisu je cvičení střelb přiblížením k reálnému boji, kde je dán důraz na to, aby při nácvicích střelby a cvičeních střelb byla vysoká variantnost, což v praxi znamená také využívání střelecké polohy v kleku. Střelecká poloha v kleku se pak používá hlavně kvůli využití překážky (skrytu) nebo jeho nízká varianta zejména pro zvýšení možnosti přesného zásahu. Nutno dodat, že při využívání překážky se může provedení kleku výrazně lišit od základního provedení střelecké polohy v kleku, což je způsobeno faktem, že překážky mohou být různě vysoké a klek se musí této překážce přizpůsobit.

### 2.2 Střelecký postoj

„O postojích si toho můžeme přecíst mnoho, některé jsou již přežitou historií, jiné zas vytvořeny sportem. Neexistuje univerzální a striktní verze střeleckého postoje. Jen stěží budeme hledat dva střelce, kteří by stříleli z totožného postoje. Postoj by měl respektovat určitou naši pohybovou přirozenost.“ (Černý a Goetz, 2004)

Obdobně s tímto výrokem uvádějí u sportovní střelby Skanaker a Antal (2007), že neexistují absolutně pevná a jednoduchá pravidla, jimiž by byl definován ideální postoj. Anatomie člověka hraje neméně důležitou roli v postoji. Dobrý stabilní postoj nabízí

střelci pevný základ, přitom ale není zdrojem nadměrného napětí zúčastněných svalových skupin.

Můžeme z toho tedy usoudit, že každý střelec má svůj individuální střelecký postoj, který nemusí nutně snižovat efektivitu jeho střelby. Totéž platí i pro jiné střelecké polohy.

Podle Černého a Goetze (2004) by měl střelecký postoj v obranné střelbě být hlavně stabilní, což je jedním z hlavních faktorů kontroly zpětného rázu při rychlé sérii opakovaných výstřelů.

Podle DVD Charváta a Müllera (2011, 2012) má však střelecký postoj zajišťovat nejenom stabilitu, ale i mobilitu, která především při dynamické střelbě je určujícím faktorem pro rychlost střelby, pro zaujetí střelecké polohy nebo také její rychlou změnu a umožňuje střelbu za pohybu.

K postoji dále Černý a Goetz (2004) uvádějí, že jeho zaujetí by mělo být rychlé, měl by umožňovat rychlý rozběh, či změnu polohy. V neposlední řadě by měl také umožňovat rotaci trupu do stran při přenášení střelby.

V praxi znamená takováto rotace trupu až o 90° na každou stranu od původního cíle, k němuž střelec zaujme postoj, aniž by musel měnit toto postavení nohou. Používá se zejména při rychlém přenášení na cíle ve velkém úhlu. Při větším úhlu než 90° je nutné stáhnout zbraň do pohotovostní polohy a překročením nově přizpůsobit postoj. (Černý a Goetz 2004)

Postoje se také liší podle toho, jestli střílíme z dlouhé nebo krátké zbraně. Krátkou zbraní můžeme střílet jednoruč, nebo obouruč. Je nutné také podotknout, že střelecké postoje, stejně jako střelecké polohy, prošly a stále prochází vývojem a dochází k jejich modifikacím. Vývoj střeleckých postojů je v praxi ovlivňován různými faktory, jako je typ používaných zbraní, zejména jejich váha a ráže, měnící se požadavky na přesnost/rychlost a také používaná výstroj vojáků.

## 2.2.1 Střelecká poloha v kleku

Střelecká poloha v kleku patří k jedním z mnoha poloh, kterých můžeme při bojové střelbě z krátké nebo dlouhé zbraně využít. Mezi další často používané polohy lze zařadit leh, dřep, sed a nejobvyklejší polohu – stoj. Pro účely bojové střelby má samozřejmě smysl pouze klek na jedné noze, který je pohotový, co se týče zaujetí polohy i přechodu do poloh jiných. Dle Charváta a Müllera (2012), a Černého a Goetze (2004), může poloha v kleče sloužit pro využití středně vysokého krytu, či zmenšení zásahové plochy střelce. Dalším důvodem k zaujetí této polohy, především u dlouhých zbraní, je zejména zvýšení možnosti přesného zásahu.

V praxi příslušníci ozbrojených složek nejvíce používají dvě varianty kleku, které Černý, Dušek a Vinduška (2013) rozdělují na střeleckou polohu v tzv. „vysokém a nízkém“ kleku, také známy jako klek bez a s oporou.

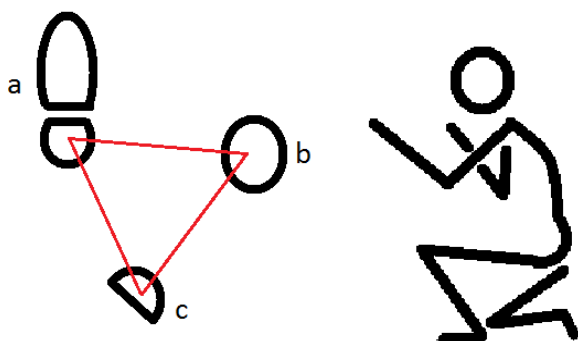
### 2.2.1.1 Vysoká varianta střelecké polohy v kleku

Vysoký klek se nepříliš liší od kleku používaného u krátkých zbraní. Jeho zaujmutí je rychlé, technicky nenáročné, umožňuje rychlejší a jednodušší přechod do jiné střelecké polohy a narozdíl od kleku s oporou umožňuje přenesení střelby až o  $\pm 90^\circ$  od původního směru střelby. Tato varianta kleku je vhodná jak pro brokovnice, tak pro rychlou střelbu puškou na krátké až střední vzdálenosti.

Charvát a Müller (2012) ve svém DVD popisují dvě možnosti zaujetí střelecké polohy v kleku a to buď zakročením zadní nohy nebo předkročením přední nohy. V obou případech má být šíře výsledného zakleknutí stejné, jako základní střelecký postoj (na šíři ramen) a pata přední nohy je zhruba na úrovni kolene nohy zadní. Těžiště těla je mírně posunutě vpřed a zadní část těla je opřena o patu zadní nohy, aby byla zajištěna větší kontrola zpětného rázu. Jako další pomůcku pro zaujetí kleku uvádí Černý a Goetz (2004), že místa doteku končetin střelce s podložkou téměř tvoří rovnostranný trojúhelník.

Dále Charvát a Müller (2012), stejně jako spousta dalších autorů, doporučují využívat kleku s levou i pravou nohou vepředu, bez ohledu na zapření zbraně (dominanci ruky). Hlavní důvod je zachování možnosti co nejlépe využít krytu, bez ohledu na to, jestli je pravý či levý. Pro standardizaci testování a pro zachování možnosti přejít

z vysokého kleku do nízkého, však uvádím jako základní střeleckou polohu v kleče s levou nohou vpřed, při zapření pažby do pravého ramene (pravá ruka střelce je dominantní). Při dominanci levé ruky střelce bude klek opačný.



obrázek 1 – Nalevo: a – přední (levé) chodidlo, b – koleno zadní (pravé) nohy, c – špička zadní (pravé) nohy. Napravo: pohled z boku (zdroj – autor)

### 2.2.1.2 Nízká varianta střelecké polohy v kleku

Nízký klek narozdíl od kleku vysokého, poskytuje stabilnější polohu a tím zvyšuje možnost přesného zásahu. Je to dáno nižším těžištěm těla a zapřením zadní části loktu (začátkem úponu tricepsu) nedominantní ruky o koleno přední. Černý, Dušek a Vinduška (2013) dále popisují dvě další varianty zapření lokte nedominantní ruky, přičemž každá má své zastánce a obvykle záleží na preferencích střelce. Jedinou zásadou zůstává, že vždy tvrdá plocha má být v kontaktu s měkkou. Tato varianta kleku neposkytuje možnost přenášet střelbu o víc než 15° od původního směru střelby a není možné do této pozice přejít z opačného kleku (přední noha v kleku a nedominantní ruka jsou na opačné straně).

Nízká varianta kleku vychází z jeho vysoké varianty a i pro tuto variantu platí stejné umístění nohou a opěrných bodů končetin. Do nízkého kleku proto nejlépe přejdeme z kleku vysokého pouze zapřením zadní části loktu o koleno přední nohy a nahrbením se v ramenech pro udržení horizontální polohy pušky. I pro tuto variantu platí, že váha je vpředu.



## 2.3 Motorické předpoklady

V této části se budu věnovat motorickým předpokladům, které hrají významnou roli při střeleckém postoji v kleku. Motorické předpoklady můžeme rozdělit na motorické schopnosti a motorické dovednosti. Motorické schopnosti se dále rozdělují na kondiční, koordinační a smíšené (hybridní) schopnosti. U kondičních schopností se budu zabývat pouze silovými a koordinačními, které jsou pro tuto činnost nejdůležitější. Vytrvalostní schopnosti nejsou pro naše měření důležité, protože se budeme zaměřovat pouze na držení těla při samostatném kleku, kde bude vliv únavy vyrušen dostatečným odpočinkem mezi měřeními. U koordinační schopnosti zmíním hlavně rovnovážnou schopnost a diferenční schopnost, které jsou důležité pro udržení stability při provádění kleku se zátěží. Dále je nutná koordinace pro udržení těžiště těla nad oporou těla při provádění celého cviku a schopnost přizpůsobení se měnícím se podmínkám, pro přizpůsobení měnící se zátěži.

### 2.3.1 Motorické schopnosti

Motorické schopnosti jsou základem pro jakoukoliv pohybovou činnost, tedy i samotné techniky střelby. Většina autorů se shoduje s názorem, že motorické schopnosti jsou skrytou (latentní) schopností a jako soubory vnitřních předpokladů člověka se projevují v pohybové činnosti.

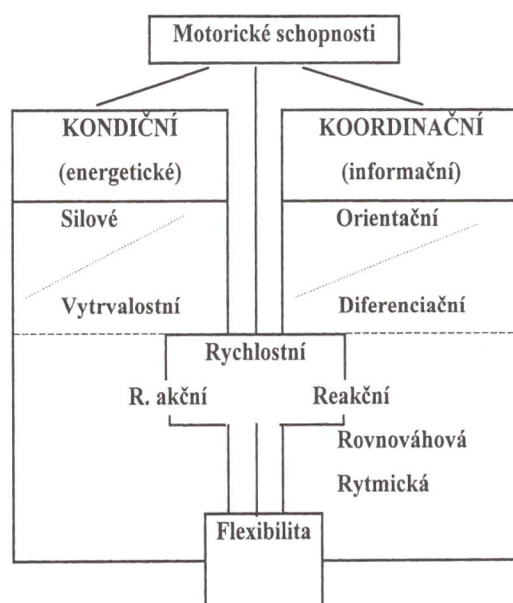
Podle Měkoty a Novosada (2005) jsou motorické schopnosti obecné kapacity jedince, projevující se ve výsledcích pohybové činnosti a v jistém ohledu limitují jeho výkonové možnosti.

„Motorická schopnost může být obecně vymezena jako soubor předpokladů (úspěšné) pohybové činnosti. Přesněji jde o souhrn či komplex vnitřních integrovaných předpokladů organismu. Pro některé z nich můžeme nalézt biologický základ (např. některé anatomické odlišnosti u mimořádně schopných jedinců), jiné se projevují ve fyziologických funkcích, především ve výsledcích pohybové činnosti.“ (Měkota a Blahuš, 1983)

Perič a Dovalil (2010) nazývají motorické schopnosti též jako pohybové schopnosti, podle nichž se pohybové schopnosti chápou jako relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti, v níž se také projevují.

Perič a Dovalil (2010) dále dělí pohybové schopnosti na kondiční a koordinační. Kondiční pohybové schopnosti popisují jako schopnosti, které výrazně podmiňují metabolické procesy a souvisejí se získáváním a využitím energie pro vykonávání pohybu. Pod kondiční schopnosti zařazují silovou, vytrvalostní a rychlostní schopnost. Schopnosti koordinační popisují jako procesy řízení a regulace pohybu a řadí pod ně schopnosti orientační, diferenciací, reakční, rovnovážné a rytmické.

K dělení podle Periče a Dovalila (2010) se ve své publikaci přiklání i Měkota a Novosad (2005) s tím rozdílem, že rychlostní schopnost uvádějí jako schopnost „hybridní“, která nemůže existovat bez podkladu obou dvou, kondiční i koordinačních schopností. Pro názornost uvádím jejich schéma na obr. 1.



obrázek 2 – Hrubá taxonomie motorických schopností (Měkota a Novosad, 2005)

K tomuto obrázku Měkota a Novosad (2005) uvádějí, že Kondiční schopnosti jsou determinovány převážně faktory a procesy energetickými. Řadí mezi ně schopnosti vytrvalostní, silové a zčásti i rychlostní. Koordinační schopnosti jsou podle nich podmíněny funkcemi a procesy pohybové koordinace, jsou spjaty především s řízením a regulací pohybové činnosti. Sem se řadí schopnosti orientační, diferenciací, reakční, rovnovážné, rytmické aj.

Dále uvádí, že mezi těmito skupinami stojí schopnosti „hybridní“, kondičně-koordinační. Protože žádný pohyb nemůže existovat bez podkladu strukturálního, energetického i řídicího, vyznačuje pojmenování jen typ schopnosti rozložením dominujících akcentů.

Jak ukazuje obr. 1, flexibilita se jako pohybová schopnost danému schématu vymyká, neboť se jedná spíše o systém pasivního přenosu energie.

Ve sředecké poloze v kleku s výstrojí se nejvíce projeví schopnosti silové a koordinační. Schopnosti silové hlavně kvůli schopnosti odolávat působení hmotnosti výstroje a výzbroje při kleku. Schopnosti koordinační hlavně pro jejich rovnovážnou a přizpůsobovací složku, jež jsou důležité pro udržení správného provedení kleku. V následujících kapitolách se budu těmito schopnostem věnovat podrobněji.

### **2.3.1.1 Silové schopnosti**

Silové schopnosti Perič a Dovalil (2010) definují jako schopnost překonávat vnější odpor svalovou kontrakcí. Dále tyto schopnosti podle vnějšího projevu dělí na statickou a dynamickou sílu, přičemž dynamická se dále dělí na výbušnou, rychlou, vytrvalostní a maximální sílu.

Z těchto silových schopností je pro zaujímání kleku se zátěží nejdůležitější síla maximální, která minimalizuje dopady zátěže na držení těla a síla statická, která napomáhá k udržení správného držení těla po celou dobu v kleku. V bojové střelbě nemůžeme opominout ani sílu rychlou, která determinuje, jakou dobu bude trvat vojákovi přejít do této polohy nebo z této polohy přejít do jiné.

### **2.3.1.2 Koordinační schopnosti**

Koordinační schopnosti, jinými autory nazývané jako obratnostní schopnosti, popisuje Dovalil a kol. (2008) jako komplex pohybových schopností lehce a účelně koordinovat vlastní pohyby, přizpůsobovat je měnícím se podmínkám, provádět složitou pohybovou činnost a rychle si osvojovat nové pohyby. Primární je při těchto činnostech funkce CNS a nižších řídicích center.

Dovalil a kol. (2008) také uvádí, že zatím není všeobecně přijímaná taxonomie koordinačních schopností. Nejčastěji se však ohledně koordinačních schopností rozlišují schopnosti: diferenční, orientační, rovnovážná, rytmická, spojování pohybů, přizpůsobení pohybu a reakční.

### **2.3.1.3 Rovnovážné schopnosti**

Dovalil a kol. (2008) definuje rovnováhu jako schopnost zachovávat stálou polohu těla v různých pohybech a postojích. Řídícím centrem je přitom vestibulární aparát ucha. Dále rozlišuje rovnováhu statickou a dynamickou. Jako příklady využití této schopnosti uvádějí ve sportovní a umělecké gymnastice (kladina, stoje ve výponu, apod.), lyžování, krasobruslení (jízda po jedné brusli) a úpolové sporty.

Tato schopnost je dalším důležitým předpokladem pro zaujetí a udržení obou variant polohy v kleku. Důležitost této schopnosti bude dále nabývat s přidáním zátěží, která zvýší těžiště testovaných a poloha bude tímto méně stabilní.

### **2.3.1.4 Schopnost přizpůsobování**

Dle Periče a Dovalila (2010) vychází tato schopnost z přizpůsobování vlastních pohybů vnějším podmínkám, ve kterých se pohyb provádí. Může se jednat buď o účelné využití přizpůsobení a upravení osvojených sportovních dovedností, nebo se může jednat o náročnou přestavbu nebo kombinaci několika osvojených dovedností. Dále uvádějí, že se tato schopnost uplatňuje zejména ve sportech s proměnnými podmínkami.

V bojové střelbě jsou proměnnými podmínkami hlavně cíle (postavení, charakteristiky), možnosti krytu a případně závady na zbrani. V našem případě jde o přizpůsobení dané střelecké polohy různým zátěžím, které různě působí na torzo těla.

## 2.3.2 Motorické dovednosti

„Dovednost se všeobecně chápe jako předem (učením) osvojený předpoklad ke správnému provedení či splnění požadovaného úkolu. Dovednosti neobyčejně zefektivňují lidskou činnost, s jejich pomocí, zejména kombinováním a přizpůsobováním akutním potřebám je možné úspěšně řešit i velmi složité úkoly. Vyznačují se stálostí, účelovostí, rychlostí provedení a ekonomičností. Čím vyšší je úroveň jejich osvojení, tím výrazněji se uvedené znaky projevují. Platí to i ve sportu.“ (Perič a Dovalil, 2010)

K tomuto názoru se připojuje i Měkota a Cuberek (2007), kteří motorickou dovednost definují jako motorickým učením získanou pohotovost k pohybové činnosti, k řešení pohybového úkolu a dosažení úspěšného výsledku. Perič a Dovalil (2010) se rozvojem těchto dovedností zabývají v technické přípravě, kterou charakterizují jako složku sportovního tréninku, která se zaměřuje na vytváření a zdokonalování sportovních dovedností. Pokud řekneme, že střelecká technika je nácvikem získaná motorická dovednost, pak místo termínu technická příprava, můžeme použít střelecká příprava.

## 2.4 Výstroj a výzbroj

Mezi výstroj používanou dnešním vojákem, která má nezanedbatelný vliv na jeho držení těla můžeme zpravidla zařadit: balisticky ochrannou helmu, balistický nosič s balisticky ochranným materiálem (balistická vesta případně s doplňky na ramena, krk a rozkrok), taktickou vestu (bez balistické ochrany) a batoh s dalšími 10 až 25 kg dalšího materiálu. Dále k výstroji patří všechny sumky s další výstrojí nebo výzbrojí, které voják nosí přímo na vestě nebo na batohu. Všechny tyto sumky se zásobníky, lékárníčkou apod, které nosí voják na samotné vestě ho často mohou přímo omezovat v rozsahu pohybu anebo dále přispívat k zatížení a ovlivňovat jeho postoj a posturální stabilitu.

K výzbroji vojáka AČR patří všechny nástroje, které jsou aktivně používány pro splnění úkolového cíle. Nejde tudíž pouze o zbraně a munici, ale může sem patřit například i radiostanice, dalekohled, přístroje pro noční vidění apod.

Z výše uvedeného patří k nejvíce používanému a zároveň nejvíce ovlivňující postavu vojáka zejména: primární a záložní zbraň, munice nesená na vestě a další výzbroj nesená na a uvnitř batohu.

Výstroj a výzbroj, kterou voják na sobě nosí v terénu se zpravidla mění podle úkolu, funkce vojáka i terénu samotného. Celkový komplet však může mít 15 až 45 kg hmotnosti, která komplexně působí různě daleko od těžiště těla, různou mírou zatěžuje segmenty těla vojáka a přispívá k posunu těžiště těla.

## **2.4.1 Balisticky ochranné prostředky**

Balisticky ochranné prostředky mají za úkol chránit život a zdraví uživatele před střelnými zbraněmi a jinými balistickými nebo mechanickými hrozbami, jako jsou střepiny a jiná tělesa o vysoké rychlosti a kinetické energii. V této kapitole se budu zabývat pouze osobními balisticky ochrannými prostředky, jako jsou helmy a vesty nebo případně jiné doplňky. Tyto prostředky mají konkrétně za úkol chránit hlavu a hrud' nebo jeho přilehlé oblasti jako ramena, krk a genitálie. Jak helma, tak vesta s doplňky jsou nošeny přímo na těle vojáků a tudíž mohou přímo ovlivňovat jejich mobilitu a držení těla.

V dnešní době existuje spousta firem zabývajících se výrobou takovýchto prostředků a z toho plyne jejich velký výběr. Všechny tyto prostředky se mohou od sebe navzájem lišit stříhem, balistickou odolností, použitým materiálem, hmotností, pořizovací cenou a samozřejmě použitelností ke konkrétním účelům.

### **2.4.1.1 Balistické vesty**

Černý (2008) píše o balistických vestách jako poslední jistotou před zmrzačením či smrtelným zraněním navzdory smůle či své velké chybě. Ochranná vesta totiž pomáhá „prominout“ menší schopnosti a soustředěnost uživatele, chybnou koordinaci a taktiku zákroku, pomalou reakci při použití zbraně nebo trestuhodné nevyužití blízkého krytu.

Balistické vesty také často plní funkci taktických vest. To znamená že nejen chrání uživatele před střelnými poraněními, ale také nabízejí možnost umístění sumek po své vnější ploše pro další výstroj a výzbroj, kterou zpravidla vojáci potřebují mít pohotově k dispozici.

Konstrukci balistické vesty dělí Krupica (2009) na tři prvky s rozdílným účelem. Balistický nosič, sloužící k nesení balistického materiálu a k jeho ochraně před povětrnostními vlivy, samotný balistický materiál a volitelná antišoková vložka.

Balistický materiál pak můžeme ještě rozdělit, jak z hlediska mechanických vlastností, tak z hlediska odolnosti, na „měkké“ balistické vložky, umožňující do jisté míry průhyb, a na „tvrdé“ panely, známy jako SAPI pláty, působící jako rigidní těleso. Měkké vložky jak uvádí Černý (2008) chrání pouze před účinky projektilů s měkkým jádrem, zpravidla krátkých střelných zbraní s úst'ovou rychlostí nepřevyšující rychlost 480 m/s. Za účelem zvýšení efektu ochrany před dlouhými zbraněmi s vyšší úst'ovou rychlostí a projektily jak s měkkým, tak i tvrdým jádrem je nutno vesty doplnit o neprůstřelné pláty z kompozitu keramika – ocel, nebo jiných pevných materiálů. Získá se tak odolnost proti jádrovým a průbojným střelám z dlouhých zbraní, s úst'ovou rychlostí až 960 m/s

K těmto vestám podle druhu může existovat i spousta balisticky ochranných doplňků jako ochrana ramen, krku, genitálií, dodatečné postranní panely, traumatické vložky, vložky proti probodnutí a spousta dalších nadstandardních doplňků.

Celkově se může tedy váha neprůstřelné vesty vojáka AČR pohybovat od základních 2,5 kg až do 12 kg při použití všech balisticky ochranných doplňků. Dále můžeme podle střihu vesty a použitého balistického materiálu usuzovat o určitém omezení na pohybu vojáka, především v části trupu a také posunu jeho těžiště směrem vzhůru. Díky tomu že je vesta v těsné blízkosti trupu, nedojde k výraznému posunu výsledného těžiště těla vojáka v horizontální rovině kvůli vestě samotné. K posunu těžiště dopředu může dojít kvůli množství sumek s dalším obsahem na předku vesty nebo z důvodu použití balistické ochrany pouze vpředu.

### **2.4.1.2 Balistické helmy**

Základní funkcí balistické helmy je poskytovat ochranu hlavy před balistickými hrozbami v podobě střepin a střel z krátkých ručních zbraní. Jako dodatečnou funkci poskytují ochranu před jinými nebezpečími jako jsou padající předměty apod.

Většina dnes používaných helem jsou typu MICH a ACH, které jsou vyrobeny z několikanásobně překrytých vrstev balistické tkaniny zalité v laminátu. Obě tyto helmy se vyvinuly z helmy typu PASGT, která sice poskytovala větší ochrannou plochu než její nástupci, avšak svým tvarem, hmotností, systémem upnutí a těžištěm, negativně působila na držení a pohyb hlavy.

Kulkarni, Gao, Horner, Zhengc, David (2013) uvádějí mimo jiné tyto kritéria jako nejdůležitější, při návrhu dnes používaných balistických helem:

Váha - Jako priorita pro navrhování dnešních balistických helem, stejně jako ostatní výstroje, které vojáci musí nést na sobě, je samozřejmě jejich hmotnost. Ta se s nástupem helmy typu ACH zmenšila o 30%, při současném zvýšení balistické odolnosti, díky vývoji nového typu kevlarových vláken.

Balistická odolnost – vycházející z aktuálně používané munice při respektování váhy.

Těžiště - Dalším důležitým faktorem je umístění těžiště samotné helmy. Ideální místo pro umístění jakéhokoliv zatížení na hlavu je na přímce spojující těžiště (střed hmotnosti) hlavy a střed hmotnosti těla. Proto se dnes používané helmy navrhují tak, aby střed působení hmotnosti helmy byl co nejbližší k ose procházející středem hmotnosti hlavy a středem hmotnosti těla. Takto se zmenšuje úsilí, které musí krční svalstvo vojáka vynakládat, aby udrželo hlavu v rovnováze.

Zachování rozsahu pohybu hlavy - voják musí být schopen prohlížet své okolí před známkami nebezpečí nebo potenciálních cílů. Tvar helmy by měl respektovat používanou výstroj, aby nedocházelo k omezení pohybu hlavy a krku v jakékoliv poloze. Zvláštní pozornost je třeba také věnovat všem dodatečně připevněným doplňkům na helmě, jako jsou třeba svítilny, přístroje pro noční vidění, sluchátka a mikrofon, apod.

Smysly jako zrak a sluch, by měly být zachovány. Helma by neměla příliš zasahovat do zorného pole vojáka a neměla by příliš tlumit zvuk zvenčí, či odrážet zvuk zevnitř, jako tomu bylo u helmy typu PASGT.

Uchycení na hlavu - zde došlo také k významnému posunu mezi PASGT a ACH, kdy systém nylonových pásek byl nahrazen gelovými polštářky, které zajišťují lepší kontakt hlavy s helmou a větší ochranu před nárazem.

Další důležitým kritériem je samozřejmě náročnost výroby a cena, která určuje, jestli typ helmy bude plošně zaveden nebo ne.



## 2.4.2 Taktické vesty

Taktické vesty plní pouze roli nosiče drobné výzbroje a výstroje, kterou voják potřebuje mít k pohotovosti. Díky tomu, že neobsahují žádný balistický materiál, vojáka na pohyb omezují minimálně. I tak ale díky obsahu v sumkách, většinou v jejich přední části, mohou mít jisté dopady na držení těla. Sumky samotné, zvláště pak umístěné na boku, mohou zabraňovat plnému rozsahu pohybu v pažích.

Qu a Nussbaum (2007) prováděli výzkum účinku vnějších zatížení na kontrolu rovnováhy při vzpřímeném postoji. Jako vnější zátěž sloužila vesta s kapsami do které byly vkládány zátěže, podobně jako je tomu u taktické vesty. Testovaní měli za úkol bez zrakové kontroly stát vzpřímeně a udržovat rovnováhu. Zjistilo se, že aplikování vnějšího zatížení vedlo k méně efektivní posturální kontrole a většímu riziku ztráty rovnováhy nebo pádu.

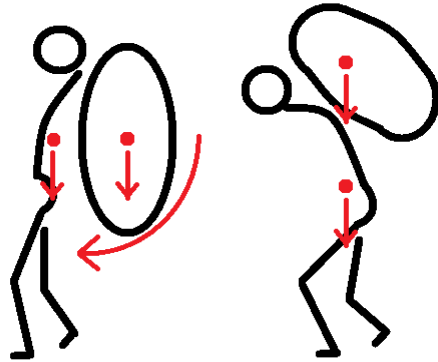
## 2.4.3 Batohy

Batohy patří mezi nedílnou součást vojenského vybavení. Jejich hlavním účelem je poskytovat vojákům schopnost přenášet věci potřebné pro své úkolové působení, ať už se jedná o patrolu, přesun nebo jiné bojové situace. Jejich obsah a z toho vyplývající váha se zpravidla mění podle úkolu a mohou nabývat hmotností 10 až 45 kg.

Výsledná hmotnost však není jediným důležitým údajem. Důležitou roli hraje také umístění zátěže, hlavně pak vzdálenost těžiště batohu od osy těžiště těla. Čím větší je vzdálenost těžiště batohu od těžiště těla, tím větší bude rameno síly, kterou batoh působí a tím větším momentem bude hmotnost batohu působit na posturu. Proto se v praxi doporučuje umístit „těžší“ věci (například lahve s vodou) v batohu blíž k „zadům“ a část batohu dál od zad vyplnit lehčími věcmi jako například náhradním oblečením. U batohů s velkým objemem je důležité zajistit funkci bederního popruhu dostatečným utažením přesek. Tímto způsobem se bude největší část hmotnosti batohu přenášet přes bedra do dolních končetin.

Jako příklad dopadu nesené zátěže na posturu uvádím výzkum, který provedli Heller, Challis a Sharkley (2007) na čtyřiceti třech ženách ve věku 18 až 23 let. Testované měli za úkol stát v klidu po dobu 30s na silových deskách. Testované byly nejdříve bez

zátěže, poté se zátěží 18,1 kg v batohu. Výsledky ukázaly při přidání zátěže 18,1 kg v batohu, byl způsoben nárůst celkové dráhy pohybu COP o 64%, což bylo zapříčiněno zvýšenou houpavostí hlavně do stran. Tyto výsledky ukazují, jak přidání externí zátěže může způsobit zvýšenou houpavost, což může v konečném důsledku vyústit ve ztrátu rovnováhy a pád.



**obrázek 3 – dvě krajní možnosti vlivu batohu na posturu vojáka. Nalevo – kvůli vzdálenosti těžiště batohu od těžiště těla vojáka, vzniká moment síly přetáčející vojáka. Napravo – kompenzace (zdroj – autor)**

#### **2.4.4 Zbraně a munice**

V kategorii výzbroje patří k nejvíce ovlivňující posturu vojáka zejména: primární a záložní zbraň, munice nesená na vestě a další výzbroj nesená na a uvnitř batohu. Až na primární zbraň působí všechna výzbroj pouze jako zátěž na vestě či batohu, mírně posunující jejich těžiště a zvyšující jejich hmotnost. U primární zbraně, kterou voják drží přímo v ruce, je tento vliv mnohem komplexnější, navíc díky používaným popruhům. Ty nošení zbraně sice usnadňují, avšak podíl hmotnosti zbraně přenášené na trup se liší podle druhu popruhu a činnosti vojáka samotného. Pro zjednodušení a standardizaci podmínek bude měření bez popruhů na zbraň, stejně jako tomu bylo u jiných provedených studií vlivu primární zbraně na činnosti vojáka.

Studie, kterou provedli Cheng-Kang a Yung-Hui (1997) zkoumala vliv použití pušek o různém designu na přesnost míření a střelby. Při tomto experimentu měřili aktivitu vybraných svalů pomocí EMG, COP a odchylky záměrně na terči. Bylo zjištěno že různý design použitých pušek vedl ke změnám v držení a aktivitě svalů pro dosažení rovnováhy a tím byla ovlivněna stabilita míření. Poté byl proveden další experiment s ostrou střelbou,

který ukázal velmi silnou korelaci ( $r = 0,86 - 0,98$ ,  $p < 0,0001$ ) mezi stabilitou míření a výsledným střeleckým výkonem. Z celkového měření můžeme odvodit, že prostorové řešení pušky, včetně jeho doplňků může mít veliký vliv na stabilitu míření a tím i na přesnost střelby. Z tohoto důvodu by měl být kladen silný důraz na přesné popsání zbraně, se kterou bylo takovéto měření provedeno.

Další studie, kterou provedl Birrell a Haslam (2008) ukázala, že nesená puška (v jejich případě SA80) má veliký vliv na chůzi vojáka. Přidáním pušky byly zapříčiněny větší nárazy chodidel o podložku způsobené většími výkyvy COM oproti chůzi se stejnou zátěží, ale bez pušky. To vše jsou efekty způsobené známými fakty jako například, že puška posunuje těžiště těla vpřed a že omezuje v přirozené lokomoci paží. Tato studie ukazuje na nezanedbatelný vliv držené pušky na chůzi a pravděpodobně další činnosti vojáka. Podobná studie však u střeleckých postojů nebo poloh ztrácí smysl právě kvůli faktu, že tyto střelecké postoje / polohy jsou přizpůsobené používané zbrani. Nabízí se však možnost studie vlivu různých zbraní na držení těla, stabilitu a přesnost střelby ve vybraném střeleckém postoji / poloze.

## 2.5 Biomechanika

Hatze (1971) definuje biomechaniku jako vědu, zabývající se strukturami a funkcemi biologických systémů, přičemž využívá znalosti a metody fyzických mechanismů.

Nigg, Herzog, Nigg (2007) dále uvádějí že biomechanika se zabývá několika různými oblastmi lidského, případně zvířecího pohybu. Tyto oblasti zahrnují studie o:

- Fungování svalů, šlach, vazů, chrupavek a kostí.
- Zátěži a přetížením specifických struktur živých systémů.
- Faktorech ovlivňující výkon.

## 2.5.1 Problematika držení těla

V nejobecnější rovině lze držení těla definovat jako řešení úlohy, jak jedinec udrží své tělo v rovnováze při působení vnějších sil. Z praktického hlediska je nejvýznamnější silou gravitace, jejíž síla směřuje svisle dolů a přitahuje všechna hmotná tělesa. Jejím bezprostředním projevem je také váha těla (Čermák a kol., 2000).

Těleso je ve stavu rovnováhy, pokud jsou všechny síly působící na těleso vyrovnány, těleso je v klidu. Gravitace je vyrovnána tlakem působícím na opěrnou plochu, což je plocha, kterou se těleso přímo dotýká země (Véle, 1995).

V souvislosti s rovnováhou se zavádí termín stabilita, jež vyjadřuje míru nejmenšího úsilí, které je potřebné k porušení rovnováhy tělesa v gravitačním poli (Véle, 1995). Čím je těleso stabilnější, tím je třeba větší síla k porušení rovnováhy. Dle Kučery, Koláře, Dylevského (2011) stabilita závisí především na

- Opěrné bázi –její velikosti, sklonu k horizontální rovině.
- Hmotnosti.
- Výšce těžiště.
- Vzdáleností průmětu těžiště od středu opěrné báze.

Výše bylo popsáno, na čem závisí stabilita tělesa. Jedná-li se ovšem o lidské tělo, je třeba uvést, že se skládá z více částí, které vytváří při statických polohách sice neměnicí se celek v prostoru, ale i tak dochází v pohybové soustavě k dynamickým změnám. Lze si to představit jako neustálé obnovování rovnováhy s využitím pohybové soustavy, tedy především koordinovanou aktivitu svalů (Kučera, Kolář, Dylevský, 2011).

## 2.5.2 Reakce na zátěž

Podrobněji se reakcí na zátěž zabývám v kapitole výstroj a výzbroj, kde popisují vliv příslušných částí výstroje a výzbroje na držení těla. Z prací, které se zabývaly měřeními s různou výstrojí a výzbrojí můžeme odvodit, jak tento faktor ovlivní měření.

Ve studii, kterou provedli Park, Branson, Kim, Warren, Jacobson, Petrova, Peksoz a Kamenidis (2013), zkoumali vliv hmotnosti a jeho rozložení balistické ochrany a nosného systému na statickou rovnováhu těla a funkci svalů nohou. Série testů byly provedeny na sedmi studentech vojenské školy v sedmi různých distribucích zátěže.

Statická rovnováha těla byla hodnocena analýzou trajektorie středu působení tlaku (dále COP) a symetrií hmotnostního zatížení v nohou. Svalové funkce nohou byly hodnoceny analyzováním vrcholu elektrografické amplitudy čtyř vybraných svalů dolních končetin při chůzi. Výsledky této studie ukázaly, že nerovnoměrné rozložení hmotnosti a zatížení nad 9 kg mají negativní vliv na statickou rovnováhu o čemž svědčila zvýšená houpavost COP a asymetrie hmotnostního zatížení v nohou a zvýšený vrchol amplitudy EMG v rectus femoris, která má za úkol udržovat rovnováhu těla v mediální rovině. Z výsledků této studie vyplývá, že neprůstřelná vesta má nezanedbatelný vliv na chůzi. Z tohoto výzkumu však nelze usoudit, jaký bude mít dopad zátěž na držení těla při střelecké poloze v kleku.

### **2.5.2.1 Fyziologie**

Vnitřní prostředí organismu se snaží být neustále v rovnováze, má stabilní hodnoty pH, osmotické poměry, objemy, iontové složení a průtok tekutin. Pokud na něj působí vnější vlivy, které mohou být jak fyzické tak i psychické, nastává vychýlení rovnováhy vnitřního prostředí. Můžeme tedy říct, že při zaujímání kleku s výstrojí a výzbrojí bude docházet k vychýlení rovnováhy vnitřního prostředí a bude muset na tento fakt brán ohled.

### **2.5.2.2 Dynamika**

Dynamika se zabývá dvěma otázkama, a to proč a za jakých podmínek se tělesa pohybují. Síla je hlavním faktorem při hledání příčin změn pohybového stavu těles. Tato fyzikální veličina popisuje vzájemné působení těles.

Projevuje se při vzájemném dotyku těles (nárazem, třením, tlakem, tahem) nebo prostřednictvím silového pole (gravitační pole). Síla tedy může být mechanickou příčinou pohybu těles a jejich změn, např. uvedení tělesa z klidu do pohybu nebo naopak.

Při aplikování výstroje a výzbroje u sledované střelecké polohy v kleku můžeme předpokládat následující změny:

- Zvýšení hmotnosti pohybové soustavy (o hmotnost výstroje a výzbroje).
- Větší kolísavost středu působení tlaku (COP).
- Větší pohyb částí těla střelce a pušky.

- Posunutí těžiště (COM) směrem vzhůru.
- Posunutí těžiště v horizontální rovině, dle nesené výstroje.

## **2.6 Záznam a analýza pohybu v prostoru**

Pohyb v prostoru bude zaznamenán kamerovým systémem Qualisys. Celý systém se skládá z několika vysokofrekvenčních kamer, které snímají body, tzv „markery“, které jsou nalepeny na zájmové body testovaného. Aby byla poloha každého bodu změřena, musí být tento bod snímán nejméně třemi kamerami. Z toho bude plynout umístění a počet kamer.

Zde uvádím překlad specifikací programu Qualisys track manager (Dále jen QTM), který je součástí kamerového systému pro snímání pohybu a ve kterém proběhne první úprava naměřených dat. Tyto specifikace jsou dostupné na internetové stránce programu: [www.qualisys.com](http://www.qualisys.com)

„Qualisys Track Manager je program založený pro získávání dat s nástroji, které umožňuje uživateli provádět 2D a 3D záznam. QTM je navržen tak, aby poskytoval jak pokročilé nástroje pro technicky pokročilé uživatele, tak i jednoduchou metodu aplikace pro nezkušeného uživatele. Spolu s řadou opticky měřících přístrojů Qualisys bude QTM řídit koordinaci všech funkcí v sofistikovaném systému pohybového záznamu a poskytne možnost rychlé produkce různých a přesných 3D, 2D a 6D dat.“

## **2.7 Záznam a analýza sil v podložce**

Síly působící na podložku budou zaznamenávány pomocí dynamografických desek systému Kistler. Zde uvádím stručný popis systému uvedený na internetové stránce: [www.kistler.com](http://www.kistler.com)

„Technologie Kistler měří tlak, sílu, zrychlení a otáčivé momenty. Síly, které lidský pohyb vyvolává obvykle působí na naše ruce nebo nohy a vyvíjený tlak na náš celý musculo-skeletární systém. Tyto síly mohou být spolehlivě měřeny piezoelektrickou měřící technologií Kistler. I přes nejjednodušší napodobené podmínky dokáží silové a akcelerační senzory Kistler zaznamenat mechanické zátěže s vynikající kvalitou.

Měřicí systémy od Kistleru spolehlivě měří všechny síly, které lidský pohyb zapříčiňuje. Navíc naše vysoce víceúčelové silové desky mohou být použity pro mnoho účelů. Jsou také optimalizovány pro jiné aplikace oboech kinesiologie a ergonomie.

Výhody piezoelektrického měření síly Kistler:

- Vysoká přesnost, linearita a citlivost.
- Dlouhodobá stabilita přes veliký rozsah měření.
- Spolehlivé, opakovatelné výsledky.
- Specifický záznam sil rukou a reakčních sil v podložce.

Součástí systému dynamografických desek je i program pro analýzu dat BioWare, který je dostupný i se svými specifikacemi na stránce: [www.kistler.com](http://www.kistler.com)

„BioWare je velmi obratný a jednoduchý software pro Windows, speciálně navržený pro práci se silovými deskami Kistler v různých oborech biomechaniky: výzkum v biomechanice, analýzy chůze (rehabilitace, ortopedie, protetika), sporty (síla odrazu, náraz, trénink), neurologie (posturografie, rovnováha, mikro vibrace).

Se silovými deskami Kistler mohou být reakční síly v podložce a jiné analogové data jednoduše získány, zpracovány a uloženy.

Funkce:

- Plně využívá výkonu silových desek.
- Účinný sběr dat a zpracování signálu.
- Rozsáhlé možnosti pro analýzu dat.
- Systém BioWare obsahuje software, srovnávací desku a kabeláž.

BioWare obsahuje vše pro získávání dat, úpravu signálu a analýzu dat ze silových desek. Následující parametry jsou v programu dostupné:

- Síly, momenty sil, Střed působení tlaku (COP) a koeficient tření (COF)
- Obratné úpravy zobrazení obsahující různé souřadnicové systémy
- Získávání dat ze silových desek a pomocných signálů
- Exportování a importování dat v různých formátech
- Funkce v reálném čase (síly, 3D vektor, COP)
- Srozumitelné statistiky, funkce ukazatelů a normalizace“

V souladu s cílem práce byla uvedena teoretická východiska zahrnující střeleckou přípravu, motorické předpoklady, výstroj a výzbroj, biomechaniku a problematiku měření pohybu a sil. Všechny výše uvedené kapitoly představují základ pro měření vlivu výstroje a výzbroje na držení těla při střelecké poloze v kleku. Následující část práce se bude zabývat metodologií výzkumu za účelem zodpovězení výzkumných otázek z teoretického i praktického pohledu.



## **3 Cíle a úkoly práce, výzkumné hypotézy**

Tato kapitola shrnuje cíle práce, výzkumné otázky a hypotézy, na které navazuje metodologie a design výzkumu.

### **3.1 Cíl práce**

Hlavním cílem této práce bylo zjistit vliv nesené výstroje a výzbroje na držení těla při střelecké poloze v kleku. Konkrétně se zjišťoval vliv nesené zátěže na držení těla, stabilitu míření a rovnováhu v poloze. Druhým cílem bylo zjistit rozdíl tohoto vlivu mezi nízkou a vysokou variantou střelecké polohy v kleku.

### **3.2 Výzkumné otázky**

Jak se projeví rozdílná váha v rozmezí 15 až 45 kg nesené výstroje a výzbroje na držení těla ve střelecké poloze v kleku?

Jak se projeví rozdílná váha v rozmezí 15 až 45 kg nesené výstroje a výzbroje na stabilitu míření ve střelecké poloze v kleku?

Jak se projeví rozdílná váha v rozmezí 15 až 45 kg nesené výstroje a výzbroje na rovnováhu ve střelecké poloze v kleku?

Jak se bude lišit vliv výstroje a výzbroje na vysokou a nízkou variantu střelecké polohy v kleku?

### **3.3 Hypotéza**

„Čím vyšší bude váha výstroje a výzbroje, tím více negativně se projeví na výsledném držení těla, stabilitě míření a rovnováze ve střelecké poloze v kleku.“

„Nízká varianta střelecké polohy v kleku bude lépe odolávat vlivu nesené zátěže než vysoká.“

## **4 Metodika práce**

V této části práce budou postupně popsány využitě výzkumné metody, které byly použity při provádění výzkumu a dále bude popsán způsob sbírání dat a jejich následné zpracování.

### **4.1 Výzkumný soubor**

Průměrný věk respondentů byl 23 let, SD – 2,63 let . Respondenti měli různé zkušenosti s bojovou střelbou. Díky střelecké přípravě, kterou všichni v rámci výcviku AČR prodělali, měli základní předpoklady pro dostatečné zvládnutí techniky střelecké polohy v kleku. Průměrná hmotnost respondentů byla 77 kg, SD – 6,95 kg a průměrná výška byla 180 cm, SD – 5,98 cm. Žádný z respondentů neměl žádné zdravotní potíže během měření.

### **4.2 Metody výzkumu**

V této práci bylo využito těchto metod: popisná analýza, měření a intrapersonální komparace.

- Popisnou analýzu jsem použil při sběru informací týkající se dané problematiky. Především při studiu odborné literatury.
- Měření bylo provedeno na kamerovém systému Qualisys a silových deskách Kistler. Kamerový systém zaznamenal polohu a pohyb zájmových bodů, tzv. „markerů“ a silové desky zaznamenávali síly, kterými působili testovaní na podložku.
- Intrapersonální komparace byla použita k vyhodnocení hodnot každého testovaného zvlášť. Analýza dat byla provedena pomocí studentova párového T-testu s určením hladiny významnosti 1 až 5 %.

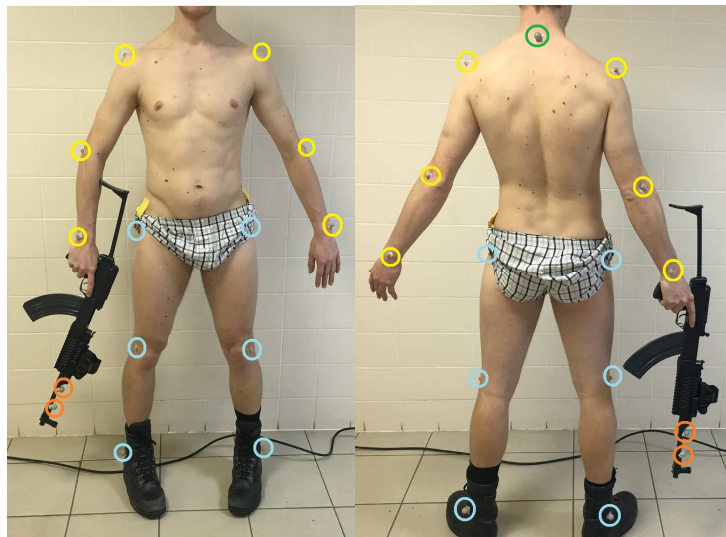
### **4.3 Sběr dat**

#### **4.3.1 Umístění markerů**

Pro snímání polohy zájmových bodů byly použity markery kulovitého tvaru s reflexním povrchem a s plochou pro nalepení na kůži. Jako zájmová místa byly určeny

body, které se nachází v blízkosti významných kloubů pohybového ústrojí lidského těla a které jsou zároveň dobře hmatatelné na povrchu. Pro pokrytí celého pohybového ústrojí respondentů, byly markery nalepeny na tato místa:

- Zadní strana krku – výběžek sedmého krčního obratle (dále jen C7).
- Pravé a levé rameno – výčnělek lopatky acromion.
- Pravý a levý loket - humerus epicondyle lateralis.
- Pravé a levé zápěstí – ulna styloid.
- Prává a levá kyčel – trochanter.
- Pravé a levé koleno - femur epicondyle lateralis.
- Pravý a levý kotník - fibula malleolus lateralis.
- Dva markery na hlavní pušky.



obrázek 4 – Ukázka umístění markerů (zdroj – autor)

### 4.3.2 Přístroje na měření

Pro získání dat byly využity přístroje, které se nachází v biomechanické laboratoři na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze (dále jen „FTVS UK“). Jednalo se o kamerový systém Qualisys a silové desky Kistler.

### 4.3.2.1 Kamerový systém Qualisys

Pro snímání polohy a pohybu výše popsaných zájmových bodů byl použit kamerový systém Qualisys, skládající se z 6 přenosných kamer QualisysOqus 3+ a jedné referenční kamery. Kamery byly rozestavěny v optimální vzdálenosti cca 5 metrů před a za místem měření, aby bylo zajištěno snímání co nejvíce bodů alespoň třemi kamerami najednou.

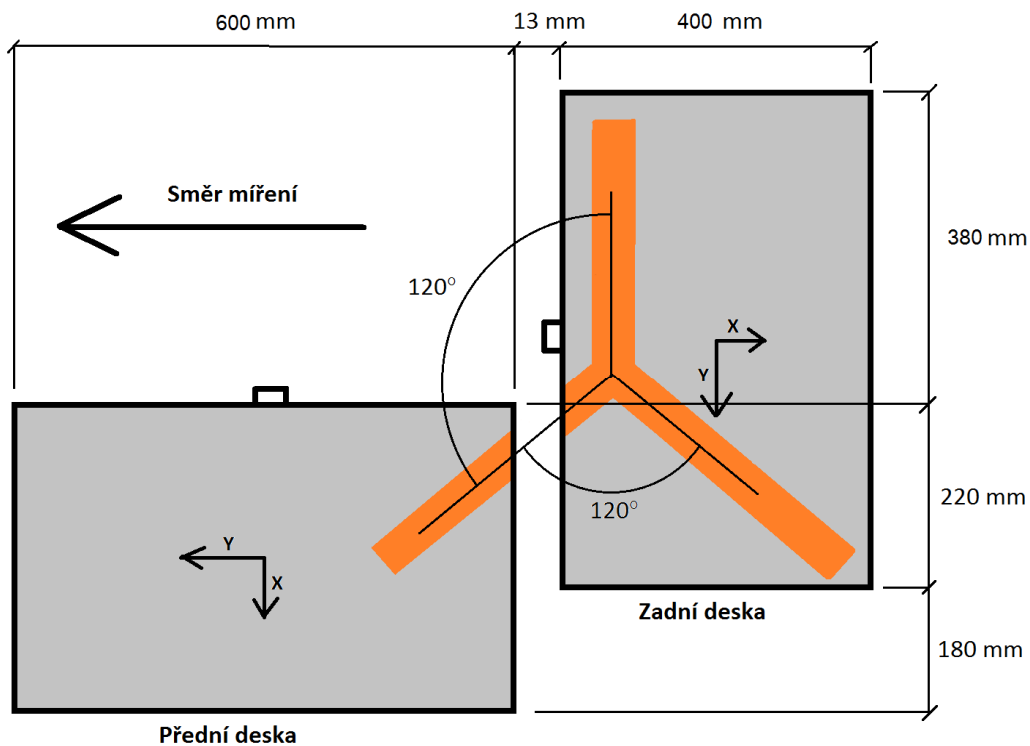


obrázek 5 – Rozmístění přístrojů při měření (zdroj – autor)

### 4.3.2.2 Silové desky Kistler

Pro snímání sil, kterými respondenti působili na podložku byly použity dvě přenosné silové desky Kistler typ 9286BA. Desky byly dlouhé 600 mm a široké 400 mm. Na těchto deskách byly vyznačeny lepící páskou místa opory špičky a kolene zadní nohy a chodidla přední nohy při střelecké poloze v kleku. Postavení nohou odpovídá rovnostrannému trojúhelníku. Proto byla místa pro opory vyznačena 3 přímkami, svírající mezi sebou  $120^\circ$ . Takto mohli podle značek klek zaujímat všichni respondenti bez ohledu na jejich tělesnou výšku.

Desky byly postaveny na rovnou a pevnou dlaždicovou podlahu kolmo na sebe. Na zadní desku tedy připadala místa oporu pro špičku a koleno zadní nohy a pro přední desku chodidlo přední nohy. Desky měly mezi sebou mezeru 13 mm a zadní deska z pohledu zezadu překrývala přední desku o 220 mm. Více na obrázku č. 6.



obrázek 6 – Postavení desek a označení bodů opory (zdroj – autor)

Dále uvádím stručné specifikace použité desky Kistler 9286BA:

„Víceúčelová deska typu 9286BA může být jednoduše použita na rovném povrchu, což eliminuje náklady na instalaci. Desky mají výšku pouhých 35 mm a hmotnost pod 18 kg a umožňují flexibilní a přenosné použití. Jejich piezoelektrické tří-komponentové silové senzory mají velmi nízké hodnoty přeslechu a ve spojení se speciálním designem zaručují vynikající přesnost měření středu tlaku.“

Tato silová deska je navržena speciálně pro použití na analýzy chůze a rovnováhy. Typ 9286BA má vestavěný zesilovač napětí kompatibilní se všemi systémy analýzy pohybu. I přes velmi široký rozsah měření (0 až 10 kN), tato silová deska nabízí vynikající přesnost a linearitu v celém rozsahu aplikací (4 měřicí rozsahy) a zaručuje ochranu proti přetížení až 12 kN.“

### 4.3.3 Organizace výzkumu

Experiment byl proveden v laboratoři biomechaniky na FTVS UK a to v průběhu 8 dní. Během jednoho měření byl přítomen jeden respondent. Celkově trvalo měření jednoho respondenta cca 2 hodiny. Před měřením bylo provedeno poučení o samotném experimentu a podepsán informovaný souhlas.

Každý den před zahájením prvního měření bylo potřeba recalibrovat kamerový systém a silové desky kistler. Bylo zkontrolováno nastavení kamer, aby nesnímaly zbytečné odlesky a bylo zkontrolováno rozestavení silových desek, aby bylo zachováno jejich stejné postavení. Poté co bylo vše uvedeno do provozu, provedly se 2 až 4 pokusné měření.

Před zahájením měření byly respondentovi nalepeny markery na zájmová místa, a elektrody pro snímání EMG, které bylo součástí jiného měření. Každému respondentovi byly před zahájením měření vysvětleny obě varianty techniky střelecké polohy v kleku.

Následně proběhlo 8 měření po 30 vteřinách, kdy měl respondent za úkol udržet záměrný bod v kolimátoru pušky na terči. Terč byl vzdálen 15m od místa zakleknutí a ve výškové úrovni hlavy testovaného. Každé měření bylo zahájeno povelom „start“ při kterém se spustil kamerový systém a silové desky zároveň. Přesně synchronizované spuštění obou systémů bylo zajištěno vzdáleným spínačem, kterým se spustilo měření zároveň v obou systémech. Pokud se při měření vyskytl závažný problém nebo nebyla dodržena správná technika kleku, měření bylo opakováno. Průběh kleku byl zaznamenán kamerovým systémem souběžně se silovými deskami, oboje snímající o rychlosti 500 snímků za vteřinu.

Mezi každým měřením byla stanovena 5 minutová pauza, aby došlo k úplnému zotavení testovaného. Tím bylo zajištěno, že nedošlo k únavě svalstva vyčerpáním energetických zdrojů nebo k únavě CNS. Vyjma zaujetí polohy se jednalo o statickou činnost, při níž intenzita fyzické zátěže nepřevýšila 50%. Doba odpočinku byla stanovena tak, aby byla zajištěna 100% obnova energetických zdrojů u všech testovaných. Faktory únavy a vytrvalostních schopností jednotlivce byly tudíž z měření vyloučeny a výsledné držení těla nebo posturální stabilita jimi nebyla ovlivněna.

### 4.3.4 Výstroj a výzbroj

Při každém měření byly testované osoby oblečeny do spodního prádla. Spodní prádlo bylo navíc na krajích přilepeno do úrovně pasu, aby nezakrývalo markery na kyčlích. Jako obuv byla použita vojenská polní obuv vzor 2000. Respondenti neměli žádné další oblečení z důvodu umístění markerů a elektrod EMG. Všechna zvolená výstroj a výzbroj byla v souladu s používanou výstrojí a výzbrojí vojáky AČR.

Střelecký postoj byl zaujímán s útočnou puškou SA vz.58V, doplněno předpažbím a pažbičkou od FAB defense a s kolimátorem EOTech XP S2-0. Do zásobníku zbraně bylo umístěno závaží, simulující plný zásobník vážící 0,70 kg, přičemž celá zbraň i s doplňky vážila cca 3,70 kg. Testovaní mířili na terč pomocí kolimátoru.



obrázek 7 – použitá zbraň pro měření

Jako balisticky ochranný materiál byla použita ochranná modulární vesta CZ 4M a Kevlarová přilba typu PASGT. Vesta uvnitř obsahovala měkké balistické vložky a neprůstřelné pláty odolnosti IV dle NIJ. Na této vestě byly dále připevněny sumky se závažím, simulující plné zásobníky. Celková hmotnost této vesty i se sumkami činila 15 kg.



**obrázek 8 – Balisticky ochranný materiál použitý při měření**

Jako batoh byl použit TL 60 od Alp Army s objemem 60l. Do batohu byla podle měření vložena taková zátěž, aby jeho celková váha činila 15 nebo 30 kg



**obrázek 9 – Batoh použitý při měření**

Výše uvedená výstroj a výzbroj byla použita ve čtyřech měřeních následujícím způsobem:

- První měření: Puška – nulová zátěž
- Druhé měření: Puška, Helma, Vesta – zátěž 15 kg
- Třetí měření: Puška, helma, vesta, 15 kg batoh – zátěž 30 kg
- Čtvrté měření: Puška, helma, vesta, 30kg batoh – zátěž 45 kg

Tyto čtyři měření byly provedeny u obou variant kleku, činící celkově 8 měření na jednoho testovaného



**obrázek 10 – tři odlišné zátěže při nízké variantě střelecké polohy v kleku**

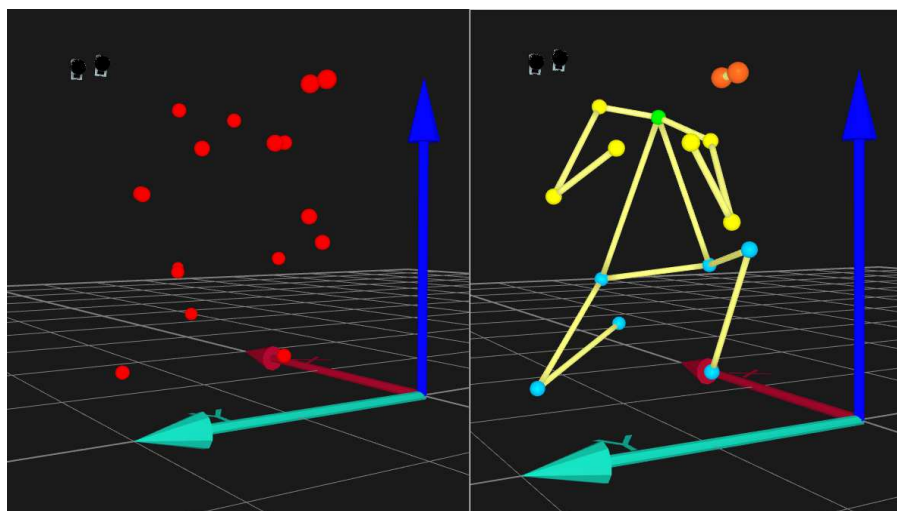


## **4.4 Analýza dat**

Analýza dat se skládala ze dvou částí: analýzy pohybu markerů z kamerového systému a analýzy sil ze silových desek. Každý ze systémů měl svůj vlastní program pro zpracování dat a na obojím byly vyhodnocovány odlišné věci. Společné však měli obě části to, že z každého měření bylo vyhodnocováno pouze posledních 25 sekund z 30. Prvních 5 sekund bylo z měření vyloučeno z důvodu častého vyčkávání respondenta na povel „start“. Konečná poloha byla tedy v některých případech zaujata až po tomto povelu. Podrobnějším popisem obou částí analýzy dat se budu zabývat v následujících odstavcích.

### **4.4.1 Kamerový systém**

Snímky markerů, pořizované při měření se zobrazovali v příslušném programu Qualisys track manager v reálném čase a bylo možné si je ihned po měření prohlédnout. Tyto snímky ale obsahovaly pouze polohy bodů v prostoru. Údaje z těchto snímků by prakticky nešly jakýmkoliv způsobem hodnotit bez dalšího zpracování. Před jakoukoliv další prací s daty bylo tedy nutné v QTM identifikovat všechny naměřené body a přiřadit jim jméno a zbarvení pro přehlednější práci. Poté bylo nutné najít a ručně odstranit body, které se ve snímcích nahodile objevovaly a mizely, a které do měření nepatřily. Důvodem vzniku těchto bodů byly odlesky z lesklých povrchů v osvětlené místnosti, které kamerový systém v některých případech zaznamenal jako bod. Posledním krokem úpravy dat v QTM bylo přiřazení „kostí“ dvojicím bodů pro přehlednost celkového záznamu. Tyto úsečky pak v záznamu znázorňují polohu horních a dolních končetin, zadní části krku a zbraně.



**obrázek 11 –nízky klek bez zátěže. Vlevo neupravené, vpravo upravené**

Po úpravě dat bylo možné přistoupit k jejich analýze. Analýza dat z kamerového systému se skládala z analýzy pohybu hlavně, pohybu krku, pohybu boků a analýzy krajních odchylek úhlu záměrné na pušce. Podrobnějším popisem analýz se budou zabývat následující kapitoly.

#### **4.4.1.1 Analýza držení těla**

Jako první bylo vyhodnoceno držení těla při střelecké poloze v kleku. Pro tento účel byly použity data z markerů na horních pohybových segmentech testovaných. Vyhodnocování těchto dat se skládalo z výpočtu průměrné výšky zvolených markerů a průměrného úhlu spojnice ramen na kolmici směru míření.

Analýza průměrné výšky markerů z horní části těla měla zjistit vliv výstroje a výzbroje na výšku horní části trupu. Toto měření dává informaci o průměrné výšce markerů a ukazuje, zdali byl trup výše nebo níže, oproti předešlému měření. Podmínkou pro použití této metody byla standardizace kleku a používané výstroje a výzbroje pro zátěž. Pro účely této analýzy byly použity data z markerů na obou ramenech, krku a hlavní zbraně. Důvodem volby těchto markerů byla 100% využitelnost dat ze všech měření a protože se tyto markery nacházely na pohybových segmentech horní části polohy v kleku. Výsledkem byla průměrná výška těchto 4 markerů v milimetrech za 25 s měření.

Smyslem výpočtu průměrného úhlu mezi kolmicí na směr míření a spojnici ramen, bylo zjistit vliv výstroje a výzbroje na tento úhel natočení. Pro výpočet tohoto úhlu byly

použity souřadnice X a Y z markerů obou ramen. Po vypočítání průměrných souřadnic byl úhel natočení ramen ( $\beta$ ) vypočítán podle následujícího vzorce:

$$\beta = \arctan\left(\frac{X_P - X_L}{Y_P - Y_L}\right)$$

Kde  $X_L; Y_L$  jsou souřadnice levého ramene a  $X_P; Y_P$  pravého

#### **4.4.1.2 Analýza pohybu hlavě**

Pro účely posouzení stability míření byl vyhodnocován pohyb markeru na konci hlavě. Pro přesné míření je nežádoucí, aby se tento bod příliš hýbal. Nejčastější pohyb hlavě může být houpání hlavě nahoru a dolů, do stran, nebo pohyb hlavě zapříčiněn ztrátou rovnováhy a následnou stabilizací polohy. Můžeme tedy říci, že čím menší absolutní vzdálenost během měřeného úseku bod na hlavě urazí, tím stabilnější a přesnější bylo míření na cíl. Výsledkem tohoto měření byla tedy absolutní vzdálenost, kterou bod na konci hlavě urazil, vyjádřená v mm.

Pro zjištění celkové vzdálenosti uražené bodem na konci hlavě byl použit nástroj „analyze“ v programu QTM. Tento nástroj vypočítal dráhu uraženou bodem v závislosti na čase. Pro celkový pohyb bodu v posledních 25 sekundách byla od dráhy uražené za 30 s odečtena dráha za prvních 5 s. Z důvodu občasných skoků poloh, kdy markery náhle přeskakovaly z místa na místo byl použit nástroj filtru, pro vyhlazení křivky pohybu. Tento filtr vyrušil extrémní přeskoky poloh, způsobené nepřesným zaměřením, na základě křivky pohybu bodu v posledních 51 snímcích.

#### **4.4.1.3 Analýza pohybu krku a kyčle**

Pro účely posouzení rovnováhy v poloze byl vyhodnocován i celkový pohyb krku a kyčle. Pro tuto analýzu byly vybrány markery na C7 a na levé straně kyčle. Tyto markery byly vybrány, protože se nacházely na velkých segmentech pohybového ústrojí. Postup výpočtu celkového pohybu těchto bodů byl stejný jako u výpočtu pohybu hlavě.

#### 4.4.1.4 Analýza odchylky směru míření

Další částí byla analýza úhlu největší odchylky směru míření (dále jen záměrné). Pozice terče nebyla přesně kamerovým systémem změřena, protože se nacházela mimo prostor měření. Proto nemohla být posuzována přesná odchylka záměrné pušky od fyzického terče. Namísto toho byla zjišťována největší dosažená odchylka záměrné od průměrného směru míření během 25 sekund měření. Tato odchylka byla vyjádřena ve stupních a dává informaci o rozsahu pohybu pušky. Nepřesnost ve střelbě, kterou by takový rozsah pohybu hlavně způsobil se dá s dosazením vzdálenosti cíle přesně dopočítat. Tento údaj spolu s údajem o pohybu hlavně nám dává mnohem komplexnější informaci o tom, jak byla ovlivněna přesnost míření.

Pro zjištění jednotlivých úhlů záměrných byl opět použit nástroj „analyzer“ v programu QTM. Kvůli občasným výkyvům v polohách markerů byl opět použit filtr pro vyhlazení křivky pohybu markerů na křivku z 51 snímků. Pro zjištění průměrného směru záměrné a největšího úhlu odchylky od tohoto směru bylo nutno údaje z QTM exportovat do programu MS Excel.

Směr záměrné v každém snímku byl definován dvěma body (hlaveň 1 a hlaveň 2) v prostoru, se souřadnicemi  $[X_1; Y_1; Z_1]$  a  $[X_2; Y_2; Z_2]$ . Tyto body udávají přímku a směr záměrné.

Nejdříve bylo nutné vypočítat normálový vektor ( $u$ ) pro přímku v každém snímku. Ten byl vypočítán odečtením všech tří souřadnic prvního bodu od souřadnic druhého podle následujícího vzorce:

$$u = (X_2 - X_1); (Y_2 - Y_1); (Z_2 - Z_1)$$

Poté byl vypočítán průměrný normálový vektor od 5s měření (2500 snímek) do 30s měření (15000 snímek) dle vzorce:

$$\bar{u} = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n}{n}$$

Poté byla vypočítána odchylka ( $\omega$ ) směru záměrné v každém snímku od průměrné záměrné dle vzorce:

$$\cos \omega = \left( \frac{|\bar{u}_1 * u_1 + \bar{u}_2 * u_2 + \bar{u}_3 * u_3|}{\sqrt{\bar{u}_1 + \bar{u}_2 + \bar{u}_3} * \sqrt{u_1 + u_2 + u_3}} \right)$$

Tímto byla vypočítána odchylka záměrná v každém snímku od průměru, vyjádřená ve stupních. Poté byla v MS Excel použita funkce MAX pro vyhledání největší odchylky od průměru ze všech 12500 snímků za posledních 25 s měření.

#### 4.4.2 Silové desky

Snímky ze silových desek Kistler bylo taktéž možné si prohlédnout ihned po měření, avšak každá deska měřila síly pouze samostatně, nezávisle na druhé. Nebylo tudíž možné ihned z výsledků zjistit to nejpodstatnější pro naše měření – střed působení tlaku (COP). Tento údaj je pro toto měření velmi důležitý, protože vypovídá o tom, kde se v jaký moment nachází těžiště testovaného. Čím více se při této statické poloze těžiště přesouvá, značí to o jisté nestabilitě testovaného, které může v krajním případě vést až ke ztrátě rovnováhy. Bylo tudíž nutno vymyslet způsob jak tyto dvě samostatné COP sloučit do jediného – celkového COP.

Nejdříve byly z programu bioware vyexportované textové soubory obsahující informace o všech třech složkách sil a o souřadnicích COP pro každou jednotlivou silovou desku. Poté byly tyto informace importovány do MS Excel, kdy byly provedeny následující operace pro zjištění celkového COP.

Nejprve byly sjednoceny souřadnice COP z obou silových desek na společný počátek, umístěný v pravém zadním rohu zadní desky ze směru míření. Souřadnice X1 Y1, X2 a Y2 byly převedeny na X01, Y01, X02 a Y02 dle následujícího vzorce:

$$\begin{aligned}X_{01} &= X_1 + 713 \\Y_{01} &= Y_1 + 580 \\X_{02} &= Y_2 + 300 \\Y_{02} &= -X_1 + 200\end{aligned}$$

Poté byl vypočítán rozdíl mezi souřadnicemi X01 a X02 a Y01 a Y02.

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_{01} - X_{02} \\ \Delta Y &= Y_{01} - Y_{02}\end{aligned}$$

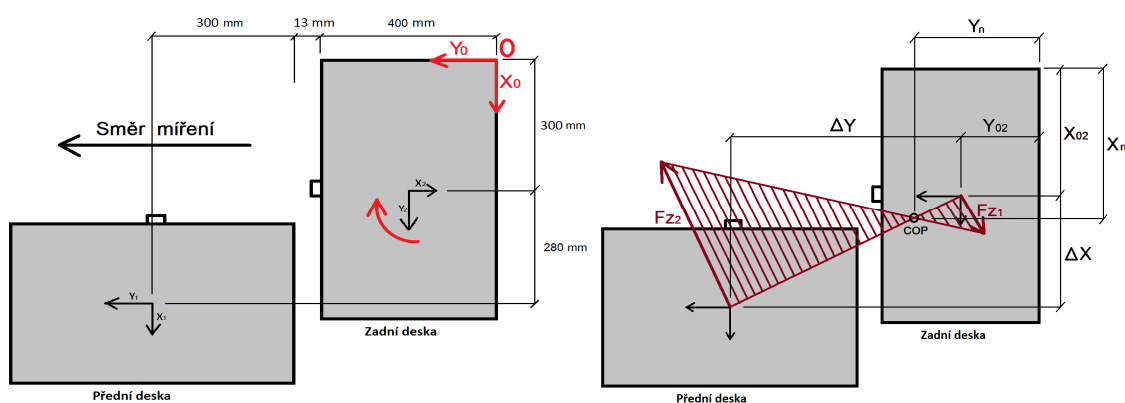
Po zohlednění vertikálních složek  $Fz1$  a  $Fz2$  byla vypočítána celková poloha COP ( $X_n$  a  $Y_n$ ) v každém snímku.

$$X_n = \left( \left( \frac{\Delta X}{Fz_1 + Fz_2} \right) * Fz_2 \right) + X_{02}$$

Dílčí pohyb COP ( $d_n$ ) se vypočítal pomocí pythagorovy věty o pravoúhlém trojúhelníku:

$$d_n = \sqrt{(X_n - X_{n+1})^2 + (Y_n - Y_{n+1})^2}$$

Sečtením všech 12500 dílčích pohybů COP mezi snímky byla vypočítána celková dráha pohybu COP v mm.



obrázek 12 – sjednocení dílčích COP a výpočet celkového COP

### 4.4.3 Porovnání vlivu

Pro porovnání vlivu výstroje a výzbroje na jednotlivé měřené hodnoty byl použit statistický program TriloByte QC.Expert 3.3, dostupný na: [www.trilobyte.cz](http://www.trilobyte.cz). U všech měření byly porovnávány střední hodnoty získané z měření bez zátěže se středními hodnotami měření se zátěží. Tento rozdíl byl porovnán pomocí párového T-Testu výběrových veličin z opakovaného měření. Jedinou výjimku tvoří porovnávání vlivu varianty kleku na měřené údaje, kdy byly vždy porovnány stejné zátěže mezi sebou a proměnnou zde byla varianta kleku.

Ve všech měřeních této práce je testovaná hypotéza, že rozdíl mezi alternativní hypotézou  $[H1]$  a nulovou hypotézou  $[H0]$  je nulový proti té, že je nenulový. V rámci T-

testu je tedy testována hypotéza, která udává rozdíl středních hodnot mezi klekem ve výstroji a výzbroji a bez ní.

$$H_0: \mu = \mu \text{ ve výstroji a výzbroji} - \mu \text{ bez výstroje a výzbroje} = 0$$

$$H_1: \mu = \mu \text{ ve výstroji a výzbroji} - \mu \text{ bez výstroje a výzbroje} \neq 0$$

Cílem této hypotézy je dokázat, že existuje rozdíl mezi postavením těla, stabilitou míření a rovnováhy ve výstroji a výzbroji a bez ní. Při testování vlivu bude vždy jako první volena hladina významnosti 5 %. Pokud se prokáže vliv, bude tento vliv dále testován s hladinou významnosti 1 %. Pokud tedy zamítneme hypotézu  $H_0$ , pak bude potvrzen vliv zátěže na testovanou vlastnost s 95 až 99% pravděpodobností.

Protože se konečný počet výsledků může od počtu probandů měnit, bude se počet výsledků porovnávaných mezi sebou v T-testu lišit. V závislosti na počtu výsledků a zvolené hladině významnosti se tedy bude měnit stupeň volnosti a kritická hodnota rozdělení.

V příloze 3 bude uvedena tabulka rozdělení kvartilů kritických hodnot, podle kterých bude porovnán vliv zátěže na danou měřenou vlastnost.

## 5 Výsledky

V této části budou popsány výsledky, jejímž hlavním charakterem bude vyjádření vlivu výstroje a výzbroje, či varianty kleku na hodnoty polohy a pohybu různých bodů a COP. Naměřené údaje jako celková dráha pohybu bodů a COP, výšky bodů horní části těla, úhlu natočení ramen, či maximálního úhlu odchylky záměrné, budou součástí přílohy 1: Naměřená data.

Celkově bude tato kapitola rozdělena do 4 podkapitol, z nichž každá má za úkol zodpovědět jednu výzkumnou otázku:

- Vliv zátěže na držení těla.
- Vliv zátěže na stabilitu mířeni.
- Vliv zátěže na rovnováhu v poloze.
- Vliv varianty kleku na držení těla.

Obsahem těchto podkapitol bude popis průběhu změn naměřených údajů s přibývajícím zátěží a následně bude tento vliv otestován párovým T-testem opakovaných měření.



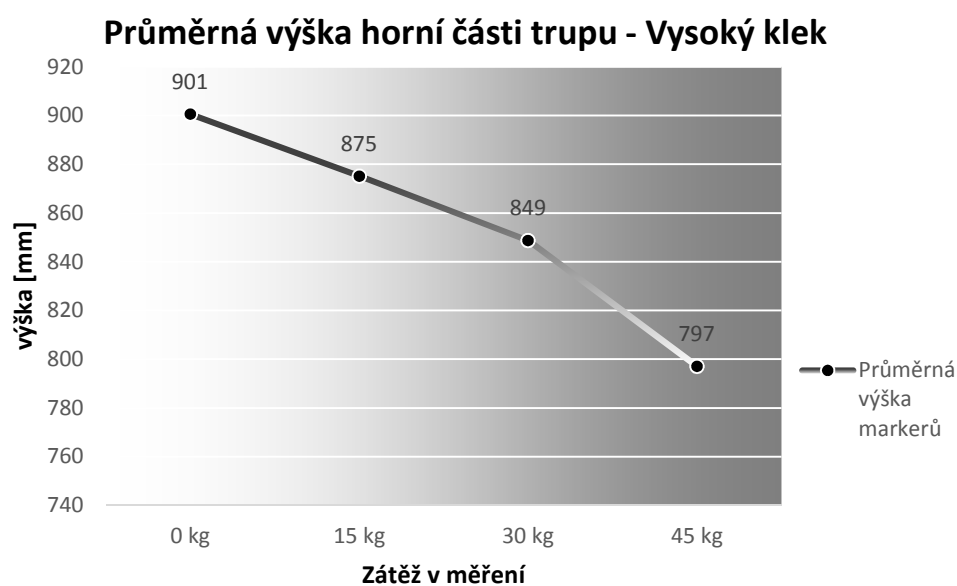
## 5.1 Vliv zátěže na držení těla

Obsahem této kapitoly jsou výsledky všech relevantních měření pro posouzení vlivu zátěže na výsledném držení těla při střelecké poloze v kleku. Pro posouzení tohoto vlivu byla zhodnocována průměrná výška markerů na horní části těla a průměrný úhel natočení ramen. Tento test tedy hledal jaký vliv bude mít výstroj a výzbroj na tyto měřené údaje.

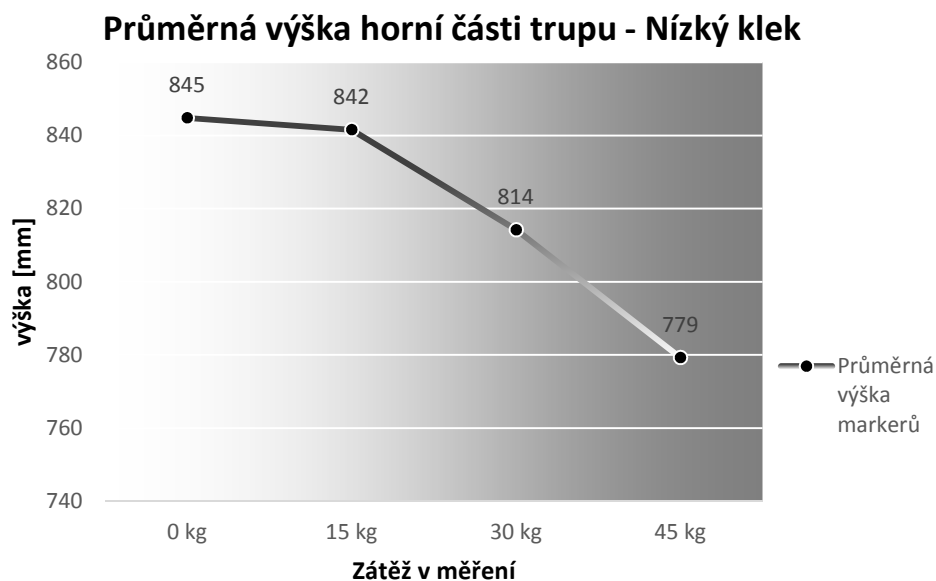
### 5.1.1 Průběh změn výšky horní části trupu při zátěži

Měření markerů na horní části trupu bylo ve smyslu zachování dat pro další analýzu velmi úspěšné. Naměřená data vybraných markerů byly pro další analýzu použitelná ze všech měření. Jak je již uvedeno v části analýze dat, pro posouzení výšky horní části trupu byly použity markery na ramenou, krku a hlavni zbraně.

Jak je vidět u následujících grafů, s přibývajícím zátěží výrazně klesala výška průměru ramen, krku a hlavně. Tento pokles výšky probíhal u většiny respondentů shodně s průměrem, kdy s přibývajícím zátěží značně klesala výška trupu. Výjimku tvoří pokles výšky při 15 kg zátěže u nízkého kleku, který je oproti měření bez zátěže pouhých 3 mm. U vysoké varianty kleku lze navíc pozorovat prudší pokles trupu u zátěže 45 kg.



graf 1 – Průběh poklesu výšky trupu s přidáním zátěží – vysoký klek



**graf 2 – Průběh poklesu výšky trupu s přidanou zátěží – nízký klek**

### 5.1.2 Test vlivu zátěže na výšku horní části trupu

Vliv zátěže plynoucí z výstroje a výzbroje na výšku horní části trupu byl ověřen párovým T-testem, který porovnával každé měření se zátěží s prvním měřením bez zátěže. Takto byly mezi sebou porovnány měření z vysoké i nízké varianty kleku. Protože byla použita všechna data z měření, odpovídal pro každý T-test stupeň volnosti 15.

Vliv výstroje a výzbroje na výšku trupu se při zvolené hladině významnosti 0,01 ukázal ve všech provedených měřeních jako statisticky **velmi signifikantní**. Výjimkou je test vlivu 15 kg zátěže na výšku trupu v nízké variantě kleku, kde se vliv neprokázal. Měření tedy poukazuje na silný vliv výstroje a výzbroje, jeho váhy a rozložení, na výšku trupu ve střelecké poloze v kleku s výjimkou vlivu 15kg zátěže na výšku trupu při nízké variantě kleku. Nulová hypotéza o shodě středních hodnot je tedy zamítnuta u porovnávaných měření s prokázaným vlivem, s pravděpodobností chyby 1 %. Nulová hypotéza není vyvrácena u vlivu 15kg zátěže na výšku horní části trupu. Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.

| Varianta kleku           | Vysoká |        |         | Nízká  |        |         |
|--------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
|                          | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   |
| Porovnaní měření         | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   |
| Výsledek bez zátěže [mm] | 901    | 901    | 901     | 845    | 845    | 845     |
| Výsledek se zátěží [mm]  | 875    | 849    | 797     | 842    | 814    | 779     |
| Počet dat                | 16     | 16     | 16      | 16     | 16     | 16      |
| Průměrná diference       | 25,43  | 51,88  | 103,49  | 3,25   | 30,63  | 65,6    |
| Směrodatná odchylka      | 25,76  | 27,47  | 40,02   | 28,98  | 31,23  | 44,91   |
| Rozptyl                  | 663,57 | 754,59 | 1601,62 | 839,84 | 975,35 | 2016,67 |
| Hladina významnosti      | 1%     | 1%     | 1%      | 5%     | 1%     | 1%      |
| Stupňů volnosti          | 15     | 15     | 15      | 15     | 15     | 15      |
| Kritická hodnota         | 2,9467 | 2,9467 | 2,9467  | 2,1314 | 2,9467 | 2,9467  |
| Rozdíl je signifikantní  | VELMI  | VELMI  | VELMI   | NE     | VELMI  | VELMI   |

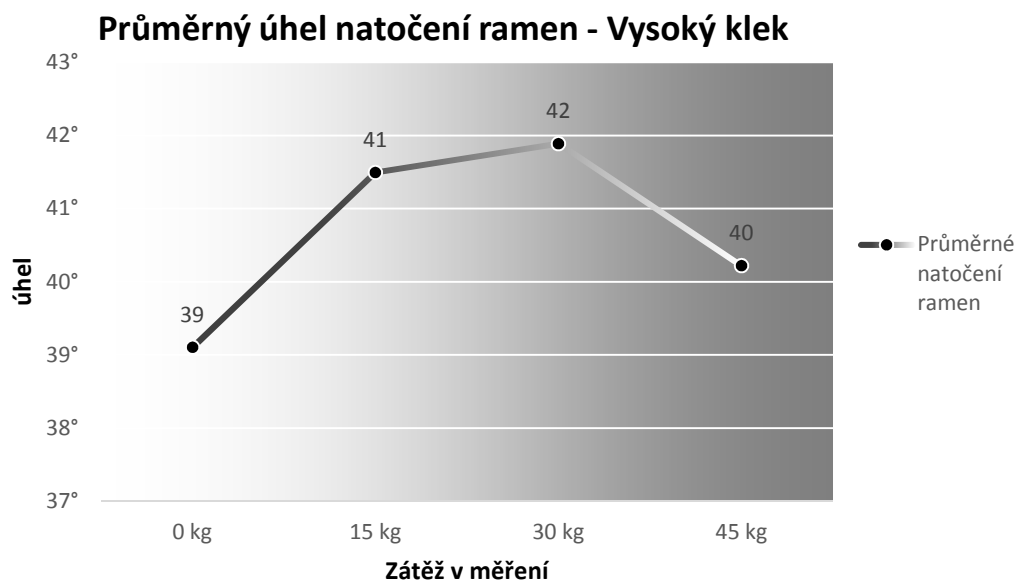
tabulka 1 – Výsledky párového T-testu pro výšku horní části

### 5.1.3 Průběh změn úhlu natočení při zátěži

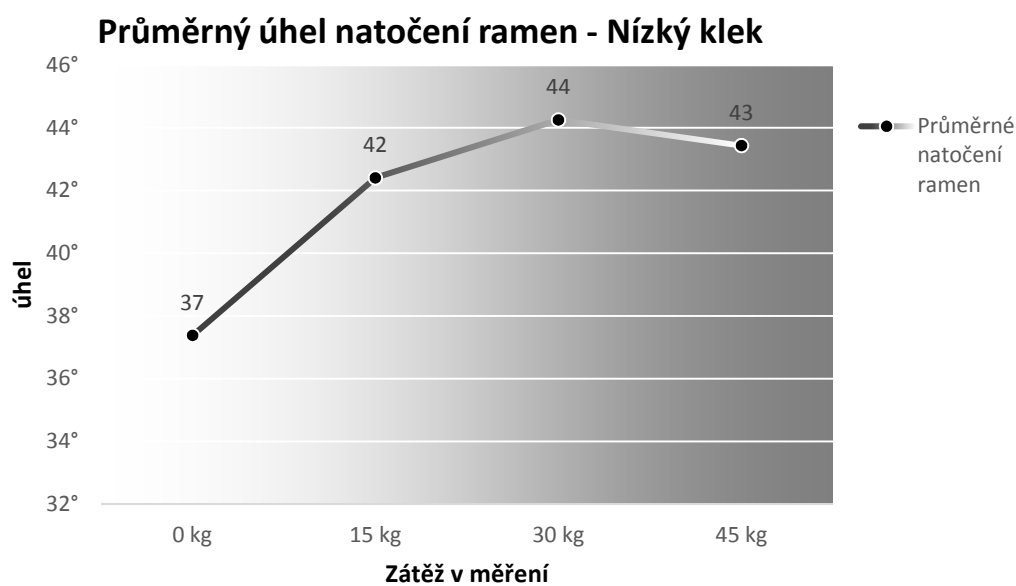
Toto měření bylo také ve smyslu zachování dat pro analýzu velmi úspěšné. I zde bylo možné použít všechna naměřená data z polohy markerů na ramenou testovaných.

Výsledky dosahovaly vysoké variability mezi jednotlivci, což bylo dáno individuálním provedením kleku co se týče natočení ramen. Celkový průměr natočení ramen testovaných se s přibývajícím zátěží měnil v rozmezí 37° až 44°. Toto rozmezí odpovídá optimálnímu natočení ramen 30° až 45° podle Černého a Goetze (2004).

U vysoké varianty kleku nebylo dosaženo výrazných změn průměrného natočení ramen. U nízké varianty se však úhel natočení lišil od měření bez výstroje až o 7°



graf 3 – Průběh změn natočení ramen s přidáním zátěží – vysoký klek



graf 4 – Průběh změn natočení ramen s přidáním zátěží – nízký klek

## 5.1.4 Test vlivu zátěže na úhlu natočení ramen

Po párovém T-testu byl potvrzen pouze vliv 30 a 45kg zátěže na natočení ramen při nízké variantě střelecké polohy v kleku, s hladinou významnosti 1 až 5 %. U těchto potvrzených vlivů byla tedy zamítnuta  $[H_0]$  s pravděpodobností chyby 1 až 5 %. U zbytku zjišťovaných vlivů  $[H_0]$  nebyla zamítnuta.

| Varianta kleku          | Vysoká |        |        | Nízká  |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                         | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4  | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4  |
| Porovnání měření        | 39     | 39     | 39     | 37     | 37     | 37     |
| Výsledek bez zátěže [°] | 39     | 39     | 39     | 37     | 37     | 37     |
| Výsledek se zátěží [°]  | 41     | 42     | 40     | 42     | 44     | 43     |
| Počet dat               | 16     | 16     | 16     | 16     | 16     | 16     |
| Průměrná diference      | -2,39  | -2,78  | -1,12  | -5,03  | -6,88  | -6,05  |
| Směrodatná odchylka     | 5,91   | 9,45   | 8,51   | 11,23  | 7,12   | 8,37   |
| Rozptyl                 | 34,93  | 89,24  | 72,43  | 126,2  | 50,76  | 70,01  |
| Hladina významnosti     | 5%     | 5%     | 5%     | 5%     | 1%     | 5%     |
| Stupňů volnosti         | 15     | 15     | 15     | 15     | 15     | 15     |
| Kritická hodnota        | 2,1314 | 2,1314 | 2,1314 | 2,1314 | 2,9467 | 2,1314 |
| Rozdíl je signifikantní | NE     | NE     | NE     | NE     | VELMI  | ANO    |

Tabluka 2 – Výsledky párového T-testu pro úhel natočení ramen

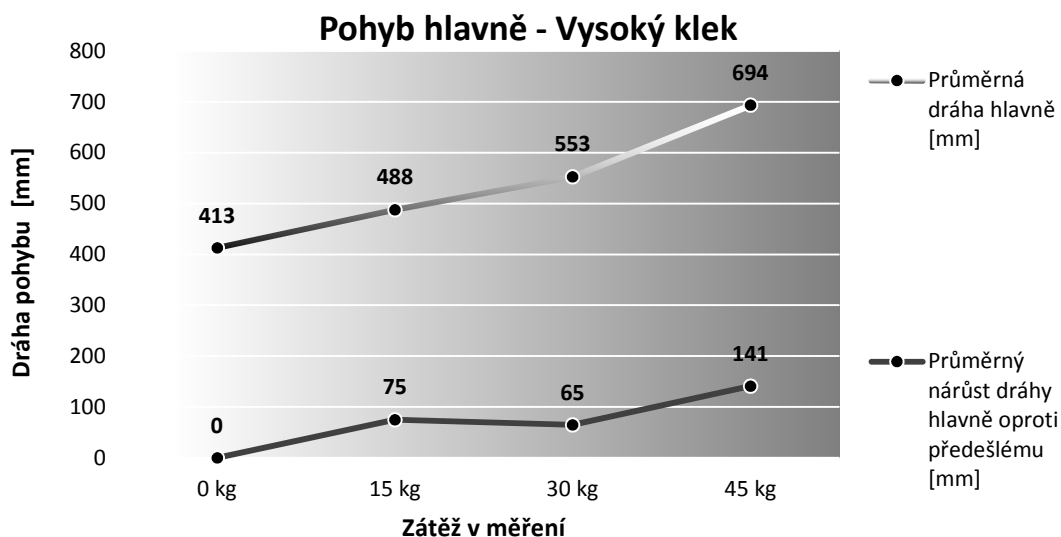
## **5.2 Vliv zátěže na stabilitu míření**

Obsahem této kapitoly jsou výsledky všech relevantních měření pro posouzení vlivu zátěže na stabilitu míření. Tento vliv byl posuzován na základě celkové dráhy pohybu hlavně a maximální dosažené odchylky záměrné od průměrného směru míření, během 25s měření.

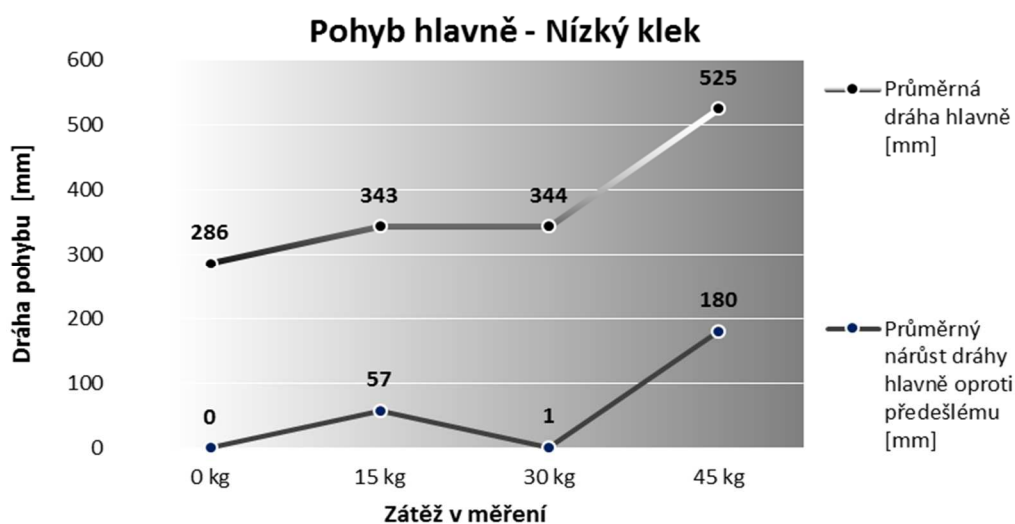
### **5.2.1 Průběh změn pohybu hlavně při zátěži**

Toto měření bylo ve smyslu změřených a zachování dat velmi úspěšné. Údaje o pohybu hlavně bylo možné použít ze všech provedených, případně opravných měření. Všechny chybějící nebo chybné části dráhy byly dopočítány pomocí QTM a nepředstavovaly větší než 1% část měření, ve kterém se vyskytly.

U většiny respondentů došlo k výraznému navýšení dráhy, kterou marker na hlavni během 25s měření urazil s každou přidanou zátěží. Průběh přibývajících dráhy by se dalo charakterizovat jako mírně exponenciální, protože průběh nárůstu dráhy oproti předešlému měření byl přibližně lineární. Výjimku tvoří třetí měření nízké varianty kleku, kdy přidáním 15kg batohu na záda byl způsoben průměrný nárůst pouze necelý milimetr oproti předešlému měření. Za nejpravděpodobnější příčinu lze považovat fakt, že nízká varianta kleku byla méně ovlivňována přidanou zátěží a obecně poskytovala lepší stabilitu v poloze, což dokládají naměřené výsledky z posunu COP. Dalším důvodem může být ten, že 15kg batoh, který posouval těžiště vzad, vyrovnal posunutí těžiště vpřed způsobené sumkami, vestou a helmou. To by dokládalo i mírně zmenšený nárůst pohybu hlavně v třetím měření vysoké varianty kleku. Celkový průběh navyšování průměrné dráhy hlavně s přidanou zátěží znázorňují následující grafy.



graf 5 – Průběh pohybu hlavně s přidanou zátěží – vysoký klek



graf 6 – Průběh pohybu hlavně s přidanou zátěží – vysoký klek

## 5.2.2 Test vlivu zátěže na pohyb hlavně

Protože byla použita všechna data z měření hlavně, odpovídal pro každý T-test stupeň volnosti 15. Vliv výstroje a výzbroje na pohyb hlavně se při zvolené hladině významnosti 0,01 ukázal ve všech provedených měřeních jako statisticky **velmi signifikantní**. To znamená, že měření potvrzuje vliv výstroje a výzbroje na pohyb hlavně ve střelecké poloze v kleku. Nulová hypotéza o shodě středních hodnot je tedy zamítnuta u všech porovnávaných měření s pravděpodobností chyby 1 %. Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.

| Varianta kleku           | Vysoká  |          |          | Nízká   |         |          |
|--------------------------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|
| Porovnaní měření         | 1 x 2   | 1 x 3    | 1 x 4    | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4    |
| Výsledek bez zátěže [mm] | 413     | 413      | 413      | 286     | 286     | 286      |
| Výsledek se zátěží [mm]  | 488     | 553      | 694      | 343     | 344     | 525      |
| Počet dat                | 16      | 16       | 16       | 16      | 16      | 16       |
| Průměrná diference       | -74,89  | -139,59  | -280,42  | -57,23  | -58,06  | -238,53  |
| Směrodatná odchylka      | 73,46   | 172,48   | 246,43   | 71,89   | 67,59   | 208,26   |
| Rozptyl                  | 5396,51 | 29748,15 | 60728,31 | 5168,08 | 4568,72 | 43371,74 |
| Hladina významnosti      | 1%      | 1%       | 1%       | 1%      | 1%      | 1%       |
| Stupňů volnosti          | 15      | 15       | 15       | 15      | 15      | 15       |
| Kritická hodnota         | 2,9467  | 2,9467   | 2,9467   | 2,9467  | 2,9467  | 2,9467   |
| Rozdíl je signifikantní  | VELMI   | VELMI    | VELMI    | VELMI   | VELMI   | VELMI    |

tabulka 3 – Výsledky párového T-testu pro pohyb hlavě

### 5.2.3 Průběh změn v maximální odchylce záměrné při zátěži

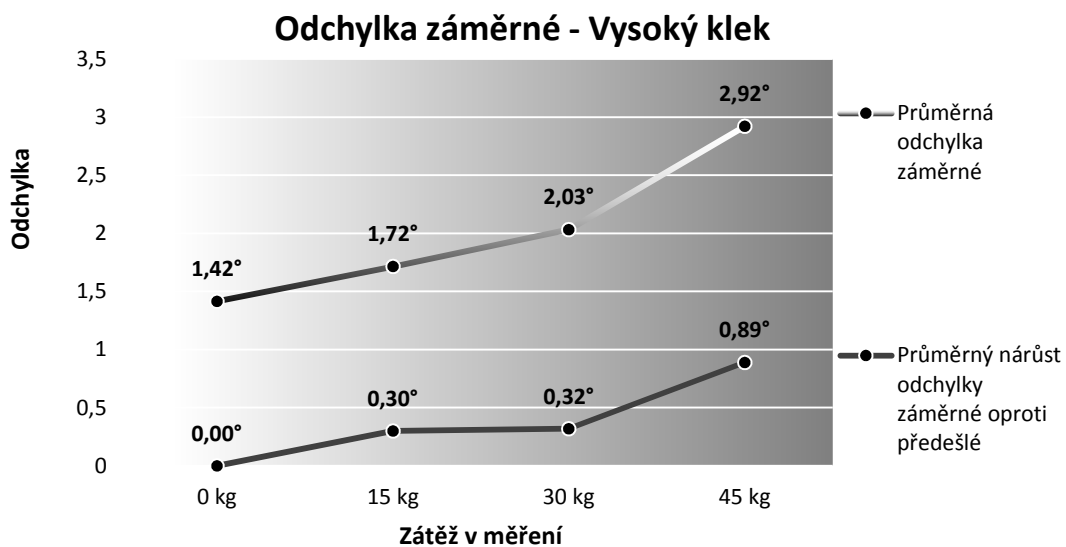
Toto měření bylo ve smyslu změřených použitelných dat pro vyhodnocování úhlu úspěšné pouze z většiny. Aby byly data pro toto vyhodnocování použitelná, musely být změřeny oba body na hlavní zbraně alespoň ve zhruba v 95 % měřeného úseku. To se povedlo u 120 měření ze 128 (8 měření x 16 probandů).

Průběh změn v maximální odchylce s přibývajícím zátěží se u změřených respondentů velmi lišila v závislosti na použité variantě kleku. Při variantě vysokého kleku se maximální odchylka zvyšovala s přibývajícím zátěží exponenciálně. I zde však můžeme pozorovat mírné zpomalení nárůstu ve třetím měření při přidání batohu.

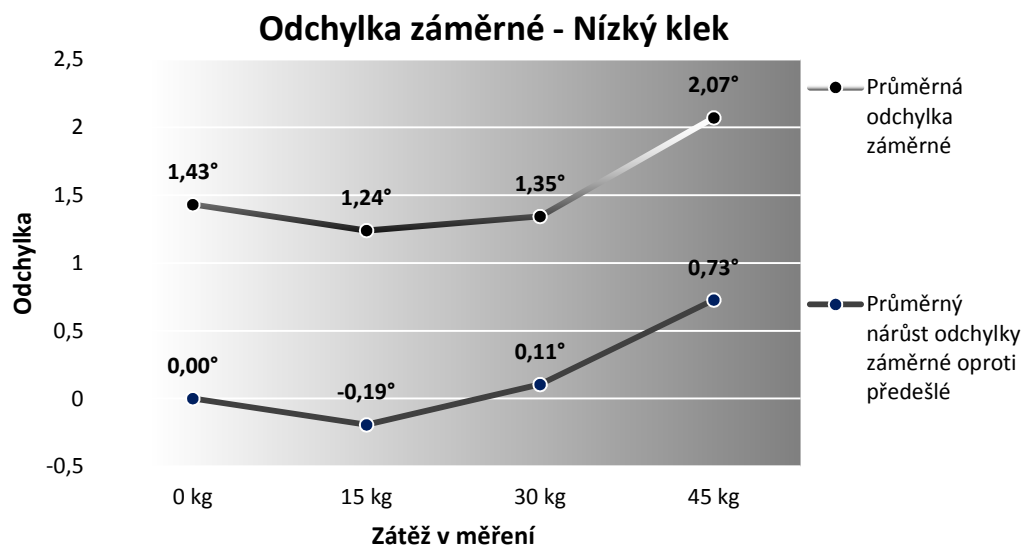
Při nízké variantě se ale naopak maximální úhel v prvních dvou zátěžích snížil, oproti měření bez zátěže. Maximální úhel se v průměru výrazně zvýšil až s třetí zátěží 45 kg.

Následující grafy znázorňují průběh změn průměrných odchylek záměrné od průměrného směru míření.





graf 7 – Průběh Maximální odchylky záměrné s přidanou zátěží – vysoký klek



graf 8 – Průběh Maximální odchylky záměrné s přidanou zátěží – vysoký klek

## 5.2.4 Test vlivu zátěže na maximální odchylku záměrné

Vliv výstroje a výzbroje na maximální odchylku záměrné se při zvolené hladině významnosti 0,05 ukázal ve většině provedených měřeních jako statisticky **nesignifikantní**. Jako statisticky signifikantní se ukázal pouze vliv zátěže 45 kg při vysoké variantě střelecké polohy v kleku. To znamená, že ačkoliv výsledky měření poukazují na stoupání maximální odchylky záměrné vlivem výstroje a výzbroje, nelze u většiny měření potvrdit vliv zátěže na maximální odchylku záměrné od průměrného směru míření.

Důvodem, že se ve většině vliv neukázal jako signifikantní je vysoká variantnost ve výsledcích jednotlivců. Dokonce i průběh nárůstu úhlu s přibývajícím zátěží se mezi testovanými velmi lišil. Pro jednoznačné potvrzení vlivu výstroje a výzbroje na maximální odchylku záměrné by bylo nutné měření provést s více respondenty, kdy by se tato variantnost vyrušila. Dalším řešením by bylo provést měření s homogennější skupinou respondentů, co se týče zkušeností se střelbou, maximální silou, apod. Nulová hypotéza o shodě středních hodnot tedy není zamítnuta až na porovnání měření 1 a 4, kdy je zamítnuta s pravděpodobností chyby 5 %. Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.

| Varianta kleku          | Vysoká  |         |         | Nízká  |        |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|
|                         | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4   | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   |
| Porovnání měření        | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4   | 1 x 2  | 1 x 3  | 1 x 4   |
| Výsledek bez zátěže [°] | 1,42    | 1,42    | 1,42    | 1,43   | 1,43   | 1,43    |
| Výsledek se zátěží [°]  | 1,72    | 2,03    | 2,92    | 1,24   | 1,35   | 2,07    |
| Počet dat               | 15      | 15      | 14      | 15     | 15     | 14      |
| Průměrná diference      | -0,300° | -0,618° | -1,615° | 0,192° | 0,086° | -0,730° |
| Směrodatná odchylka     | 1,054°  | 1,656°  | 2,050°  | 1,757° | 1,895° | 1,667°  |
| Rozptyl                 | 1,11    | 2,74    | 4,2     | 3,09   | 3,59   | 2,78    |
| Hladina významnosti     | 5%      | 5%      | 5%      | 5%     | 5%     | 5%      |
| Stupňů volnosti         | 14      | 14      | 13      | 14     | 14     | 13      |
| Kritická hodnota        | 2,1448  | 2,1448  | 2,1604  | 2,1448 | 2,1448 | 2,1604  |
| Rozdíl je signifikantní | NE      | NE      | ANO     | NE     | NE     | NE      |

tabulka 4 – Výsledky párového T-testu pro odchylku hlavně

## 5.3 Vliv zátěže na rovnováhu v poloze

Obsahem této kapitoly jsou výsledky všech relevantních měření pro posouzení vlivu zátěže na rovnováhu v poloze. Tento vliv byl posuzován na základě celkové dráhy pohybu krku, levé kyčle a COP během 25s měření. Důvodem výběru levé kyčle je větší podíl změřených dat, než tomu bylo u pravé kyčle.

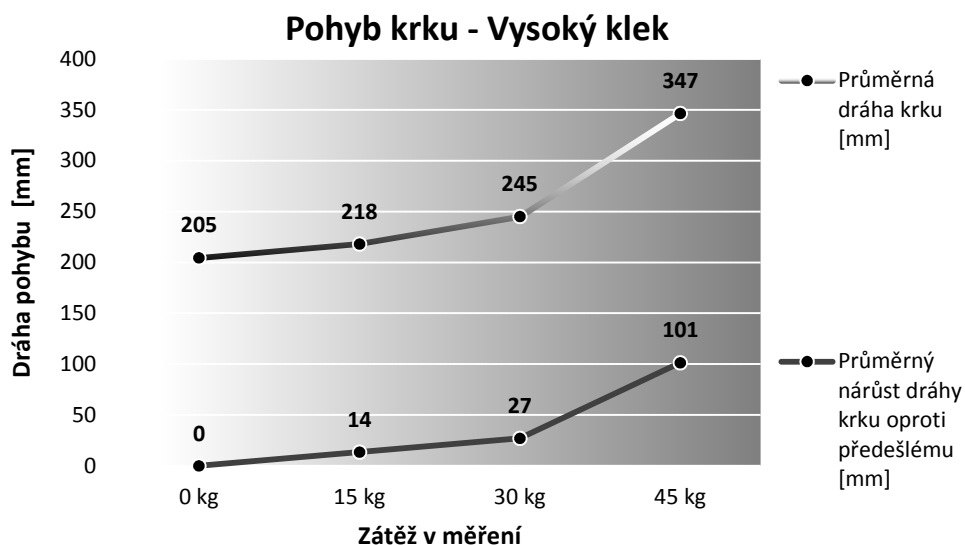
### 5.3.1 Průběh pohybu krku při zátěži

Stejně jako u měření pohybu hlavně, i zde byla posuzována celková dráha, kterou marker umístěný na C7 během měření urazil. Čím delší dráhu tento bod urazil, tím potenciálně horší byla stabilita horní části pohybového segmentu.

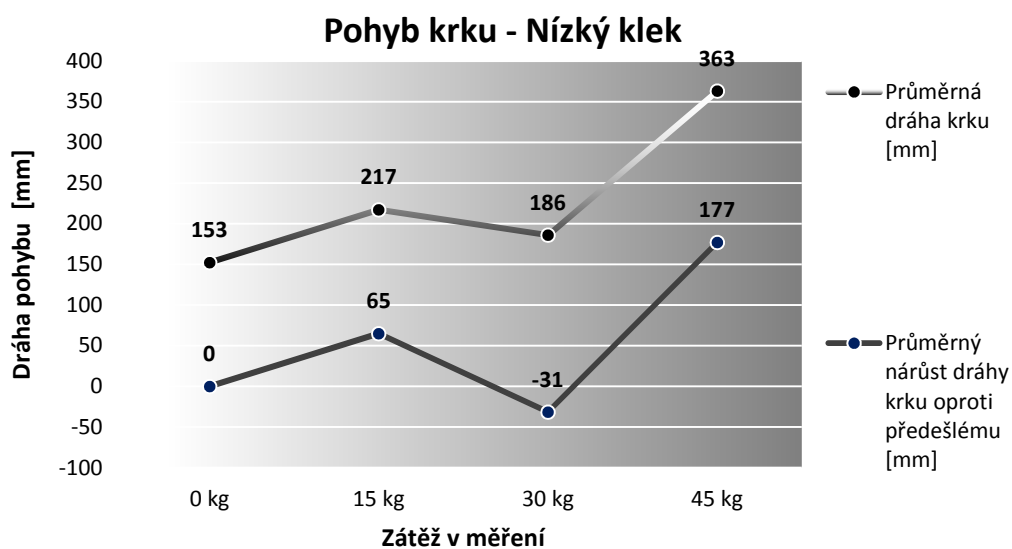
Toto měření bylo ve smyslu změřených použitelných dat pro vyhodnocování úhlu relativně úspěšné. Data z 118 měření (z celkových 128) byla použitelná pro další hodnocení. I zde bylo nutné zbývající data v QTM individuálně posoudit zdali jsou relevantní a případně upravit podle skutečnosti.

U většiny měření došlo při navýšení zátěže k navýšení dráhy, kterou marker na krku během 25s měření urazil. Tento růst uražené dráhy s každou přidanou zátěží byl navíc exponenciální. Výrazná změna nastala u třetího měření nízké varianty kleku. Při tomto měření nejen že průměrná dráha respondentů oproti předešlému nestoupala, ale výrazně klesla a to o v průměru 31 mm z předešlých 217 mm. Důvodem zde může být přidání zátěže ve formě batohu, který vyrovnal posun těžiště vpřed, způsobený vestou se sumkami a helmou. Toto vyrovnání těžiště se zdá pro ustálení pohybu horní části trupu a krku kritické a nejspíš bylo v tomto případě dosaženo optimálního postavení těžiště těla.

Celkový průběh průměrného navýšování dráhy krku s přidanou zátěží znázorňují následující grafy.



graf 9 – Průběh pohybu krku s přidanou zátěží – vysoký klek



graf 10 – Průběh pohybu krku s přidanou zátěží – vysoký klek

## 5.3.2 Test vlivu zátěže na pohyb krku

Vliv výstroje a výzbroje na celkovou dráhu pohybu krku se při zvolené hladině významnosti 0,05 ukázal ve většině provedených měřeních jako statisticky **signifikantní**. Při porovnání měření 1 a 3 při nízké variantě kleku s hladinou významnosti 0,01 dokonce jako **velmi významantní**. U těchto měření byla tedy zamítnuta nulová hypotéza s pravděpodobností chyby 1 až 5 %.

Jako statisticky nesignifikantní se ukázal pouze vliv zátěže 15 a 30 kg při vysoké variantě střelecké polohy v kleku. U těchto porovnání tedy nebyla zamítnuta nulová hypotéza.

Tento test tedy neprokázal vliv zátěže 15 a 30 kg na pohyb krku při vysoké variantě kleku, zatímco u 45kg zátěže byl vliv prokázán. Co se týče nízké varianty kleku, tak na naměřené výsledky podle testu měla přidaná zátěž vliv. Velmi signifikantní rozdíly středních hodnot při porovnání měření 1 a 3 u nízké varianty kleku navíc ukazují, že pokles pohybu krku oproti předešlému měření s pravděpodobností 99% není náhodné.

Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.

| Varianta kleku           | Vysoká   |          |          | Nízká    |          |          |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    |
| Porovnání měření         | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    |
| Výsledek bez zátěže [mm] | 205      | 205      | 205      | 153      | 153      | 153      |
| Výsledek se zátěží [mm]  | 218      | 245      | 347      | 217      | 186      | 363      |
| Počet dat                | 15       | 14       | 14       | 15       | 14       | 14       |
| Průměrná diference       | -17,4853 | -36,2107 | -137,824 | -64,8873 | -75,7128 | -218,074 |
| Směrodatná odchylka      | 99,59956 | 79,4082  | 214,6181 | 109,701  | 42,97256 | 277,9811 |
| Rozptyl                  | 9920,072 | 6305,663 | 46060,93 | 12034,3  | 1846,641 | 77273,47 |
| Hladina významnosti      | 5%       | 5%       | 5%       | 5%       | 1%       | 5%       |
| Stupňů volnosti          | 14       | 13       | 13       | 14       | 13       | 13       |
| Kritická hodnota         | 2,144787 | 2,160369 | 2,160369 | 2,144787 | 3,012276 | 2,160369 |
| Rozdíl je signifikantní  | NE       | NE       | ANO      | ANO      | VELMI    | ANO      |

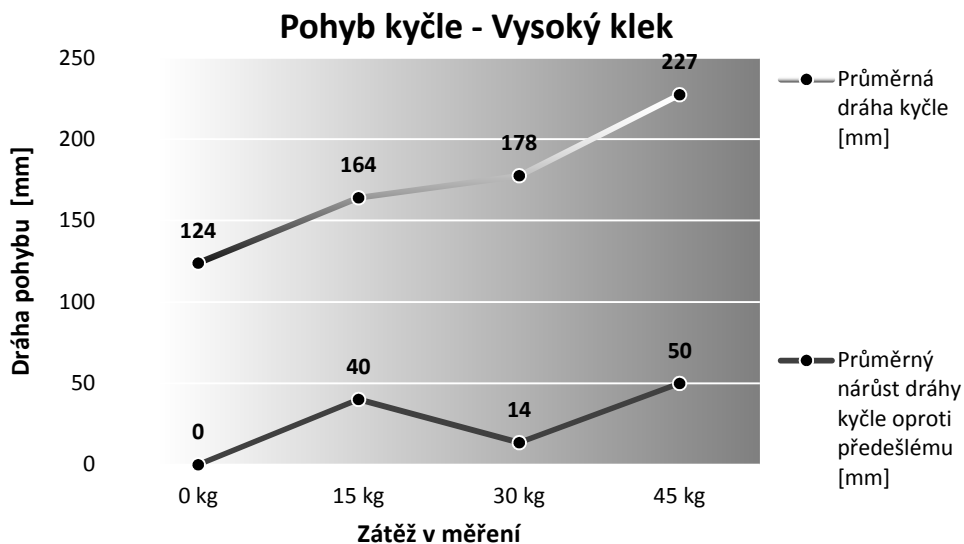
tabulka 5 – Výsledky párového T-testu pro pohyb krku

### 5.3.3 Průběh pohybu kyčle při zátěži

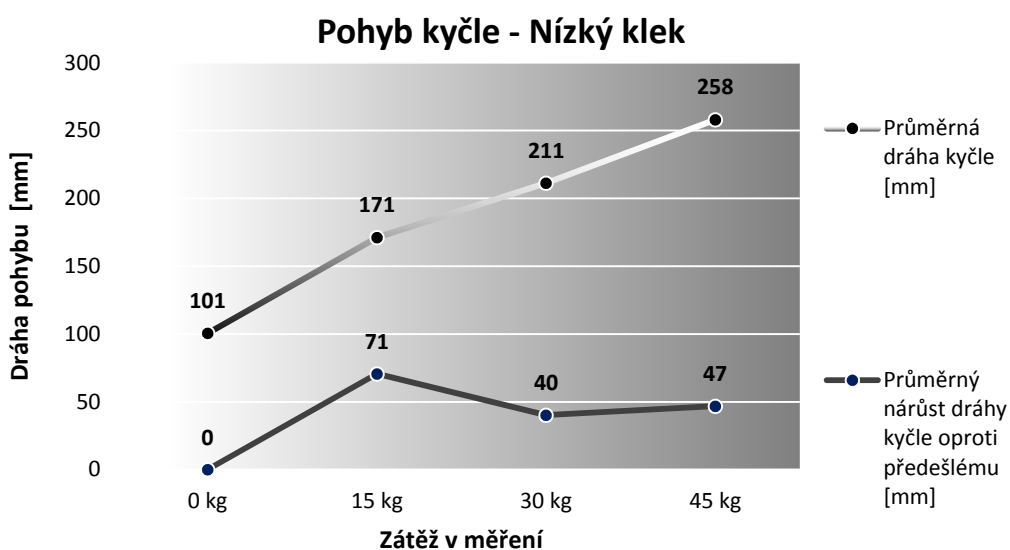
I v tomto měření byla posuzována celková dráha, kterou marker umístěný na levé kyčli během měření urazil. Čím delší dráhu tento bod urazil, tím potencionálně horší byla rovnováha v poloze.

Toto měření bylo ve smyslu změřených použitelných dat pro další vyhodnocování úspěšné jen zčásti. Pouze data ze 100 měření (z celkových 128) byla použitelná pro další hodnocení. Důvodem ztráty dat bylo většinou zastínění markerů umístěných na kyčlích před kamerami. Zastínění bylo způsobeno nejčastěji batohem, což dokazuje větší úbytek dat z měření 3 a 4 (viz. Příloha 1: naměřená data).

Dle výsledků byl růst dráhy kyčle se zvyšující se zátěží spíše lineární. Důvodem je nejspíše lineárně rostoucí zátěž. Protože mohou být výsledné průměry pohybu kyčle v těchto měřeních poměrně zkreslené ztrátou dat, lze jen těžko odvozovat další závěry z průběhu křivek průměrného růstu pohybu kyčle při zátěži.



graf 11 – Průběh pohybu kyčle s přidanou zátěží – vysoký klek



graf 12 – Průběh pohybu kyčle s přidanou zátěží – vysoký klek

### 5.3.4 Test vlivu zátěže na pohyb kyčle

Vliv výstroje a výzbroje na celkovou dráhu pohybu kyčle se i přes značnou ztrátu dat ukázal jako **signifikantní**. Při porovnání měření 1 s měřeními 2 a 4 při vysoké variantě kleku dokonce jako **velmi signifikantní**.

Tento test tedy potvrdil vliv přibývajících zátěží na pohyb kyčle ve střelecké poloze v kleku. Nulová hypotéza o shodě středních hodnot je tedy zamítnuta u všech porovnávaných měření s pravděpodobností chyby 1 až 5%. Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.

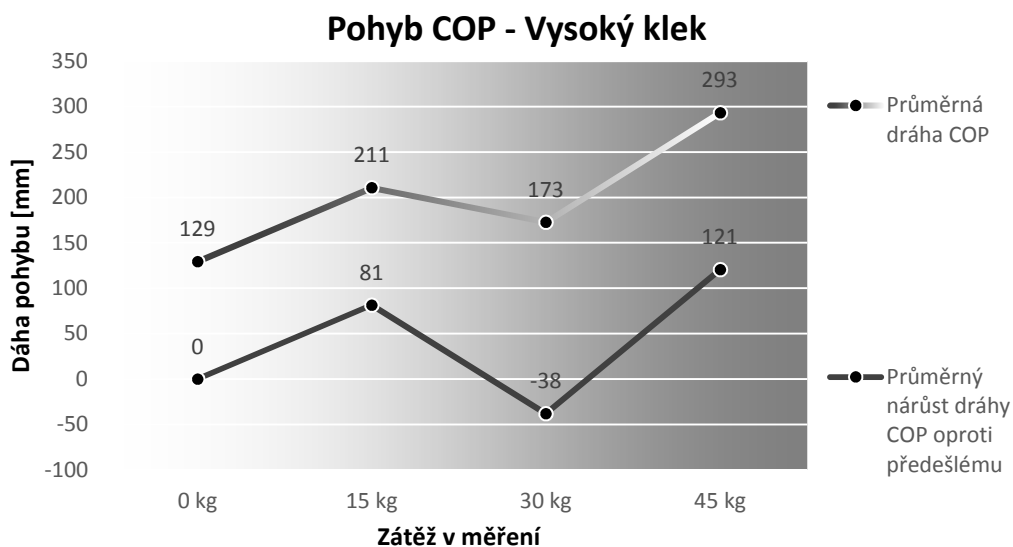
| Varianta kleku           | Vysoká  |         |          | Nízká    |          |          |
|--------------------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
|                          | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4    | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    |
| Porovnání měření         | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4    | 1 x 2    | 1 x 3    | 1 x 4    |
| Výsledek bez zátěže [mm] | 124     | 124     | 124      | 101      | 101      | 101      |
| Výsledek se zátěží [mm]  | 164     | 178     | 227      | 171      | 211      | 258      |
| Počet dat                | 13      | 10      | 11       | 13       | 11       | 9        |
| Průměrná diference       | -34,66  | -57,85  | -125,71  | -69,1    | -127,45  | -177,41  |
| Směrodatná odchylka      | 35,13   | 62,91   | 111,63   | 113,07   | 167,6    | 214,62   |
| Rozptyl                  | 1234,09 | 3957,89 | 12461,27 | 12785,55 | 28090,89 | 46062,45 |
| Hladina významnosti      | 1%      | 5%      | 1%       | 5%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti          | 12      | 9       | 10       | 12       | 10       | 8        |
| Kritická hodnota         | 3,0545  | 2,2622  | 3,1693   | 2,1788   | 2,2281   | 2,306    |
| Rozdíl je signifikantní  | VELMI   | ANO     | VELMI    | ANO      | ANO      | ANO      |

tabulka 6 – Výsledky párového T-testu pro pohyb kyčle

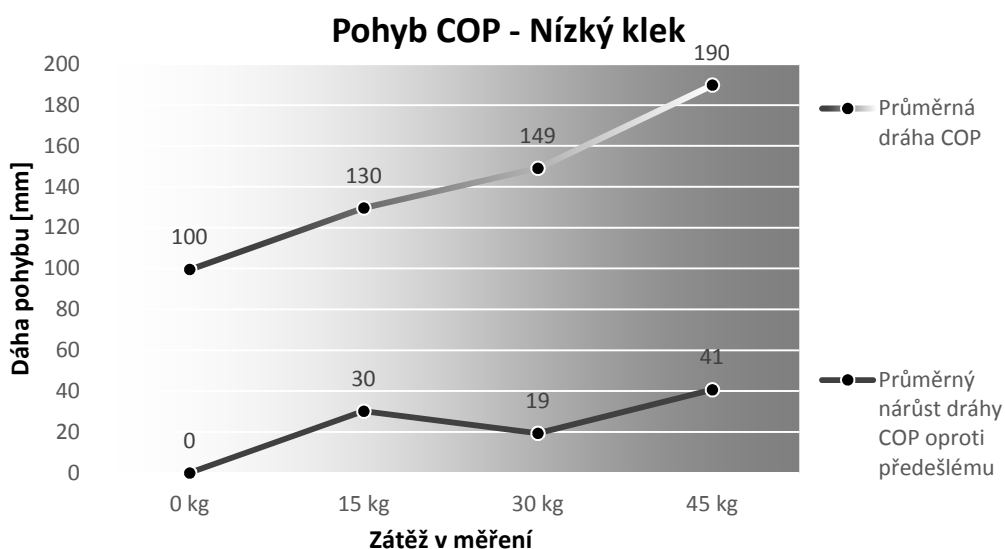
### 5.3.5 Průběh pohybu COP při zátěži

Z měření pohybu COP bylo nutno vyřadit data z měření respondentů 4 a 7 z důvodu špatně změřených údajů. Zbylo tedy 14 výsledků z každé zátěže pro další analýzu.

Jak je vidět z následujících grafů, celkový pohyb COP s přidanou zátěží roste. Jedinou výjimku tvoří měření s 30kg zátěží v obou variantách kleku. Pravděpodobným důvodem zde může opět být vyrovnání polohy těžiště batohem oproti předešlému měření jen s vestou a helmou.



graf 13 – Průběh pohybu COP s přidanou zátěží – vysoký klek



graf 14 – Průběh pohybu COP s přidanou zátěží – nízký klek

## 5.3.6 Test vlivu zátěže na pohyb COP

Vliv výstroje a výzbroje na celkovou dráhu pohybu COP se při zvolené hladině významnosti 0,01 ukázal ve všech provedených měřeních jako statisticky **velmi signifikantní**. U těchto měření byla tedy zamítnuta nulová hypotéza s pravděpodobností chyby 1%. Výsledky z jednotlivých T-testů jsou uvedeny v následující tabulce.



| Varianta kleku           | Vysoká  |         |          | Nízká  |         |         |
|--------------------------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|
|                          | 1 x 2   | 1 x 3   | 1 x 4    | 1 x 2  | 1 x 3   | 1 x 4   |
| Porovnání měření         | 100     | 100     | 100      | 129    | 129     | 129     |
| Výsledek bez zátěže [mm] | 100     | 100     | 100      | 129    | 129     | 129     |
| Výsledek se zátěží [mm]  | 130     | 149     | 190      | 211    | 173     | 293     |
| Počet dat                | 14      | 14      | 14       | 14     | 14      | 14      |
| Průměrná diference       | -81,34  | -43,34  | -163,93  | -30,16 | -49,57  | -90,27  |
| Směrodatná odchylka      | 76,08   | 49,84   | 114,76   | 31,48  | 37,36   | 78,9    |
| Rozptyl                  | 5787,91 | 2484,35 | 13168,79 | 990,91 | 1395,85 | 6225,58 |
| Hladina významnosti      | 1%      | 1%      | 1%       | 1%     | 1%      | 1%      |
| Stupňů volnosti          | 13      | 13      | 13       | 13     | 13      | 13      |
| Kritická hodnota         | 3,0123  | 3,0123  | 3,0123   | 3,0123 | 3,0123  | 3,0123  |
| Rozdíl je signifikantní  | VELMI   | VELMI   | VELMI    | VELMI  | VELMI   | VELMI   |

tabulka 7 – Výsledky párového T-testu pro pohyb COP

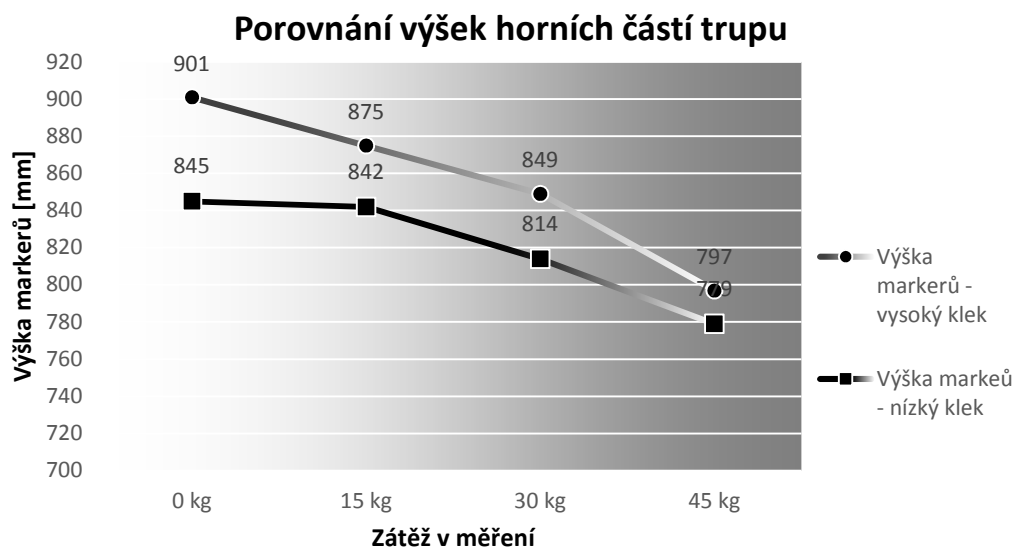
## 5.4 Vliv varianty střelecké polohy v kleku

Poslední kapitolou ve výsledcích je porovnání vlivu varianty střelecké polohy v kleku na měřené údaje. Ta by měla odpovědět na poslední výzkumnou otázku, která zní: Jak se bude lišit vliv výstroje a výbroje na vysokou a nízkou variantu střelecké polohy v kleku?

Každá podkapitola obsahuje stručné porovnání naměřených výsledků mezi nízkou a vysokou variantou střelecké polohy v kleku. Poté budou uvedeny výsledky z párového T-testu, který ověřoval vliv varianty kleku na měřený údaj. V tomto T-testu byly mezi sebou porovnávány výsledky ze stejného stupně zátěžení, přičemž každý z výsledků pocházel z jiné varianty kleku. Tento T-test tedy ověřoval vliv varianty kleku na měřený údaj, jehož výsledek bude uveden ke každému měřenému údaji.

## 5.4.1 Vliv varianty kleku na držení těla

Jako první byl porovnáván vliv varianty kleku na výšku horní části těla. Na následujícím grafu můžeme vidět, že výsledky přesně odpovídají pojmenování variant. Na grafu je také vidět že se rozdíly ve výškách s přibývajícím zátěží zmenšují.



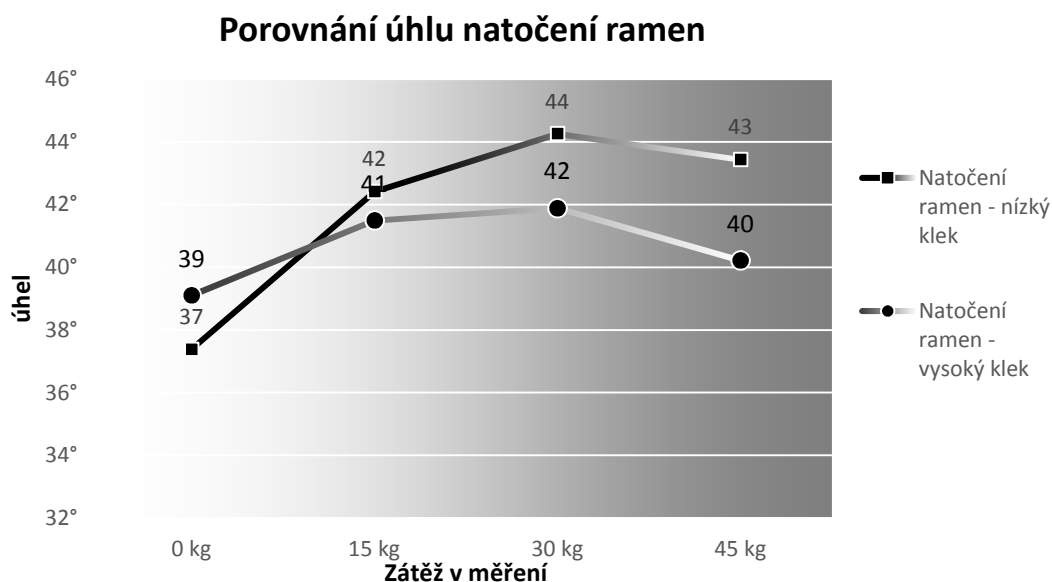
graf 15 – Porovnání výšek horních částí trupu

Následující T-test vliv varianty na výšku daných markerů potvrdil s 1 až 5% tolerancí chyby. Menší signifikance u zatížení 45 kg může být způsobena menším rozdílem výšek při stejné variantnosti výsledků.

| Zátěž                       | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [mm] | 900,6297 | 875,2028 | 848,7516 | 797,1434 |
| Výsledek - nízký klek [mm]  | 844,8861 | 841,6395 | 814,2523 | 779,2894 |
| Počet dat                   | 16       | 16       | 16       | 16       |
| Průměrná diference          | 55,74357 | 33,56335 | 34,49932 | 17,85398 |
| Směrodatná odchylka         | 38,91152 | 32,16442 | 27,16767 | 31,7825  |
| Rozptyl                     | 1514,106 | 1034,55  | 738,0823 | 1010,128 |
| Hladina významnosti         | 1%       | 1%       | 1%       | 5%       |
| Stupňů volnosti             | 15       | 15       | 15       | 15       |
| Kritická hodnota            | 2,946713 | 2,946713 | 2,946713 | 2,13145  |
| Rozdíl je signifikantní     | VELMI    | VELMI    | VELMI    | ANO      |

tabulka 8 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na výšku horních částí trupu

Při porovnání úhlu natočení ramen vidím, že nízký klek začíná na menším úhlu než vysoký, ale po přidání zátěže je úhel větší. To může být způsobeno tím, že místo opory předloktí o přední koleno působí jako otáčecí bod. Namísto toho u vysoké varianty se mohou ramena posouvat ve stejném poměru.



graf 16 – Porovnání natočení ramen

Následující T-test potvrdil vliv varianty kleku pouze u zátěže 45 kg s tolerancí chyby 5%.

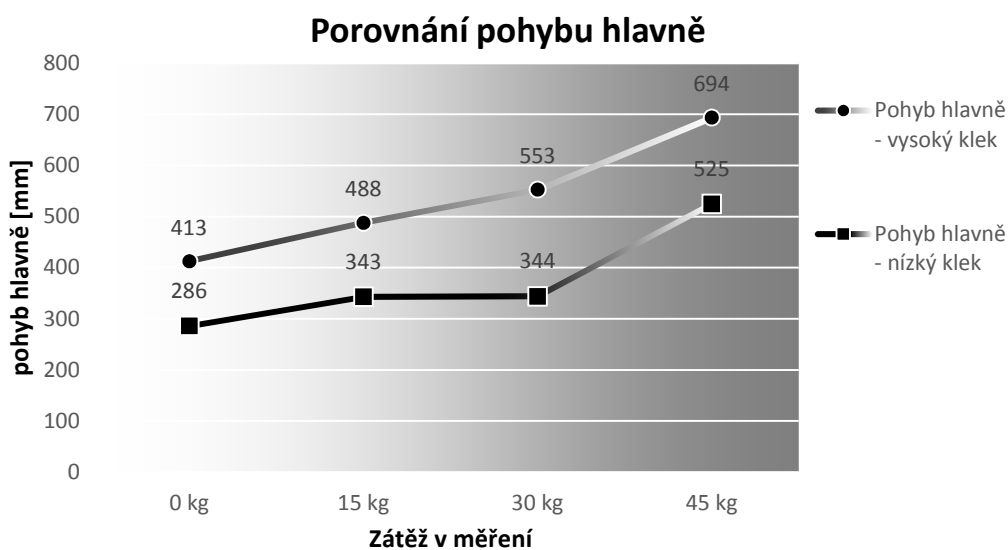
| Zátěž                      | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [°] | 39,11    | 41,50    | 41,89    | 40,22    |
| Výsledek - nízký klek [°]  | 37,39    | 42,42    | 44,26    | 43,44    |
| Počet dat                  | 16       | 16       | 16       | 16       |
| Průměrná diference         | 1,720718 | -0,91773 | -2,37217 | -3,21645 |
| Směrodatná odchylka        | 5,6823   | 8,136306 | 6,637844 | 5,032731 |
| Rozptyl                    | 32,28854 | 66,19948 | 44,06098 | 25,32838 |
| Hladina významnosti        | 5%       | 5%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti            | 15       | 15       | 15       | 15       |
| Kritická hodnota           | 2,13145  | 2,13145  | 2,13145  | 2,13145  |
| Rozdíl je signifikantní    | NE       | NE       | NE       | ANO      |

tabulka 9 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na natočení ramen

## 5.4.2 Vliv varianty kleku na stabilitu míření

Jako ukazatele pro stabilitu míření sloužila celková dráha markeru na hlavni a maximální úhel záměrné od průměrného směru míření.

Při porovnání celkového pohybu hlavně vidíme, že u nízkého kleku bylo dosahováno výrazně lepších výsledků, co se týče stability hlavně. To bude pravděpodobně dáno podepřením levé ruky o koleno a nižším těžištěm těla při nízké variantě.



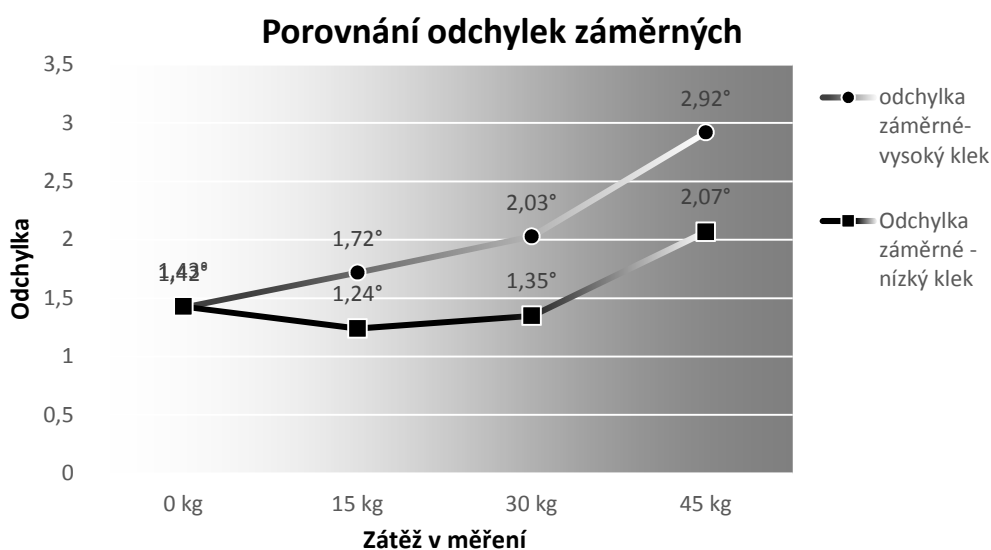
graf 17 – Porovnání natočení ramen

Vliv varianty kleku na pohyb hlavně byl potvrzen u všech úrovní zátěže s 1% tolerancí chyby.

| Zátěž                       | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [mm] | 413      | 488      | 553      | 694      |
| Výsledek - nízký klek [mm]  | 286      | 343      | 344      | 525      |
| Počet dat                   | 16       | 16       | 16       | 16       |
| Průměrná diference          | 127      | 145      | 209      | 169      |
| Směrodatná odchylka         | 98,37556 | 140,5984 | 166,2906 | 158,5497 |
| Rozptyl                     | 9677,751 | 19767,91 | 27652,57 | 25138,01 |
| Hladina významnosti         | 1%       | 1%       | 1%       | 1%       |
| Stupňů volnosti             | 15       | 15       | 15       | 15       |
| Kritická hodnota            | 2,946713 | 2,946713 | 2,946713 | 2,946713 |
| Rozdíl je signifikantní     | VELMI    | VELMI    | VELMI    | VELMI    |

tabulka 10 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb hlavně

Při porovnání maximálních odchylek záměrné můžeme opět pozorovat lepší výsledky u nízké varianty kleku.



graf 18 – Porovnání odchylek záměrných

Následující T-test tento vliv však potvrdil pouze u zátěže 30 kg.

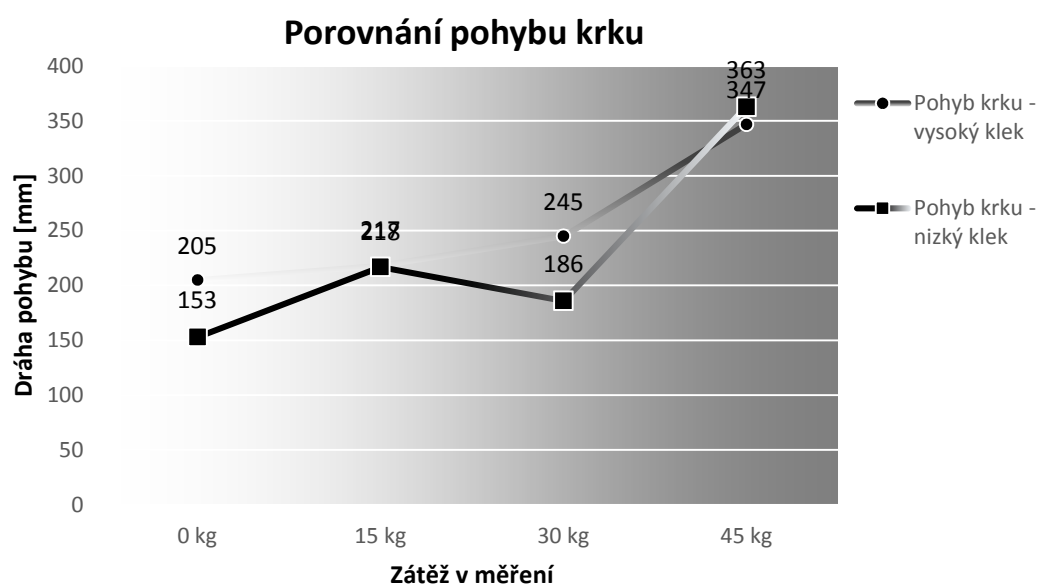
| Zátěž                      | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [°] | 1,42     | 1,72     | 2,03     | 2,92     |
| Výsledek - nízký klek [°]  | 1,43     | 1,24     | 1,35     | 2,07     |
| Počet dat                  | 15       | 15       | 15       | 15       |
| Průměrná diference         | -0,01562 | 0,475944 | 0,688172 | 0,850745 |
| Směrodatná odchylka        | 1,692248 | 1,307147 | 1,159267 | 1,697057 |
| Rozptyl                    | 2,863703 | 1,708633 | 1,343901 | 2,880002 |
| Hladina významnosti        | 5%       | 5%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti            | 14       | 14       | 14       | 14       |
| Kritická hodnota           | 2,144787 | 2,144787 | 2,144787 | 2,144787 |
| Rozdíl je signifikantní    | NE       | NE       | ANO      | NE       |

tabulka 11 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na odchylku záměrné

### 5.4.3 Vliv varianty kleku na rovnováhu v poloze

Jako ukazatele pro rovnováhu v poloze složila celková dráha markeru na krku, markeru na kyčli a COP na silové desce.

Na následujícím grafu vidíme velmi rozdílné průběhy celkového pohybu krku při zatížení. Ačkoliv byl většinou prokázán vliv zatížení na pohyb krku, vliv varianty kleku na celkový pohyb krku prokázán nebyl. Nemá proto smysl dále hledat možné příčiny změn pohybu krku v závislosti na variantě kleku.

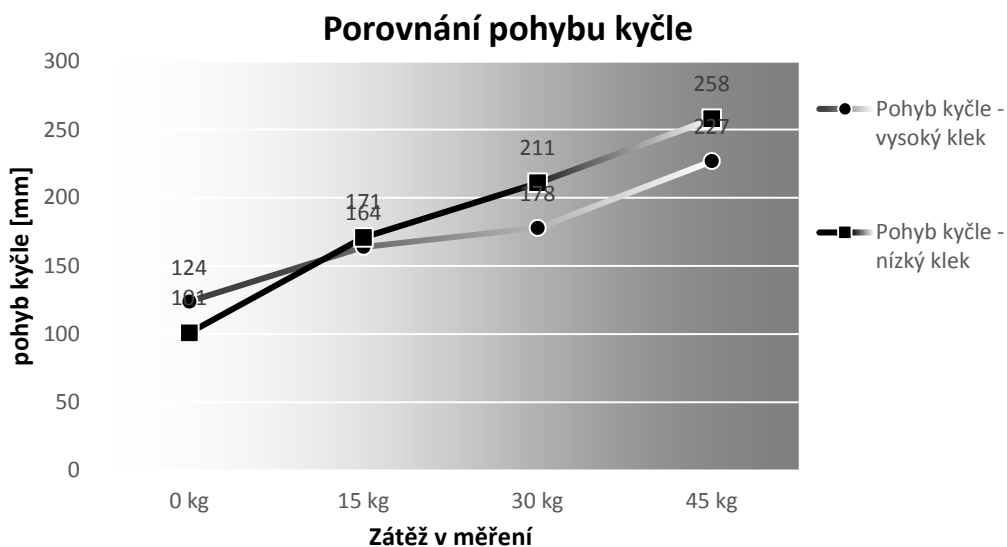


graf 19 – Porovnání pohybu krku

| Zátěž                       | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [mm] | 205      | 218      | 245      | 347      |
| Výsledek - nízký klek [mm]  | 153      | 217      | 186      | 363      |
| Počet dat                   | 15       | 15       | 13       | 14       |
| Průměrná diference          | 52       | 5        | 37       | -16      |
| Směrodatná odchylka         | 98,24882 | 185,2582 | 74,80887 | 215,4321 |
| Rozptyl                     | 9652,831 | 34320,6  | 5596,367 | 46410,99 |
| Hladina významnosti         | 5%       | 5%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti             | 14       | 14       | 12       | 13       |
| Kritická hodnota            | 2,144787 | 2,144787 | 2,178813 | 2,160369 |
| Rozdíl je signifikantní     | NE       | NE       | NE       | NE       |

tabulka 12 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb krku

U nízkého kleku byl u měření bez zátěže naměřen menší pohyb kyčle než u vysokého. Pohyby kyčle byly zhruba stejné u měření se zátěží 15 kg. U měření s batohem byl u nízkého kleku pohyb kyčle větší než u vysokého. Vliv varianty kleku se prokázal pouze u měření bez zátěže. Je proto možné, že varianta kleku není u větších zatížení příčinou změny v celkovém pohybu kyčle.

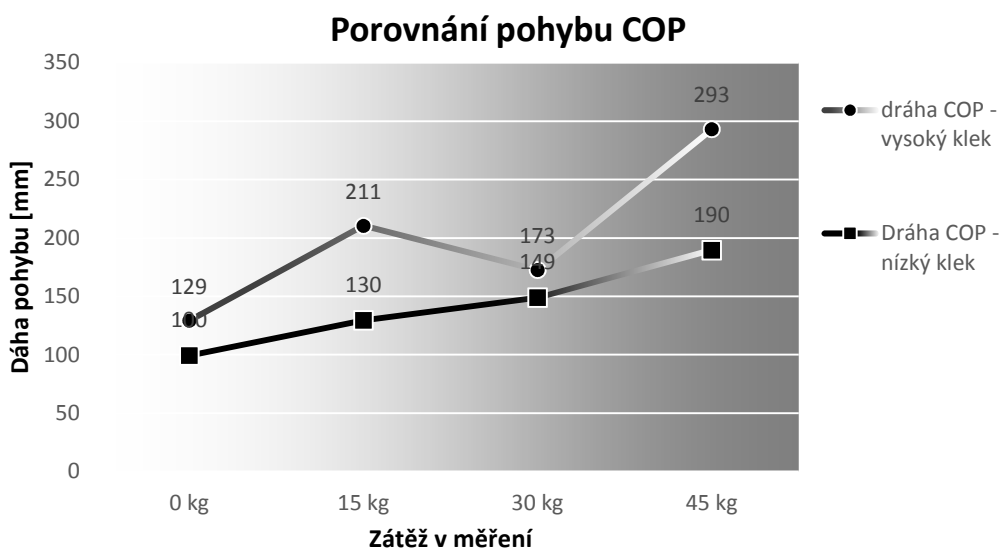


graf 20 – Porovnání pohybu kyčle

| Zátěž                       | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [mm] | 124      | 164      | 178      | 227      |
| Výsledek - nízký klek [mm]  | 101      | 171      | 211      | 258      |
| Počet dat                   | 15       | 12       | 9        | 9        |
| Průměrná diference          | 23       | 15       | 10,848   | -31      |
| Směrodatná odchylka         | 39,44427 | 116,371  | 104,0713 | 200,6426 |
| Rozptyl                     | 1555,851 | 13542,21 | 10830,83 | 40257,44 |
| Hladina významnosti         | 5%       | 5%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti             | 14       | 11       | 8        | 8        |
| Kritická hodnota            | 2,144787 | 2,200985 | 2,306004 | 2,306004 |
| Rozdíl je signifikantní     | ANO      | NE       | NE       | NE       |

tabulka 13 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb kyčle

U pohybu COP byl velký rozdíl průběhu mezi nízkým a vysokým klekem. Celkově však byla menší dráha naměřená vždy u nízkého kleku. Tyto výsledky by mohly poukazovat na pozitivní vliv nízkého kleku na rovnováhu v poloze.



graf 21 – Porovnání pohybu COP

Pozitivní vliv nízké varianty polohy v kleku se však potvrdil pouze u zátěže 15 a 45 kg s tolerancí chyby 1 a 5 %. Jsou to zároveň ty zátěže, kde byl rozdíl průměrů největší. Z výsledků měření a testu vlivu vyplývá, že při žádné a 30 kg zátěži měla varianta kleku na pohyb COP malý nebo nulový vliv.

| Zátěž                       | 0 kg     | 15 kg    | 30 kg    | 45 kg    |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Výsledek - vysoký klek [mm] | 129,3795 | 210,7188 | 172,7236 | 293,3125 |
| Výsledek - nízký klek [mm]  | 99,51179 | 129,6706 | 149,0784 | 189,7866 |
| Počet dat                   | 14       | 14       | 14       | 14       |
| Průměrná diference          | 29,86773 | 81,0482  | 23,64528 | 103,526  |
| Směrodatná odchylka         | 73,35274 | 73,31117 | 67,03621 | 146,4823 |
| Rozptyl                     | 5380,625 | 5374,528 | 4493,853 | 21457,07 |
| Hladina významnosti         | 5%       | 1%       | 5%       | 5%       |
| Stupňů volnosti             | 13       | 13       | 13       | 13       |
| Kritická hodnota            | 2,160369 | 3,012276 | 2,160369 | 2,160369 |
| Rozdíl je signifikantní     | NE       | VELMI    | NE       | ANO      |

tabulka 14 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb COP



## 6 Diskuze

Cílem této studie bylo porovnání držení těla u střelecké polohy v kleče, provedené s různou výstrojí a výzbrojí a bez ní. Druhým cílem bylo porovnat držení těla u vysoké a nízké varianty střelecké polohy v kleku.

V dané práci jsem zkoumal rozdíly mezi měřeními bez a s přidanou zátěží ve formě výstroje a výzbroje. Vliv zátěže na jednotlivé měřené údaje byl poté vyhodnocován s pomocí T-testu, který buď vliv potvrdil s 1 až 5% tolerancí chyby, či nepotvrdil.

Posouzení celkového držení těla ve střelecké poloze v kleku bylo rozděleno na tři části: postavení horní části trupu, stabilita míření, rovnováha v poloze. Měřenými údaji pro posouzení postavení horní části trupu byla výška markerů ramen, krku a hlavně zbraně a úhlu ramen od kolmice na směr míření. Pro posouzení stability míření sloužily údaje o pohybu markeru na hlavní a maximálního úhlu obou markerů na hlavní od průměrného směru míření. Pro posouzení rovnováhy v poloze byly použity údaje o pohybu markerů krku a levé kyčli a pohybu COP na silových deskách. Všechny tyto údaje byly poté použity pro porovnání nízké a vysoké varianty kleku mezi sebou.

Výzkumný soubor tvořili studenti Vojenského oboru při Fakultě tělesné výchovy a sportu univerzity Karlovy v Praze. Studenti absolvovali základní střeleckou přípravu a vzhledem k této skutečnosti byli vybraní respondenti pro daný výzkum vhodní. Každému respondentovi bylo navíc demonstrováno správné provedení před zahájením měření. Také probíhala kontrola provedení kleku při každém měření. Když se vyskytly hrubé chyby v provedení kleku, bylo měření opakováno. Tyto opatření spolu s vyznačením bodů opory na podložce, sloužily jako standardizace zaujímaného kleku a zmenšením prostoru pro výskyt jiného vlivu na držení těla, než výstroje a výzbroje samotné. I přes všechna tato opatření mohly být výsledky měření ze strany probandů zkresleny faktorem zácviku.

V této práci jsem testoval hypotézu, že zvyšující se zátěž v podobě výstroje a výzbroje bude mít negativní vliv na výsledné držení těla, stabilitu míření a rovnováhu v poloze. Důvodem k tomuto předpokladu byly mnohé výzkumy zabývající se vlivem zátěže na držení těla při různých činnostech. Qu a Nussbaum (2007) například zjistili, že aplikování vnějšího zatížení vedlo k méně efektivní posturální kontrole a většímu riziku

ztráty rovnováhy nebo pádu. Také Heller, Challis a Sharkley (2007) zjistili, že přidáním zátěže 18,1 kg v batohu, byl způsoben nárůst celkové dráhy pohybu COP o 64%. Cheng-Kang a Yung-Hui (1997) navíc prokázali negativní vliv zátěže na stabilitu míření. Jejich výzkum také prokázal přímou souvislost mezi stabilitou míření a střeleckým výkonem s korelačním koeficientem 0,86 až 0,98. Znamená to tedy, že pokud se zhorší stabilita míření, zhorší se i výsledná střelba.

Na základě naměřených výsledků se první stanovená hypotéza potvrdila. Výsledky měření postavení trupu ukázaly velký vliv zátěže na výšku trupu. Vyjímkou bylo pouze měření se zátěží 15 kg v nízké variantě kleku. V tomto měření se nejspíše projevilo uspořádání sumek na vestě, které se při kleku opřely o přední stehno. Vliv zátěže na natočení ramen se potvrdil pouze u nízké varianty kleku, kde pravděpodobnou příčinou je nejspíše působení kontaktu lokte o koleno jako bod otáčení. Můžeme tedy říci, že výstroj a výzbroj má vliv na výšku postavení trupu a u nízké varianty kleku i na natočení ramen.

Výsledky z pohybu hlavně mluví zcela jasně o silném vlivu výstroje a výzbroje na stabilitu hlavně, kdy s přibývajícím zátěží roste pohyb hlavně exponenciálně. Vliv zátěže na maximální odchylku záměrné od průměrného směru míření se prokázal pouze u měření s 45 kg u vysoké varianty kleku. Pro prokázání tohoto vlivu by nejspíše bylo zapotřebí dalšího výzkumu s více respondenty, či s homogennější skupinou co se týče zkušeností s bojovou střelbou. Z měření vlivu zátěže na stabilitu míření můžeme s jistotou říci, že výstroj a výzbroj má negativní vliv na stabilitu míření. Vliv výstroje a výzbroje na odchylku záměrné nebyl prokázán.

Výsledky z pohybu krku v závislosti na zátěži prokázaly vliv výstroje a výzbroje na pohyb krku. Vyjímkou byl vliv 15 a 30 kg ve vysoké variantě kleku, kde se vliv neprokázal. Vliv zátěže na pohyb kyčle byl potvrzen ve všech měřeních. Pohyb kyčle narůstal s přidávanou zátěží téměř lineárně. Tvar křivky růstu průměrných výsledků pohybu kyčle mohla být však zkreslena, z důvodu chybějících výsledků v tomto měření. Vliv výstroje a výzbroje na pohyb COP byl potvrzen ve všech měřeních, kdy pohyb COP se zátěží byl vždy větší než bez zátěže. Z měření vlivu zátěže na rovnováhu můžeme tedy říci, že výstroj a výzbroj má velký vliv na stabilitu v poloze. Menší rovnováha v poloze byla způsobena ve větší či menší míře nárůstem pohybu horního a dolního pohybového segmentu.

Celkově měla tedy výstroj a výzbroj za následek snížení trupu, u nízkého kleku i větší natočení ramen, méně stabilní míření a menší kontrolu nad rovnováhou v poloze.

Druhá testovaná hypotéza předpokládala menší dopad zátěže na výsledné držení těla u nízké varianty střelecké polohy v kleku než u vysoké. Tato hypotéza vycházela z nižšího postavení těžiště těla při nízké variantě (což bylo potvrzeno výsledky). Dále tuto hypotézu podporuje fakt, že horní pohybový segment včetně zbraně je díky podepření lokte o koleno více v kontaktu s podložkou a proto by měl být stabilnější.

Na základě naměřených výsledků se druhá hypotéza potvrdila pouze z části. Při porovnání vlivu varianty střelecké polohy na výšku markerů na horní části trupu, byl potvrzen vliv u všech měření. Tento vliv se však s přibývajícím zátěží zmenšoval. Při porovnání natočení ramen, byl potvrzen vliv varianty kleku pouze u zátěže 45 kg. Větší natočení ramen bylo se zátěží naměřeno u nízké varianty, kde se pravděpodobně projevil faktor působení místa opory loktu o koleno jako otáčivý bod. Právě v tomto ohledu byla nízká varianta kleku více negativně ovlivněna zátěží, která měla za následek větší přetáčení ramen. I přesto však průměrný úhel natočení nepřesáhl doporučovaných 45°.

Co se týče stability míření, vedl si nízký klek mnohem lépe než vysoký a to v celém průběhu měření. Pozitivní vliv nízké varianty kleku na pohyb hlavně byl potvrzen ve všech stupních zatížení. Co se týče maximální odchylky hlavně, obě varianty začaly v nulovém zatížení na přibližně stejném úhlu. V průběhu zátěže byl podle výsledků mnohem méně ovlivněn nízký klek. Tento vliv byl však potvrzen pouze u zátěže 30 kg. Z výsledků vlivu varianty kleku na stabilitu míření tedy vyplývá, že v nízkém kleku je dosahováno větší stability míření. Pozitivní vliv nízkého kleku na maximální odchylku záměrné byl potvrzen jen u zátěže 30 kg.

Výsledky z měření pohybu krku vykazovaly většinou růst s každou přidanou zátěží. Průběh růstu se od sebe velmi lišil v závislosti na použité variantě kleku. Vliv varianty kleku na pohyb krku se však v žádném měření neprokázal. Dle výsledků z pohybu kyčle se kyčel v obou případech kleku pohybovala podobně. Při nulové zátěži se pohybovala kyčel v nízké variantě méně. Tento vliv byl navíc potvrzen v T-testu. Při dalších zátěžích byl průměrný pohyb kyčle u nízkého kleku mírně vyšší než u vysokého. Tento vliv se však neprokázal. U pohybu COP jakožto hlavním ukazatelem rovnováhy v poloze byly naměřeny mnohem větší rozdíly než u předchozích měření. Pohyb COP byl v nízkém kleku vždy menší než u vysokého. Největší rozdíl byl však naměřen při zátěži

15 a 45 kg. Toto měření bylo zároveň jediné, kde se vliv varianty kleku na pohyb COP potvrdil.

Celkově měla tedy nízká varianta polohy v kleku za následek snížení polohy trupu, větší vliv zátěže na natočení ramen, lepší stabilitu míření a menší ovlivnění stability míření použitou zátěží, lepší rovnováhu a menší ovlivnění rovnováhy výstrojí a výzbrojí.

Při porovnání individuálních výsledků jednotlivých respondentů jsme zjistili, že u většiny z nich nedocházelo k výrazným odchylkám ve výsledcích ani v průběhu změn výsledků oproti průměru. Dvěma výjimkami byli respondenti číslo 1 a 6, kterým se výsledky i průběh změn ve výsledcích značně lišil od průměru. Oba respondenti často měli nejhorší výsledky ze skupiny v prvním měření (bez zátěže) a jejich výsledky se s přidávanou zátěží někdy i zlepšili. Pravděpodobně zde sehrál roli zácvik.

Dále bych se chtěl věnovat faktoru rozmístění zátěže a jeho vlivu na posun těžiště v předo-zadním směru. Na tento faktor mě upozornil průběh mnoha křivek změn ve výsledcích v závislosti na zátěži, kdy se u zátěže 30 kg průběh křivek znatelně změnil. Konkrétně se jedná zejména o výsledky pohybu hlavně a krku u nízkého kleku a pohybu kyčle a COP u vysokého kleku. Zvláštnost v průběhu těchto křivek spočívá v tom, že u zátěže 30 kg byl naměřen menší (pozitivnější) výsledek, než u předchozí zátěže 15 kg. U dalších křivek lze také pozorovat tuto změnu v menší míře. Pravděpodobné vysvětlení vidím v rozmístění zátěže, kdy u zátěže 15 kg byla použita neprůstřelná vesta se sumkami vpředu, která posouvala těžiště těla vpřed. V dalším měření byl k předešlé výstroji a výzbroji přidán batoh vážící 15 kg, který posouval těžiště těla vzad. To znamená, že v měření s 30 kg mohlo dojít k vyrovnání těžiště těla v předo-zadní rovině na přirozený střed, stejně jako u měření bez zátěže. Po přidání dalších 15 kg do batohu ve čtvrtém měření pokračovaly křivky v dalším růstu. Pro detajnější zjištění takového vlivu by byl zapotřebí další výzkum, nebo další analýza získaných dat z těchto měření.

V celkové analýze dat často chyběly výsledky z měření všech 16 respondentů. V analýze pohybu COP to bylo nejspíše kvůli špatnému nastavení silových desek. V dalším měření je potřeba vědět, jak mají změřená data vypadat a ty pak v reálném čase kontrolovat v průběhu měření. V analýze pohybu a polohy markerů to bylo většinou kvůli zastínění markerů batohem či jinou výstrojí nebo částí těla. V tomto měření byly kamery rozmístěny pouze před a za respondenty, protože rozmístění bylo omezeno rozměry místnosti, ve které se měření provádělo. Pro příští měření tohoto typu by pro lepší

změření dat byla vhodnější větší místnost, která by umožňovala rozmístit více kamer z více úhlů. Tímto způsobem by byla zajištěna viditelnost markerů více kamerami pro přesnější a spolehlivější měření.

Měření pro tuto a další práci vyprodukovalo spoustu dat z kamerového systému Qualisys, silových desek Kistler a EMG. Další analýza dat by mohla objevit mnoho dalších souvislostí, či potvrdit stávající. Tato práce zdaleka neprováděla rozbor a porovnání všech dat mezi sebou, které bylo možné provést. Další analýza dat by mohla ověřit vliv faktorů působení místa opory lokte o koleno jako bod otáčení a vliv posunu těžiště těla v předo-zadní rovině způsobené rozložením výstroje a výzbroje.

Daný výzkum byl proveden v ideálních podmínkách, probandi neměli žádný zdravotní problém a byli po fyzické a psychické stránce v pořádku. Příslušníci armády AČR při plnění bojových situací nebudou mít vždy ideální podmínky pro provedení jakékoliv techniky bojové střelby, tak jako tomu bylo u těchto měření. A právě proto je důležité, aby byli vojáci co nejvíce adaptováni na nesenou výstroj a výzbroj, ve které budou plnit bojové činnosti, aby měla co nejmenší negativní dopad.

## 7 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo porovnání vlivu nesené výstroje a výzbroje o různé hmotnosti na držení těla při střelecké poloze v kleku. Konkrétně tedy zjistit vliv nesené zátěže na držení těla, stabilitu míření a rovnováhu v poloze. Druhým cílem bylo zjistit rozdíl tohoto vlivu mezi nízkou a vysokou variantou střelecké polohy v kleku.

Na základě údajů, které byly naměřeny na studentech Vojenského oboru při Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze a následného vyhodnocení dat a ověření vlivu pomocí statistické metody T-test, jsem vyvodil tyto závěry.

Postupné navyšování zátěže ve formě výstroje a výzbroje mělo statisticky významný - negativní vliv na držení těla při střelecké poloze v kleku. Použitá výstroj a výzbroj měla za následek snížení polohy trupu, u nízkého kleku navíc větší natočení ramen, méně stabilní míření a menší kontrolu nad rovnováhou v poloze. Čím více váha výstroje a výzbroje stoupala, tím více negativní měla dopad na držení těla v kleku.

Nízká varianta polohy v kleče měla oproti vysoké statisticky významný - negativní vliv pouze na natočení ramen v poloze při zátěži 45 kg. Naopak statisticky významný - pozitivní vliv měla nízká varianta na stabilitu míření a u zátěže 15 a 45 kg i na rovnováhu v poloze.

Použitá metoda měření a vyhodnocování se ukázala pro daný účel jako dostatečná a její výsledky přesně reflektovaly vliv, jakou výstroj a výzbroj měla na držení těla. S drobnými modifikacemi by se dala tato metoda aplikovat i na jiné střelecké polohy nebo činnosti, jako chůze, běh, či zaujímání poloh.

## 8 Seznam použité literatury

BIRRELL, S. A., HASLAM, R. A. *The influence of rifle carriage on the kinetics of human gait*. Ergonomics, 2008, 57 s. DOI: 10.1080/00140130701811859

CHARVÁT, Z., MÜLLER, M. *Střelecká abeceda* [DVD]. 1. vyd. Praha: Gun movies production, 2011

CHARVÁT, Z., MÜLLER, M. *Střelecká abeceda - Samonabíjecí puška* [DVD]. 1. vyd. Praha: Gun movies production, 2012

CHENG-KANG, Yuan a Lee YUNG-HUI. *Effects of rifle weight and handling length on shooting performance*. Applied Ergonomics, 1997, 30 s. DOI: 10.1016/S0003-6870(96)00043-9.

ČERMÁK, J. *Záda už mě nebolí*. Čes. vyd. 4. Praha: Jan Vašut, 2000. ISBN 80-7236-117-1.

ČERNÝ, P. Ochranné prostředky pro příslušníky Policie ČR. *Policista*, 9/2008

ČERNÝ, P., GOETZ, M. *Manuál obranné střelby*. 1. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 978-802-4707-396.

ČERNÝ, P., DUŠEK, O., VINDUŠKA, V. *Manuál obranné střelby II*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 305 s. ISBN 978-80-247-4427-8.

DOVALIL, J. a kol. *Lexikon sportovního tréninku*. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1404-5

HELLER, M. F., CHALLIS J. H., SHARKEY N. A. *Changes in postural sway as a consequence of wearing a military backpack*. Gait & Posture, 2009, 31 s. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2009.02.015.

HENDL, J. *Kvalitativní výzkum*. Praha: Karolinum 1997. ISBN 80-7184-549-3.

KRUPICA, D. *Studie odolnosti prostředků osobní balistické ochrany pracovníka SBS: Diplomová práce*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2012. 76 l., 5 l příl. Vedoucí diplomové práce Ján Ivanka

KRUPICA, D. *Studie využití prostředků balistické ochrany v SBS: Bakalářská práce*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2009. 65 l., 5 l. příl. Vedoucí bakalářské práce Ján Ivanka

KUČERA, M., KOLÁŘ, P., DYLEVSKÝ, I. *Dítě, sport a zdraví*. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-712-7.

KULKARNI, S.G., GAO, X.-L., HORNER, S.E., ZHENG J. Q., DAVID, N. V. *Ballistic helmets – Their design, materials, and performance against traumatic brain injury*. Composite Structures, 2013, 101 s. DOI: 10.1016/j.compstruct.2013.02.014

MĚKOTA, K., CUBEREK, R., *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*, Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2005. ISBN 80-244-0981-X

MĚKOTA, K., NOVOSAD J. *Motorické schopnosti*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2005, 175 s. ISBN 80-244-0981-X

PERIČ, T., DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7

QU, X., NUSSBAUM, M. A. *Effects of external loads on balance control during upright stance: Experimental results and model-based predictions*. Gait & Posture, 2009, 30 s. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2008.05.014

VÉLE, F. *Kineziologie posturálního systému*. Praha: Karolinum, 1995. ISBN 80-7184-100-5.

#### **INTERNETOVÉ ZDROJE:**

Kistler: measure, analyze, innovate [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: [www.kistler.com](http://www.kistler.com)

Qualisys Track Manager: Qualisys motion capture camera system. [online]. [cit. 2016-07-27]. Dostupné z: <http://www.qualisys.com/products/software/qtm/>



## **9 Seznam obrázků**

**obrázek 1 – Nalevo: a – přední (levé) chodidlo, b – koleno zadní (pravé) nohy, c – špička zadní (pravé) nohy. Napravo: pohled z boku (zdroj – autor)**

**obrázek 2 – Hrubá taxonomie motorických schopností (Měkota a Novosad, 2005)**

**obrázek 3 – dvě krajní možnosti vlivu batohu na posturu vojáka. Nalevo – kvůli vzdálenosti těžiště batohu od těžiště těla vojáka, vzniká moment síly přetáčející vojáka. Napravo – kompenzace (zdroj – autor)**

**obrázek 4 – Ukázka umístění markerů (zdroj – autor)**

**obrázek 5 – Rozmístění přístrojů při měření (zdroj – autor)**

**obrázek 6 – Postavení desek a označení bodů opory (zdroj – autor)**

**obrázek 7 – použitá zbraň pro měření**

**obrázek 8 – Balisticky ochranný materiál použitý při měření**

**obrázek 9 – Batoh použitý při měření**

**obrázek 10 – tři odlišné zátěže při nízké variantě střelecké polohy v kleku**

**obrázek 11 – nízký klek bez zátěže. Vlevo neupravené, vpravo upravené**

## **10 Seznam tabulek**

**tabulka 1 – Výsledky párového T-testu pro výšku horní části**

**Tabulka 2 – Výsledky párového T-testu pro úhel natočení ramen**

**tabulka 3 – Výsledky párového T-testu pro pohyb hlavě**

**tabulka 4 – Výsledky párového T-testu pro odchylku hlavě**

**tabulka 5 – Výsledky párového T-testu pro pohyb krku**

**tabulka 6 – Výsledky párového T-testu pro pohyb kyčle**

**tabulka 7 – Výsledky párového T-testu pro pohyb COP**

**tabulka 8 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na výšku horních částí trupu**

**tabulka 9 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na natočení ramen**

**tabulka 10 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb hlavě**

**tabulka 11 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na odchylku záměrné**

**tabulka 12 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb krku**

**tabulka 13 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb kyčle**

**tabulka 14 – Výsledky párového T-testu pro vliv varianty kleku na pohyb COP**

## **11 Seznam grafů**

- graf 1 – Průběh poklesu výšky trupu s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 2 – Průběh poklesu výšky trupu s přidanou zátěží – nízký klek**
- graf 3 – Průběh změn natočení ramen s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 4 – Průběh změn natočení ramen s přidanou zátěží – nízký klek**
- graf 5 – Průběh pohybu hlavě s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 6 – Průběh pohybu hlavě s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 7 – Průběh Maximální odchylky záměrné s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 8 – Průběh Maximální odchylky záměrné s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 9 – Průběh pohybu krku s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 10 – Průběh pohybu krku s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 11 – Průběh pohybu kyčle s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 12 – Průběh pohybu kyčle s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 13 – Průběh pohybu COP s přidanou zátěží – vysoký klek**
- graf 14 – Průběh pohybu COP s přidanou zátěží – nízký klek**
- graf 15 – Porovnání výšek horních částí trupu**
- graf 16 – Porovnání natočení ramen**
- graf 17 – Porovnání natočení ramen**
- graf 18 – Porovnání odchylek záměrných**
- graf 19 – Porovnání pohybu krku**
- graf 20 – Porovnání pohybu kyčle**
- graf 21 – Porovnání pohybu COP**

## **12 Seznam příloh**

**Příloha 1 – Naměřená data**

**Příloha 2 – Respondenti**

**Příloha 3 – Rozdělení kvantilů t**

### Příloha 1 – Naměřená data

| Půměr výšky krk - ramena - puška [mm] |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proband číslo:                        |   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
| Klek bez                              | 1 | 909,76  | 977,315 | 843,11  | 887,682 | 882,059 | 926,822 | 887,113 | 859,2   | 858,585 | 910,193 | 917,367 | 949,044 | 908,276 | 892,769 | 905,981 | 894,8   |
|                                       | 2 | 863,352 | 928,044 | 851,126 | 857,094 | 855,714 | 875,683 | 867,878 | 855,523 | 905,457 | 880,99  | 887,902 | 891,107 | 874,948 | 872,985 | 865,806 | 869,635 |
|                                       | 3 | 847,067 | 902,953 | 832,826 | 832,902 | 806,351 | 837,269 | 845,914 | 816,827 | 884,332 | 855,452 | 872,359 | 893,972 | 849,66  | 835,2   | 830,558 | 836,386 |
|                                       | 4 | 802,631 | 864,362 | 766,619 | 665,27  | 792,771 | 775,601 | 783,967 | 761,854 | 787,074 | 813,685 | 848,615 | 860,105 | 800,98  | 824,588 | 771,901 | 834,27  |
| Klek s                                | 1 | 862,252 | 925,681 | 830,172 | 790,048 | 854,186 | 868,764 | 814,73  | 854,027 | 834,908 | 842,462 | 816,4   | 804,143 | 908,276 | 819,717 | 872,359 | 820,054 |
|                                       | 2 | 853,228 | 912,534 | 825,024 | 719,794 | 840,283 | 850,706 | 847,969 | 842,478 | 841,081 | 848,89  | 834,087 | 858,572 | 878,115 | 840,517 | 841,348 | 831,606 |
|                                       | 3 | 802,4   | 863,349 | 793,656 | 749,002 | 808,531 | 811,521 | 826,453 | 817,087 | 791,027 | 830,831 | 834,521 | 835,359 | 843,762 | 819,704 | 809,579 | 791,256 |
|                                       | 4 | 882,586 | 827,826 | 763,526 | 672,703 | 774,854 | 761,101 | 743,14  | 747,067 | 755,075 | 777,731 | 806,037 | 812,147 | 787,682 | 799,742 | 776,076 | 781,336 |

| Půměr natočení ramen [°] |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proband číslo:           |   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
| Klek bez                 | 1 | 50,0882 | 21,3618 | 41,604  | 54,0247 | 37,7052 | 44,5263 | 34,109  | 46,0555 | 40,7365 | 48,0837 | 29,6354 | 33,1972 | 22,0182 | 48,3576 | 44,1385 | 30,054  |
|                          | 2 | 50,1137 | 32,2278 | 39,9331 | 50,8499 | 40,6771 | 41,5302 | 43,2049 | 52,0998 | 37,7615 | 48,6541 | 32,4188 | 41,0463 | 31,9713 | 39,4859 | 42,5272 | 39,461  |
|                          | 3 | 51,0853 | 31,7937 | 37,4063 | 32,209  | 42,7527 | 42,9257 | 39,9019 | 50,3933 | 36,8267 | 51,2594 | 35,7948 | 43,375  | 37,5436 | 42,1424 | 46,737  | 48,0985 |
|                          | 4 | 47,8038 | 35,2339 | 32,5526 | 35,6087 | 38,9657 | 39,8068 | 45,6539 | 44,4449 | 40,1668 | 50,7259 | 32,1433 | 40,3331 | 30,2852 | 42,7992 | 44,1548 | 42,8645 |
| Klek s                   | 1 | 51,3045 | 23,5581 | 46,2861 | 51,2419 | 34,0787 | 39,5887 | 42,4226 | 43,5164 | 30,5692 | 46,2168 | 36,5621 | 21,2059 | 22,0182 | 41,9308 | 37,6037 | 30,0608 |
|                          | 2 | 46,6907 | 33,0474 | 48,6674 | 32,1333 | 44,0659 | 33,8619 | 46,5427 | 52,0845 | 39,0063 | 52,354  | 41,5799 | 57,2439 | 22,3746 | 44,9175 | 42,9603 | 41,116  |
|                          | 3 | 53,8205 | 35,5834 | 35,8225 | 55,1048 | 44,6132 | 38,4959 | 47,1395 | 49,3331 | 38,5021 | 54,8467 | 41,7688 | 43,9621 | 31,7842 | 46,8826 | 46,7365 | 43,8044 |
|                          | 4 | 46,3155 | 36,4159 | 36,7741 | 50,2432 | 42,2024 | 44,5136 | 52,4233 | 42,4475 | 32,0796 | 55,2764 | 36,9491 | 46,2862 | 34,5453 | 50,7737 | 45,1374 | 42,6231 |

| DRÁHA HLAVNĚ [mm]           |   |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Proband číslo:              |   | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
| Nízká<br>varianta<br>kleku  | 1 | 595,7   | 438,95 | 404,6  | 327,06 | 410,99 | 912,87 | 297,55 | 334,63 | 456,48 | 252,74 | 429,94 | 552,25 | 225,2  | 362,01 | 267,58 | 340,83 |
|                             | 2 | 747,5   | 548,78 | 423,8  | 370,32 | 480,64 | 965,97 | 384,34 | 325,84 | 514,74 | 341,44 | 425,74 | 835,08 | 378,15 | 380,1  | 298,25 | 386,96 |
|                             | 3 | 708,39  | 543,29 | 407,52 | 990,65 | 482,24 | 909,94 | 623,45 | 275,92 | 638,74 | 330,93 | 696,02 | 599,62 | 258,63 | 424,41 | 404,4  | 548,64 |
|                             | 4 | 1386,09 | 669,01 | 610,67 | 765,04 | 559,35 | 740,49 | 967,83 | 656,67 | 492,75 | 365,52 | 632,73 | 887,05 | 401,94 | 564,38 | 435,37 | 961,18 |
| Vysoká<br>varianta<br>kleku | 1 | 558,51  | 324,34 | 263,83 | 204,87 | 202,3  | 546,68 | 284,6  | 279,76 | 374,52 | 160,46 | 233,21 | 257,93 | 212,09 | 298,21 | 177,29 | 198,54 |
|                             | 2 | 720,02  | 384,74 | 304,28 | 431,75 | 231,18 | 672,3  | 377,61 | 224,05 | 421,12 | 123,12 | 288,71 | 292,27 | 290,54 | 298,55 | 245,21 | 187,41 |
|                             | 3 | 543,56  | 543,56 | 316,82 | 365,11 | 258,36 | 623,56 | 414,06 | 257,45 | 424,81 | 200,02 | 283,9  | 237,02 | 265,27 | 277,2  | 267,65 | 227,73 |
|                             | 4 | 1326,66 | 565,92 | 373,04 | 510,44 | 360,71 | 562,28 | 942,75 | 297,7  | 492,75 | 291,86 | 464,2  | 519,55 | 467,05 | 335,68 | 443,25 | 439,75 |

| MAXIMÁLNÍ ÚHEL HLAVNĚ [°] |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proband číslo:            |   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
| Klek bez                  | 1 | 2,14488 | 1,64084 | 1,28426 | 0,8738  |         | 3,63895 | 1,04503 | 1,93773 | 0,96515 | 0,49359 | 1,98538 | 1,11517 | 0,4659  | 1,68789 | 1,11406 | 0,84388 |
|                           | 2 | 4,17676 | 1,88    | 1,34504 | 1,02349 |         | 2,19155 | 1,09725 | 0,74314 | 0,90031 | 0,93897 | 2,76733 | 3,67323 | 1,62464 | 2,13709 | 0,74532 | 0,48529 |
|                           | 3 | 1,27191 | 2,76987 | 1,11622 | 6,95375 |         | 3,896   | 1,69723 | 0,5606  | 1,05484 | 1,41367 | 2,32522 | 1,26918 | 0,8573  | 2,08165 | 2,29796 | 0,93413 |
|                           | 4 | 7,55251 | 5,91376 | 1,40405 | 4,12103 | 1,10682 | 2,10401 | 5,49712 | 2,8021  | 1,41968 | 0,85395 | 3,94343 | chyba   | 1,03088 | 2,28704 | 0,69079 | 3,11486 |
| Klek s                    | 1 | 5,68087 | 5,91376 | 0,73827 | 0,48668 |         | 1,84786 | 0,78689 | 0,7694  | 0,6361  | 0,42408 | 0,57824 | 1,71042 | 0,49645 | 0,70015 | 0,35536 | 0,34676 |
|                           | 2 | 2,64296 | 1,46779 | 1,05075 | 3,99644 |         | 2,27248 | 1,04406 | 0,47785 | 0,74832 | 0,7499  | 1,04986 | 0,48395 | 0,69949 | 0,81746 | 0,71933 | 0,36959 |
|                           | 3 | 1,91688 | 1,64945 | 1,15605 | 3,42273 |         | 4,09252 | 2,10129 | 1,68623 | 0,66171 | 0,44381 | 0,72451 | 0,45436 | 0,37661 | 0,70334 | 0,41682 | 0,37067 |
|                           | 4 | 9,13494 | 1,86905 | 1,05209 | 1,65178 | 1,09957 | 1,92564 | 2,60662 | 0,64721 | 1,64071 | 1,85744 | 1,64361 | chyba   | 0,75186 | 1,10175 | 2,44825 | 1,65037 |

| DRÁHA KRKU [mm] |   |         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Proband číslo:  |   | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     | 13     | 14     | 15     | 16     |
| Klek bez        | 1 | 375,51  | 145,08 | 161,35 |        | 386,59 | 482,78 | 95,1   | 164,26 | 248,43 | 102,76 | 163,2  | 260    | 96,67  | 114,03 | 106,38 | 165,66 |
|                 | 2 | 300,28  | 225,03 | 183,13 | 159,63 | 162,7  | 520,55 | 123,26 | 136,99 | 293,42 | 118,01 | 146,03 | 280,1  | 133,98 | 380,37 | 156,91 | 169,32 |
|                 | 3 | 343,47  | 268,92 | 162,44 | 489,13 |        | 394,61 | 246,16 | 142,94 | 363,54 | 126,51 | 261,67 | 162,19 | 145,25 | 132,96 | 230,55 | 206,95 |
|                 | 4 | 788,03  |        | 205,28 |        | 223,73 | 321,17 | 744,71 | 480,7  | 317,47 | 168,78 | 251,87 | 283,78 | 161,65 | 243,91 | 259,11 | 402,06 |
| Klek s          | 1 | 394,13  | 257,73 | 92,35  |        | 147,8  | 245,49 | 121,79 | 149,69 | 207,37 | 77,9   | 88,49  | 92,58  | 90,08  | 135,85 | 105,77 | 80,62  |
|                 | 2 | 719,12  | 586,23 | 143,17 |        | 222,67 | 253,5  | 150,05 | 138,7  | 274,54 | 65,71  | 110,79 | 139,61 | 121,42 | 122,21 | 114,99 | 98,24  |
|                 | 3 | 340     |        | 191,4  |        | 162,89 | 218,75 | 195,43 | 211,52 | 288,27 | 125,28 | 119,21 | 110,95 | 175,86 | 187,42 | 166,15 | 112,42 |
|                 | 4 | 1426,27 |        | 150,14 |        | 184,46 | 355,99 | 695,83 | 187,98 | 252,51 | 197,39 | 281,56 | 265,96 | 221,6  | 189,85 | 480,98 | 192,43 |

| DRÁHA KYČLE [mm] |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |
|------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Proband číslo:   |   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16     |
| Klek bez         | 1 | 235,56  | 94,88   | 94,59   | 102,94  | 107,19  | 307,61  | 74,46   | 80,952  | 211,79  |         | 104,59  | 136,8   | 40,188  | 84,79   | 87,1    | 96,32  |
|                  | 2 | 230,47  | 179,65  | 166,31  |         | 146,4   | 379,302 |         | 84,096  | 252,66  |         | 69,324  | 203,59  | 90,972  | 105,42  | 99,108  | 125,62 |
|                  | 3 | 322,896 | 222,456 | 98,988  |         | 175,56  |         |         |         | 284,4   |         | 151,98  | 100,536 | 207,336 | 66,54   | 145,32  |        |
|                  | 4 | 496,68  | 217,584 |         |         | 221,028 |         | 175,448 | 484,188 | 226,224 | 88,488  | 147,732 | 231,756 | 119,868 | 137,256 | 183,384 |        |
| Klek s           | 1 | 218,84  | 102,89  | 54,21   | 127,932 | 71,21   | 178,79  | 86,5    | 69,408  | 175,39  |         | 58,08   | 79,8    | 45,996  | 107,93  | 79,63   | 54,27  |
|                  | 2 | 545,9   | 128,63  | 96,024  |         | 102,77  | 208,55  | 403,46  | 76,848  | 214,248 |         | 82,81   | 97,64   | 66,336  | 96,81   | 107     |        |
|                  | 3 | 493,104 | 94,368  | 169,788 |         | 185,34  |         | 652,956 | 241,2   | 215,64  | 65,652  | 62,964  |         | 70,464  | 142,896 | 143,28  |        |
|                  | 4 | 909,936 | 276,468 | 90,288  |         |         |         | 160,836 | 198,72  | 72,696  | 388,872 |         | 150,228 | 143,232 | 190,5   |         |        |

| DRÁHA COP [mm]              |   |         |         |         |   |         |         |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------------|---|---------|---------|---------|---|---------|---------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Proband číslo:              |   | 1       | 2       | 3       | 4 | 5       | 6       | 7 | 8       | 9       | 10      | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      | 16      |
| Nízká<br>varianta<br>kleku  | 1 | 175,466 | 128,333 | 95,413  |   | 98,6019 | 291,032 |   | 246,628 | 265,331 | 63,7258 | 79,2115 | 102,997 | 79,0343 | 84,0544 | 70,3423 | 130,908 |
|                             | 2 | 291,357 | 262,305 | 190,307 |   | 132,882 | 316,321 |   | 159,358 | 328,505 | 320,692 | 285,146 | 154,32  | 172,765 | 120,378 | 88,4861 | 127,24  |
|                             | 3 | 237,891 | 185,486 | 110,707 |   | 170,277 | 261,818 |   | 118,008 | 605,807 | 174,039 | 176,875 | 84,7197 | 206,361 | 91,026  | 112,407 | 181,993 |
|                             | 4 | 464,751 | 169,113 | 375,855 |   | 363,048 | 480,673 |   | 476,663 | 437,925 | 171,02  | 136,219 | 186,721 | 98,8444 | 160,348 | 125,768 | 459,429 |
| Vysoká<br>varianta<br>kleku | 1 | 163,828 | 120,736 | 140,534 |   | 126,067 | 120,016 |   | 57,7223 | 193,88  | 235,703 | 56,2773 | 112,364 | 104,965 | 95,6763 | 54,1657 | 50,1607 |
|                             | 2 | 414,487 | 180,415 | 209,318 |   | 125,772 | 200,82  |   | 208,886 | 132,507 | 106,844 | 58,2392 | 137,584 | 132,286 | 60,4486 | 71,1842 | 46,3996 |
|                             | 3 | 296,3   | 165,727 | 142,967 |   | 209,475 | 161,457 |   | 152,605 | 163,799 | 128,494 | 60,8256 | 123,455 | 161,544 | 120,184 | 182,879 | 181,698 |
|                             | 4 | 476,7   | 192,75  | 196,857 |   | 151,446 | 259,962 |   | 151,253 | 103,633 | 59,5909 | 205,222 | 119,013 | 199,531 | 165,272 | 113,371 | 90,3283 |



## **Příloha 2 – Respondenti**

### **• Respondent 1**

Student VO při FTVS UK. Od šesti let hrál fotbal, kterému se věnuje doteď.

### **• Respondent 2**

Student VO při FTVS UK. Se sportem začal v 8 letech, kdy se až do současnosti věnuje snowboardingu. Od 15 let cvičí Musado Combat System.

### **• Respondent 3**

Student VO při FTVS UK. Od svých 8 let se věnuje atletice a to na výkonnostní úrovni. Při nástupu na VO při FTVS UK se začal věnovat bojovým sportům.

### **• Respondent 4**

Student VO při FTVS UK. Se sportem si začal v 8 letech, kdy se až do svých 17 věnoval plavání. V 17 letech začal s triatlone, kterému se věnoval do 22 let. V současné době mezi jeho aktivity patří především fitness.

### **• Respondent 5**

Student VO při FTVS UK. Od svých 6 let hrál fotbal, z kterého přešel na atletiku a od 12 do 16 let se věnoval vrhačským disciplínám. V současné době se již 4 roky věnuje vzpírání.

### **• Respondent 6**

Student VO při FTVS UK. Se sportem začal v 8 letech a to konkrétně s fotbalem. V současné době se věnuje posilování podle metody Ida Portala.

### **• Respondent 7**

Student VO při FTVS UK. Od 5 let se věnuje atletice, které se věnuje dodnes. Při nástupu na VO při FTVS UK se začal navíc věnovat posilování.

### **• Respondent 8**

Student VO při FTVS UK. Se sportem začal v 5 letech, kdy mezi jeho hlavní sport patřilo plavání. S plaváním skončil ve svých 18 letech. V současné době se věnuje lezení.

• **Respondent 9**

Student VO při FTVS UK. Se sportem začal v deseti letech, kdy až do svých sedmnácti hrál basketbal. Jeden rok se věnoval boxu, poté začal s desetibojem, kterému se věnuje dodnes.

• **Respondent 10**

Student VO při FTVS UK. Od svých 7 do 16 let se věnoval alpskému lyžování. V současné době se aktivně nevěnuje žádnému sportu.

• **Respondent 11**

Student VO při FTVS UK. Se sportem začal v 11 letech, kdy se až do svých 17 let věnoval judu. V současné době se aktivně nevěnuje žádnému sportu.

• **Respondent 12**

Student VO při FTVS UK. V 7 letech začal s plaváním, dále přešel na ploutvové plavání, kde se stal juniorským mistrem světa. V současné době se aktivně nevěnuje žádnému sportu.

• **Respondent 13**

Student VO při FTVS UK. Od 15 do 20 let se věnoval bojovým sportům. V současné době závodí v přírodních vícebojích.

• **Respondent 14**

Student VO při FTVS UK. Od 8 do 19 let se věnoval atletice. S nástupem na VO při UK FTVS začal s fitness, kterému se věnuje dodnes.

• **Respondent 15**

Student VO při FTVS UK. Od šesti let se věnoval běžeckému lyžování, které kombinoval s orientačním během. V 10 letech začal také s kanoistikou. V současné době se věnuje kanoepolu.

• **Respondent 16**

Student VO při FTVS UK. Od tří let hrál tenis, který od svých devíti let kombinoval s ledním hokejem. S těmito sporty skončil v 15 letech, protože se začal věnovat golfu, se kterým skončil při nástupu na VO při FTVS UK. V současné době se věnuje převážně střelectví.

### Příloha 3 – Rozdělení kvantilů t

#### Tabulka kvantilů t – rozdělení

V testech byl použit 97,5% a 99,5% kvantil, které odpovídají 5% a 1% hladině významnosti. Výběr stupně volnosti spočívá v počtu změřných a zpracovaných dat.

| stupeň volnosti | 90%      | 95%      | 97,50%   | 99%      | 99,50%   |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1               | 3,077685 | 6,313749 | 12,70615 | 31,82096 | 63,6559  |
| 2               | 1,885619 | 2,919987 | 4,302656 | 6,964547 | 9,924988 |
| 3               | 1,637745 | 2,353363 | 3,182449 | 4,540707 | 5,840848 |
| 4               | 1,533206 | 2,131846 | 2,776451 | 3,746936 | 4,60408  |
| 5               | 1,475885 | 2,015049 | 2,570578 | 3,36493  | 4,032117 |
| 6               | 1,439755 | 1,943181 | 2,446914 | 3,142668 | 3,707428 |
| 7               | 1,414924 | 1,894578 | 2,364623 | 2,997949 | 3,499481 |
| 8               | 1,396816 | 1,859548 | 2,306006 | 2,896468 | 3,355381 |
| 9               | 1,383029 | 1,833114 | 2,262159 | 2,821434 | 3,249843 |
| 10              | 1,372184 | 1,812462 | 2,228139 | 2,763772 | 3,169262 |
| 11              | 1,36343  | 1,795884 | 2,200986 | 2,718079 | 3,105815 |
| 12              | 1,356218 | 1,782287 | 2,178813 | 2,68099  | 3,054538 |
| 13              | 1,350172 | 1,770932 | 2,160368 | 2,650304 | 3,012283 |
| 14              | 1,345031 | 1,761309 | 2,144789 | 2,624492 | 2,976849 |
| 15              | 1,340605 | 1,753051 | 2,131451 | 2,602483 | 2,946726 |