

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

## **Vliv střeleckých postojů na balistickou ochranu střelce**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Erik Barták**

Vypracoval:

**Václav Zdražila**

Praha, duben 2014

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

V Praze, dne

.....

Václav Zdražila

## Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

---

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat panu Mgr. Erikovi Bartákovi za jeho čas, odborné informace a věcné připomínky, které mi pomohly pro vytvoření této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Petrovi Kubovému za trpělivost při měření na kamerovém systému a naučením jak s takovým systémem pracovat. V neposlední řadě patří mé díky také panu Zdeňkovi Charvátovi za podělení se o zkušenosti z jeho praxe metodika taktiky u PČR.

## **Abstrakt**

### **Název práce**

Vliv střeleckých postojů na balistickou ochranu střelce

### **Cíle**

Cílem této práce je vypracovat metodu, kterou by se dala měřit balistická ochrana, kterou je aktuálně střelci v daném střeleckém postoji, neprůstřelnou vestou poskytována. Práce se také soustředí na rozbor aktuálně používané techniky střelby a střeleckých postojů, porovnání jakou dokáží poskytnout ochranu a v neposlední řadě také na doplnění nedostatku literatury, která se touto problematikou zabývá.

### **Metody**

Jedná se o empirickou práci observačního charakteru. Střelecké postoje byly testovány na kamerovém systému Qualisys. Výsledky byly nejdříve zpracovány v programu pro 3d analýzu a balistická ochrana, kterou neprůstřelná vesta při různých postojích poskytuje, byla vypočítána v programu pro 3D modelaci.

### **Výsledky**

Z naměřených údajů bylo zjištěno, že se při přenášení na cíle doleva se (pro praváka) výrazně mění poskytovaná balistická ochrana k horšímu. Naopak při přenášení na cíle doprava vycházela balistická ochrana stejně nebo mírně lépe než při míření do čelního směru. Nejhorší se všech postojů vyšel střelecký postoj boční, kdy neprůstřelná vesta neposkytovala střelci téměř žádnou ochranu.

### **Klíčová slova**

Balistická ochrana, střelecké postoje, Qualisys, 3d analýza, vitální zóna

## **Abstract**

### **Title**

Effect of shooting stances on ballistic protection of the shooter

### **Objectives**

The goal of this thesis is to develop a method which could measure ballistic protection, which is currently provided by a bulletproof vest to the shooter in a current shooting stance. This work also focuses on analysis of the currently used shooting techniques and shooting stances, comparison of protection they can provide, and last but not least, to fill the gap in literature, which deals with this issue.

### **Methods**

This is an empirical thesis of observational character. Shooting stances were tested on a camera system named Qualisys. The results were first processed by a program for 3D analysis, and the ballistic protection provided by the bulletproof vest in different positions was calculated in a program for 3D modeling.

### **Results:**

From the measured data, it was found that changing targets to the left (for right-handed) the provided ballistic protection significantly changes to worse. Conversely, when changing targets to the right, the ballistic protection fared the same or slightly better than aiming forward. The worst results of all stances came from the side shooting stance in which the bulletproof vest provided almost no protection.

### **Keywords**

Ballistic protection, shooting stances, Qualisys, 3d analysis, vital zone

# Obsah

Úvod .....	10
<b>1 Přehled literatury .....</b>	<b>12</b>
<b>2 Teoretická východiska práce .....</b>	<b>14</b>
2.1 Motorické schopnosti .....	14
2.1.1 Silové schopnosti .....	16
2.1.2 Vytrvalostní schopnosti .....	16
2.1.3 Rychlostní schopnosti .....	16
2.1.4 Koordinační schopnosti .....	17
2.2 Motorické dovednosti.....	19
2.2.1 Motorické učení .....	20
2.3 Střelecká příprava v AČR .....	20
2.4 Střelecký postoj .....	22
2.4.1 Střelecký postoj u pistole .....	23
2.4.2 Střelecký postoj u útočné pušky .....	24
2.5 Přenášení střelby .....	25
2.6 Balistické vesty .....	26
2.6.1 Historie balistických vest .....	27
2.6.2 Konstrukce balistických vest .....	28
2.6.3 Princip fungování balistických vest .....	29
2.6.4 Normy balistické odolnosti .....	31
2.6.5 Norma NIJ Standard 010.06 .....	32
2.7 Munice pro ruční zbraně .....	33
2.8 Terminální balistika.....	35
2.9 Vitální zóna hrudi.....	37
2.10 Předpoklady pro prostorové zobrazení.....	38

2.11	Software pro záznam a analýzu pohybu.....	39
<b>3</b>	<b>Cíle, úkoly práce a hypotézy .....</b>	<b>40</b>
3.1	Cíle práce.....	40
3.2	Úkoly práce .....	40
3.3	Výzkumné otázky.....	40
3.4	Hypotéza.....	40
<b>4</b>	<b>Metodika práce .....</b>	<b>41</b>
4.1	Metody výzkumu.....	41
4.2	Sběr dat.....	41
4.2.1	Výzkumný soubor.....	41
4.2.2	Použitá výzbroj a výstroj .....	42
4.2.3	Organizace výzkumu .....	42
4.3	Analýza dat.....	44
4.3.1	Úprava dat v Qualisys Track Manager .....	44
4.3.2	Převod formátů pro záznam pohybu .....	46
4.3.3	Vyhodnocení dat v 3D Studio Max .....	46
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>48</b>
5.1	Měření 001 .....	48
5.2	Měření 005 .....	51
5.3	Měření 007, 008 a 009.....	53
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>60</b>
<b>11</b>	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>61</b>



## **Seznam použitých zkratk**

AČR – Armáda České republiky

AP – Armor Piercing – označení průbojných střel

FMJ – Full Metal Jacket – označení celoplášťové střely

FTVS – Fakulta tělesné výchovy a sportu

JSP – Jacketed Soft Point (označení polo-plášťových střel)

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

PČR – Policie České republiky

QTM – Qualisys track manager (program pro pohybovou analýzu)

RN - Round Nose (označení střely s oválnou špičkou)

S&W – Smith & Wesson (americká zbrojovka)

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

VO – Vojenský obor

# Úvod

V této práci se zabývám problematikou měření balistické ochrany, která je poskytována neprůstřelnou vestou a která se mění v závislosti na použitém střeleckém postoji. Toto téma jsem si vybral, protože střelecká tematika je mi blízká, stejně tak jako je mi blízká problematika balistické ochrany a vojenské výstroje a výzbroje obecně. Při hledání dostupných zdrojů, které by se tomuto tématu věnovaly, jsem zároveň zjistil, že je v literatuře na tuto problematiku velká mezera. Přitom často slyším od známých vojáků z povolání, nebo příslušníků Policie ČR se na toto téma bavit. Dokonce moderní střelecké postoje, které jsou v dnešní době široce používány, tento fakt respektují a přizpůsobují se používané balistické ochraně, aniž by na tuto problematiku byl provedený výzkum.

Střelecké postoje jako takové jsou jedním ze základních dovedností ve střelecké přípravě příslušníků AČR, přičemž střelecká příprava samotná patří do vševojskového výcviku, kterým každý příslušník AČR prochází. Samotný postoj při střelbě, aniž by si to spousta vojáků uvědomovalo, ovlivňuje mnoho pro boj a střelbu důležitých vlastností. Svou stabilitou například přímo ovlivňuje možnou rychlost a přesnost střelby, svým prostorovým rozložením ovlivňuje svoji univerzálnost, možnost přenášení cílů, rychlost zaujetí, pohotovost a technickou náročnost přechodů do jiných postojů, poloh, nebo případně do jiných činností (např. běh, využití krytů, atd.). Mezi vlastnostmi přímo ovlivňované zvoleným postojem při střelbě patří i zmiňovaná výsledná balistická ochrana, která je střelci v danou chvíli poskytována.

Problematika ochrany vojáků před balistickými hrozbami je velmi závažná. Jedná se především o to, že se vojáci běžně dostávají do kontaktu s projektily o velmi vysoké rychlosti a kinetické energii, které jsou schopny bez větších problémů proletět celým lidským tělem, těžce poškodit životně důležité orgány a přímo tím vojáky ohrozit na životě a zdraví. Proto by měly střelecké postoje vojáků nejen zajišťovat svou stabilitu, univerzálnost, mobilitu a další předpoklady pro efektivní vedení střelby, ale měly by se i přizpůsobit nošeným balisticky ochranným prostředkům a poskytovat tak co nejvyšší možnou ochranu proti projektilům vystřelených jejich směrem.

Během posledních 20 let prošly ochranné prostředky proti takovéto hrozbě značným vývojem a dnes mají ozbrojené složky členských států NATO k dispozici široký výběr kvalitních typů a výrobců takovéto ochrany. Celkový komplet balistické ochrany dnešního vojáka se z pravidla skládá z kevlarové helmy a neprůstřelné vesty, která může obsahovat další balisticky ochranné doplňky. Avšak pouze tvrdý neprůstřelný plát z kompozitu keramika-ocel, který je obsažen ve vestě je schopný zastavit projektily, se kterými vojáci přicházejí do styku nejvíce. Těmito projektily jsou

zpravidla střely o vysoké kinetické energii a rychlosti, vystřelených z ručních zbraní, jako jsou útočné pušky, odstřelovačské pušky a kulometry.

I když má tento neprůstřelný plát nezpochybnitelný vliv na šance přežití vojáků, je nutné si uvědomit, že každou změnou postoje se může změnit i poloha tohoto ochranného prostředku, vzhledem k dráze potencionální střely a tím se značně ovlivní i jeho výsledná ochrana, kterou může vůbec vojákovi poskytovat. Tato práce je tedy zaměřena právě na tuto problematiku - na problematiku, jak změny postojů ovlivňují balistickou ochranu, kterou má tento balisticky ochranný prostředek poskytovat. Konkrétně se tato práce zaměřuje na sestavení metody, pomocí které by se dala tato poskytovaná ochrana měřit. Tato metoda bude následně otestována na aktuálně používaných technikách postojů, které jsou v současnosti používány českými ozbrojenými složkami (včetně AČR), při použití ochranných prostředků využívanými zejména útvary AČR.

# 1 Přehled literatury

Při výběru literatury jsem se nejdříve zaměřil na literaturu, která se zabývala podobným tématem. Po konzultaci s vedoucím práce mi byla na katedře VT zapůjčena bakalářská práce Jiřího Beneše (2013), Antonína Drašila (2013) a Diplomová práce Pavla Muchy (2013). Dále jsem po konzultaci s odborníky získal z internetové databáze Masarykovi univerzity a Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně Diplomovou práci Žemličky (2009) a Krupici (2012). Všechny tyto práce byly pro mě cenným vodítkem pro hledání další relevantní literatury pro moji práci.

Jako další literaturu jsem získal publikace zabývající se motorickými předpoklady, které jsou základem pro jakoukoliv pohybovou činnost, tudíž i střeleckých technik. Měkota a Novosad (2005) se ve své publikaci zabývají taxonomií motorických dovedností a jejich specifikací. Dovalil a kol. (2008) ve své publikaci Lexikon sportovního tréninku osvětluje význam prakticky všech pojmů kolem sportovního tréninku. V publikaci Sportovní trénink se Perič a Dovalil (2010) zabývají všemi tématy týkající se rozvoji pohybových schopností a dovedností. Pohybovými schopnostmi se zase nejvíce zabírají Měkota a Cuberek (2005). Zmíněná literatura byla získána v knihovně a studovně FTVS UK.

Pro přiblížení podmínek cvičení střelb v prostředí AČR jsem z vojenského intranetu získán předpis Vševojsk-4-2 (2010), který se zabývá organizací výcviku střelb z ručních palných zbraní, výcviku střelb ze zbraní vozidel a výcviku v házení granátů.

Střelecké postoje jsou jedním z hlavních témat mé práce. Pro písemnou část důležitá literatura pojednávající o aktuálně používaných technikách střelby z pistole, kterými se zabývá (Černý a Goetz 2004) a (Charvát a Müller 2011) a technikách střelby z pušky, které popisují (Černý, Dušek, Vinduška 2013) a (Charvát, Müller 2012). Tuto literaturu sám vlastním. Tuto literaturu jsem ještě doplnil o literaturu pojednávající o sportovní střelbě (Skanaker a Antal, 2007) a (Brych, 1985)

Dalším z hlavních zdrojů pro mé téma byly publikace zabývající se Balisticky ochrannými prostředky, neboli neprůstřelnými vestami (Krupica, 2009) a (Helebrant, 1994) a Diplomová práce Nováčka (2013), pojednávající o principu fungování neprůstřelných plátů. Tyto literatury byly dostupné z plnotextových databází a internetu (Google Scholar). Mezi literaturu pojednávající o historii vývoje této ochrany patří článek Neprůstřelné vesty v časopise Zbraně a střelivo od Helebranta (1993) a článek Ochranné prostředky pro příslušníky Policie ČR v časopise Policista od Černého (2008), které jsem získal na internetu. Dále jsem použil americkou normu zabývající se specifikací balistické odolnosti a testováním balisticky ochranných prostředků NIJ Standard 0101.06 (2008), která je volně dostupná na stránkách National Institute of Justice.

Abych přiblížil důležitost balisticky ochranných prostředků a důležitost tohoto tématu celkově, získal jsem taktéž publikace týkající se ranivé balistiky (Komenda a Juříček, 2003), střelných poranění (Rozen a Dudkiewicz, 2011) Tato literatura byla získána především z bibliografických databází dostupných z intranetu FTVS UK. Pro popsání hrudní oblasti a orgánů v ní obsažené, které má neprůstřelná vesta za úkol chránit jsem z knihovny FTVS získal literaturu o anatomii člověka (Čihák, 2004)

Pro vysvětlení pojmů ohledně promítání a zobrazování těles v prostoru, jsem použil učebnici Musálkové (2000) – Deskriptivní geometrie II pro druhý ročník střední stavební školy. Tuto učebnici vlastním

Nedílnou součástí práce byla i rešerše literatury pojednávající o metodách a aplikacích kvalitativního a kvantitativního výzkumu, které uvádí Hendl (2008, 2009). Prostudování článků popisujících metody výzkumu bylo nepostradatelné pro naplánování celé práce.

## 2 Teoretická východiska práce

Ve východiscích práce se budu zabývat teoretickými předpoklady pro střelbu z pušky a pistole v podmínkách ozbrojených složek ČR jako je Policie a Armáda České republiky. Dále zde shrnuji všechny důležité části pro zvolené téma, jako jsou biomedicínské a technické podklady pro pozdější měření.

### 2.1 Motorické schopnosti

Na úvod cituji starší publikaci Brycha (1985) který pojednává o sportovní střelbě: „Aby bylo možno ve sportovní střelbě dosáhnout špičkových výsledků, nestačí pouze střilet. Sportovní příprava zahrnuje vedle vlastní technické přípravy i náročnou fyzickou přípravu, nutnou regeneraci a řadu dalších složek.“

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.

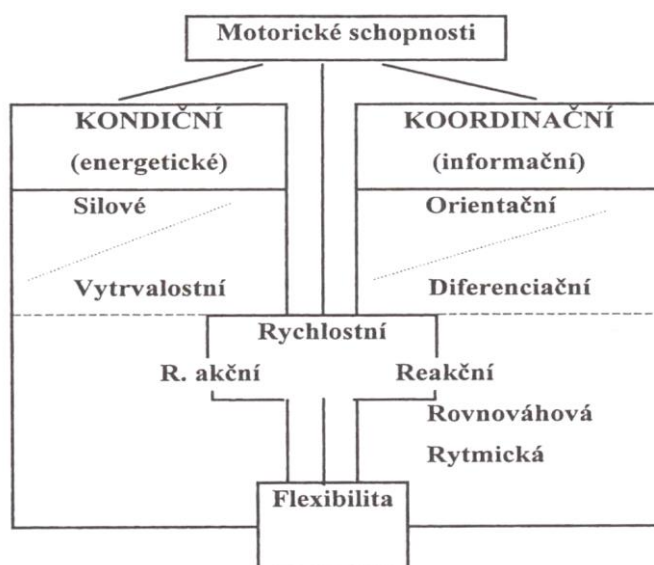
Podle Měkoty a Novosada (2005) jsou motorické schopnosti obecné kapacity jedince, projevující se ve výsledcích pohybové činnosti a v jistém ohledu limitují jeho výkonové možnosti.

„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, rovnovážové 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 1 – 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, diferenciační, 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.

## 2.1.1 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 techniky střelby nejdůležitější síla rychlá, kdy při dynamické střelbě je nutné rychle měnit směry pohybu, manipulovat se zbraní a měnit polohy těla.

## 2.1.2 Vytrvalostní schopnosti

Vytrvalostní schopnosti Perič a Dovalil (2010) považují jako soubor předpokladů člověka provádět cvičení nebo činnost s nižší než maximální intenzitou co nejdéle, nebo po stanovenou potřebnou dobu co nejvyšší možnou intenzitou. Podle délky trvání dělí vytrvalost na rychlostní, krátkodobou, střednědobou a dlouhodobou. Dalo by se říci, že toto dělení není jen podle délky trvání, ale i podle energetického zabezpečení.

Dlouhodobá vytrvalost, která je energeticky zajišťována ze zóny  $O_2$ , zpravidla není v obranné střelbě využívána. So se týče střednědobé vytrvalosti, tak by se dalo říct, že jedním ze smyslů výcviku obranné střelby je ten, aby k jeho použití vůbec nedošlo. Využití střednědobé vytrvalosti bude tudíž v nouzovém případě obranné střelby.

## 2.1.3 Rychlostní schopnosti

Rychlostní schopnosti, které Perič a Dovalil (2010) definují, jako schopnost vyvíjet činnost s maximální intenzitou také popisují jako schopnost konat krátkodobou pohybovou činnost (15 až 20s) a to bez odporu nebo velmi malým odporem.

Rychlostní schopnosti jsou pro střelbu jedny z nejdůležitějších pohybových schopností. Zvláště pak rychlost reakční, cyklická a komplexní. U reakční rychlosti hrají důležitou roli zejména složité (výběrové) reakce, kdy se může jednat o rozpoznání a odstraňování závad na zbraní, identifikace terčů, volba krytů apod. U rychlosti cyklické a komplexní se zpravidla jedná o rychlé přesuny, změny směru pohybu, změn střeleckých poloh a podobně.



## **2.1.4 Koordinační schopnosti**

Koordinační schopnosti, jinými autory nazývána také 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 osvojit nové pohyby. Primární je při těchto činnostech 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: diferenciační, orientační, rovnovážná, rytmická, spojování pohybů, přizpůsobení pohybu a reakční.

Už jen z pohybového projevu instruktora obranné střelby, či závodníka praktické střelby je jasné, že koordinační schopnosti hrají majoritní roli mezi pohybovými schopnostmi potřebných k technice obranné střelby.

### **2.1.4.1 Diferenciační schopnosti**

Diferenciační schopnost popisuje Perič a Dovalil (2010) jako schopnost rozlišení polohy a pohybu jednotlivých částí těla. Tato schopnost spočívá v dokonalém vnímání pohybu (proprioceptory a kinestetický analyzátor) z hlediska času, prostoru, rychlosti a složitosti pohybu, což znamená, jak jsme schopni přesně zaujmout danou polohu těla, nebo jeho částí. Proto má tato schopnost zásadní význam ve sportech typu „ruka – oko“, mezi které patří právě i střelba.

Diferenciační schopnost v bojové střelbě nemusí být důležitá pouze pro přesnou střelbu, ale také se může uplatnit při přebití nebo při taseň z pouzdra, kdy je nutné pro zásobník či pistoli rychle a přesně sáhnout bez zrakové kontroly.

### **2.1.4.2 Orientační schopnosti**

Tyto schopnosti se dle Periče a Dovalila (2010) vztahují k funkcím analyzátorů (zrakového, sluchového, kinestetického, taktilního a vestibulárního). Jde zejména o sledování vlastního pohybu ale i pohybu soupeřů.

Ani o této schopnosti není možné říct, že není v bojové střelbě zapotřebí. Obzvlášť jedná-li se o několikanásobné přenášení střelby, změn polohy střelce i cílů.

### **2.1.4.3 Rovnovážné schopnosti**

Dovalil a kol. (2008) definuje rovnováhu jako schopnost zachovávat stálou polohu těla v různých pohybech a postojích. Řídicím centem 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 bojovou střelbu, ať už v dynamické podobě jako přizpůsobení se nerovnosti terénu při pohybu a současné střelbě, nebo ve statické podobě pevného postoje při rychle za sebou následujících výstřelech.

### **2.1.4.4 Rytmické schopnosti**

Perič a Dovalil (2010) uvádějí, že se tato schopnost vztahuje v podstatě ke všem sportovním činnostem, protože každý pohyb má svůj rytmus, ať již stálý (běh, veslování, cyklistika) nebo nestálý (sjezdové lyžování).

Jako příklad využití rytmičké schopnosti v obranné střelbě uvádějí Charvát a Müller (2012) změnu rytmu při střelbě na blízký terč, který se vzdaluje a naopak.

### **2.1.4.5 Schopnost spojování pohybů**

Dle Periče a Dovalila (2010) se tato schopnost projevuje jako uspořádání již dříve osvojených pohybových dovedností, které jsou navzájem propojeny ve složitější činnost, řešící konkrétní pohybový úkol. Jako příklady využití uvádějí sestavy ve sportovní gymnastice (akrobatická řada: rondát – přemet vzad – salto vzad) a různé kombinované činnosti ze sportovních her (zpracování přihrávky ve výskoku a střelba).

Výrazný projev této schopnosti lze v bojové střelbě pozorovat při tasezení, střelbě nebo přebití za pohybu, kde je oddělená práce rukou od práce nohou.

## 2.1.4.6 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.

## 2.1.4.7 Reakční schopnost

Jedná se o pohybovou schopnost, která svými charakteristikami velmi splývá s rychlostní schopností. Povaha reakce může být buď jednoduchá, nebo výběrová. U bojové střelby se uplatňuje zejména výběrová reakce, kde je nutné rychlé rozhodování na proměnné podmínky. Jako příklad lze uvést rozpoznání cíle (ozbrojený nebo neozbrojený), různé možnosti závad na zbrani, atd.

## 2.2 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. Černý, Goetz, Dušek a Vinduška (2004, 2013) například rozdělují střeleckou přípravu, do tří fází, které vedou k ovládnutí základních střeleckých dovedností, dynamické střelby a získání předpokladů k aplikaci získaných dovedností do měnících se podmínkách obranné střelby.

## 2.2.1 Motorické učení

Měkota a Cuberek (2007) charakterizují motorické učení jako získání dovednosti a současně komplexní dispoziční struktury, která obsahuje návyky a osvojené vědomosti, týkající se současně kýžené dovednosti.

Pro aplikaci techniky střelby do jakéhokoliv prostředí, ať je to obranná/bojová střelba nebo soutěžní forma praktické střelby, je nutné mít perfektně zvládnuté základy techniky. Protože se jedná také o pohybovou činnost, platí zde rozdělení fází motorického učení dle Periče a Dovalila (2010) na seznámení, zdokonalení, automatizaci a tvořivou asociaci.

## 2.3 Střelecká příprava v AČR

Střelecká příprava patří do vševojskového výcviku, kterým každý příslušník AČR prochází. Jeho základní požadavky na organizaci a způsob provádění nácvičů 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, čímž nahradil stanovy ze stejnojmenného předpisu z roku 1995.

Podle tohoto předpisu je cvičení střelb přiblížením k reálnému boji, kde postupně přecházejí od jednoduchých cvičení k složitějším a musejí vést cvičící k samostatnému vyhodnocování situace, správnému rozhodnutí, rychlé činnosti a k přísnému dodržování bezpečnostních opatření. Cvičení střelb se proto organizují za různých podmínek podle situace vedení boje a druhu zbraně.

Důraz dává tento předpis také na to, aby při nácvičích střelby a cvičeních střelb byla vysoká variantnost, která umožní členění cvičících a jednotek podle požadavků na jejich funkci, specializaci apod. Dále cituji článek 4 vojenského předpisu Vševojsk 4-2 (2010) pro představu jakým způsobem se této vysoké variantnosti dosahuje:

„Vysoké variantnosti nácviků střelby a cvičení střelb se dosahuje:

- a) volbou druhu a velikosti terčů (terčového manévru), jejich rozmístěním, využitím vyřazené techniky a dalšími opatřeními, určenými pro zvýšení postřehu, výběru lepšího palebného stanoviště ke střelbě apod.
- b) vhodnou úpravou úseku pro střelbu (přiměřené překážky i skryty, např. zídka, okenní otvory, zástěny apod.), spojenou s postupným překonáváním překážek (zídka, val, sloup, automobil apod.) cvičícím v průběhu cvičení stanoveným způsobem nebo jejich využitím pro střelbu zpoza krytu
- c) střelbou z nestabilní podložky (vstojе na pneumatice, na lávce, ze závěsu na laně, na lanovém mostě, z imitace střechy), střelbou pod vlivem stresu a po tělesné námaze apod., střelbou po vynucených únikových manévrech střelce (úkok, křížený krok, odvalení, kotoul, skok do úkrytu apod.) a střelbou v ochranné masce
- d) změnou vzdáleností mezi jednotlivými palebnými stanovišti pro střelbu a objevujícími se cíli (terči)
- e) změnami (obměnou, střídáním) poloh ke střelbě – vstojе, vkleče, vsedě, vleže (na břiše, na zádech, přetáčení), z okna a přes příklopy automobilu, střílnami bojového vozidla apod.
- f) způsobem střelby (mířená, rychlá mířená, letmá, od boku) – střelba ve dvojici, skupině (týmu, sekci) apod., s držením zbraně jedno i obouruč, silnou i slabou rukou (pravou nebo levou), ovládním zbraně jednou rukou (včetně plnění zásobníku, natažení závěru, znovu nabití) při simulovaném zranění. Při střelbě z bojových vozidel je nutno klást důraz na střelbu za pohybu v průběhu přibližování se k cílům a vzdalování se od nich, na střelbu z boků (z bočních stran, přes bočnice) vozidla kolmo na směr jízdy apod.
- g) měřením času za používání timerů pro terče, které schválila Mezinárodní konfederace praktické střelby (International Practical Shooting Confederation – IPSC).“  
(Vševojsk-4-2, 2010)

Dále se předpis Vševojsk-4-2 (2010) zabývá organizací výcviku střelb, hodů granátů, bezpečnostními opatřeními při těchto výcvicích, povinnostmi řídících střelb nebo hodů granátů, signalizací, apod.

## 2.4 Střelecký postoj

„O postojích si toho můžeme přečíst 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 výrokiem 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.

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 zaujmul 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 střelecký postoj prošel a stále prochází vývojem a dochází k jeho 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 balistická ochrana vojáků.

## 2.4.1 Střelecký postoj u pistole

Existuje mnoho druhů střeleckých postojů s pistolí. K nejčastěji používaným patří zejména:

- čelní postoj, tzv. Áčko
- postoj Weaver,
- postoj Chapman
- kombinace postojů Chapman/Weaver, neboli univerzální postoj.

Jak ve své závěrečné práci uvádí Žemlička (2009) se vzhledem k poslednímu rozvoji střelecké přípravy a taktiky služebního zákroku jako nejuniverzálnější postoj rozšířil postoj vycházející z kombinace Chapman/Weaver, jehož hlavní výhody jsou: rychlé zaujetí postoje, stejné postavení jako při užití donucovacích prostředků (univerzálnost), je vhodný pro střelbu v balistické vestě a na zvládnutí zpětného rázu se podílí silná i slabá ruka.

Charvát a Müller (2011) používání univerzálního postoje zdůvodňují takto: „Pokud vezmeme v úvahu použití zbraně k obraně v rámci zákonných podmínek, může dojít k použití zbraně po předchozí obraně jinými prostředky. Naopak z použití zbraně k nutné obraně může snadno přejít střet k boji z blízka. Například po hrozbě zbraní. Tím nabývá postoj ještě více na důležitosti. Proto postoj ani nenazýváme, zcela vědomě, pouze střeleckým.“

### 2.4.1.1 Postoj při obouruční střelbě

Dle Černého a Goetze (2004) jsou u postoje při obouručné střelbě z pistole nohy rozkročeny minimálně na šířku ramen, přičemž je slabá noha vpředu tak, že spojnice špiček svírá na kolmici směru střelby 30 až 45 stupňů. Špička slabé nohy směřuje k cíli a silná je v mírné zevní rotaci. Kolena jsou mírně pokrčená a váha je rozložena do chodidel rovnoměrně 50/50, přičemž je tlak na podložku rozložena po celém chodidle rovnoměrně. Trup je zpřímá a osa ramen je rovnoběžná s osou chodidel. Silná ruka je narovnaná za zbraní, tvořící takřka „pažbu“ zbraně. Slabá ruka je mírně pokrčená. Zatahuje zbraň do ramene proti narovnané silné ruce. Tím poskytuje možnost nekřečovitě sevření silnou rukou, což podporuje nezávislou práci ukazováku na spoušti. Hlavu držíme zpřímá, může být i mírně přikloněná k silné ruce a vystrčená vpřed.

Jak již bylo zmíněno výše, tak i Černý a Goetz (2004) ve své publikaci zmiňují, že výchozími postoji, ze kterých vznikl tento moderní postoj pro bojovou střelbu, byly varianty nazvané podle amerických tvůrců – Weaver a Chapman. Cílem není dogmatické dodržování pozic, ale vytvoření předpokladů pro jisté ovládání velkorážné zbraně při rychlých mnohočetných výstřelech.

### **2.4.1.2 Postoj při jednoruční střelbě**

Podle Černého a Goetze (2004) se při střelbě jednoruč lépe kontroluje zpětný ráz, stojí-li střelec k terči bokem na straně střelící ruky. Je možné také mít zbraň mírně naklopenou dle přirozené tendence ruky vnitřně rotovat. Toto naklopení nesmí ale převýšit 30° od svislé roviny.

Charvát a Müller (2011) ve svém DVD zase mluví o „Vynucené střelbě jednou rukou“ jako o nouzovém postupu za situace, kdy má střelec zraněnou silnou nebo slabou ruku a musí pokračovat v obraně pouze jednou rukou.

### **2.4.2 Střelecký postoj u útočné pušky**

Dle Černého, Duška a Vindušky (2013) je střelecký postoj u útočné pušky zpravidla velmi podobný již výše popisovanému postoji u pistole při obouručné střelbě. Z důvodu znatelně vyšší zpětné ráže těchto zbraní postoj blízký tomu, který je v pistolové terminologii označován jako Weaver. Obvykle je jen nakročení nohou o něco širší a postoj tak o něco stabilnější. Tedy pokud je pro pistoli kupříkladu definován postoj na šíři ramen, pro pušku nebo brokovnici se vyplatí mít rozteč rozhodně vždy o něco málo větší než je šíře ramen.

Charvát a Müller (2012) uvádějí šíři postoje přibližně na šíři ramen a délka jako kratší krok. Těžiště v postoji je snižené a mírně posunuté vpřed, abychom mohli oponovat zpětnému rázu zbraně. Nejedná se však o předklon. Tělo je přímo proti cíli i z důvodu případnému použití balistické vesty.

Z obou publikací vyplývá, že spojnice chodidel bude zhruba ve 45° úhlu od směru střelby, což odpovídá střeleckému postoji u pistole zvaný Weaver. Šíře rozkročení bude větší, než je šíře ramen.

Černý, Dušek a Vinduška (2013) dále uvádí variantu střeleckého postoje „Pozice boxera“, která pomáhá kontrole zpětných rázů v rychlém sledu, případně dlouhých dávek. Je založena mírným nahnutím trupu směrem vpřed a dolů. Nahrbení je pouze do takové míry, aby brada byla přibližně na



úrovni klíčních kostí. Takovýto postoj dokáže bez přehnaného náklonu celého těla, či pokrčení v kolenou odvést většinu energie šikmo dolů bez deformace postoje. Díky tomu je zbraň více stabilizována a rychle se vrací do původní polohy s možností odměčknout další ránu.

## 2.5 Přenášení střelby

U krátkých zbraní Černý a Goetz (2004) definuje přenášení střelby jako změny směru míření při střelbě na více cílů nebo schopnost rychlé reakce na spatření cíle v jiném směru, než máme zaměřeno. Je jednou z hlavních dovedností obranné nebo bojové střelby.

Charvát a Müller (2011) uvádějí, že pokud jsou cíle od sebe relativně blízko, není nutné měnit postoj, ani stahovat ruce do pohotovostní polohy. Je však nutné při přenosu na další cíl vždy dát prst mimo spoušť. Cíle jsou řešeny zpravidla nejdříve od nejnebezpečnějšího nebo od nejbližšího po vzdálený.

Ve svém DVD Charvát a Müller (2011), i publikace Černého a Goetze (2004) se shodují, že pokud je úhel větší, je výhodné stáhnout zbraň do pohotovostní polohy a na další cíl znovu zapíchnout. Jako výhody jsou uváděny: rychlejší rotace, menší setrvačnost zbraně než na natažených rukách, větší jistota zásahu díky zapíchnutí, vhodnost použití i do malého prostoru.

Nutno poznamenat že v DVD Střelecká abeceda od Charváta a Müllera (2011) bylo přenášení na cíle bez změny postoje používáno i na úhel 180° od přímého směru. To však není pro použití v kombinaci s neprůstřelnou vestou praktické, jak z důvodu omezenosti pohybu, tak z důvodu postavení balistického materiálu při takovémto otočení.

U dlouhých zbraní jako jsou pušky a brokovnice uvádí Černý, Dušek a Vinduška (2013) že je přenos na více cílů obdobný jako u krátké zbraně s tou odlišností, že díky tomu, že je pušková, či broková zbraň nepoměrně delší než pistolová, tak se při opravdu dlouhých přenosech více vyplatí znovu nahazovat zbraň a ne ji táhnout namířenou po celou dráhu zasazenou v rameni. Pak by totiž mohl střelec obtížně na cíli zastavovat z důvodů váhy a z toho plynoucí setrvačnosti zbraně, obzvlášť s osazenými doplňky.

Shodně s Černým, Duškem a Vinduškou (2013) uvádějí i Charvát a Müller (2012), že při přenosu na cíle do 90° pouze přemíříme zbraň a při přenášení na cíle nad 90° zbraň při přenosu skláníme a při zamíření znovu zakládáme do ramene.

Jako shrnutí kdy je přenášení na cíle používáno cituji z publikace Černého, Duška a Vindušky (Manuál obranné střelby II, 2013) „Pokud máme dva cíle do cca 90°, přenášíme pouze s vytočením těla, tedy se zbraní v rameni a se srovnanou záměrnou. Pokud jsou dva cíle už nad 90°, pak bývá výhodnější přenos se změnou postoje, tedy jakési „přebodnutí“ zbraně s krokem (obecně tak platí: v momentě, kdy měním pozici nohou – u pistole tzv. přebodáváme, u pušky a brokovnice znovu nahazujeme). Střelec v takové situaci vždy spustí zbraň dolů, nakročí a s došlapem ji znovu nahodí do ramene a s přelícením zamíří na nový cíl.“

## 2.6 Balistické vesty

Balistická vesta je balisticky ochranný prostředek, který má chránit život a zdraví uživatele před střelnými zbraněmi a jinými balistickými hrozbami, jako jsou střepiny a jiná tělesa o vysoké rychlosti a kinetické energii. Je to tedy jeden z balisticky ochranných prvků, který je nošen příslušníky armády ČR mající konkrétně za úkol chránit hrud' a přilehlé oblasti. V dnešní době existuje spousta firem zabývajících se výrobou takovýchto vest a z toho plyne jejich velký výběr. Všechny tyto vesty se mohou od sebe navzájem lišit střihem, balistickou odolností, použitým materiálem, hmotností, pořizovací cenou a samozřejmě použitelností ke konkrétním účelům. 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.

„V každém povolání, zvláště v těch, kde je vážně ohroženo zdraví člověka, se používají prostředky, které mají pomoci těmto hrozbám čelit. Leckdy tak lze přímo odvrátit bezprostřední hrozbu a ochránit zdraví těch, kteří se rozhodli vykonávat tuto náročnou službu. Lidské tělo je křehké a zranitelné, a to přes jakýkoliv výcvik a osobní schopnosti. Když v akci selže připravený plán či máme jen prostý nedostatek potřebného štěstí, zbývá jako poslední šance pasivní ochrana.“ (Černý, 2008)

Dále Černý (2008) píše o balistických vestách jako poslední jistotou před zmrzačením či smrtelným zraněním. Ve vestě může policista přežít 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.

## 2.6.1 Historie balistických vest

Snaha o ochranu člověka v boji je stará téměř jako lidstvo samo. První profesionální bojovníci se brzy ve střetnutích snažili zabránit účinkům bojových nástrojů protivníka, napřed velmi primitivním a improvizovaným způsobem, později již cílenou výstrojí. (Černý, 2008)

„První doložená „měkká“ balistická zbroj byla vynalezena v Koreji v 60. letech 19. století. Tamější vládce Heungseon Daewongun rozkázal kvůli zvyšující se hrozbě ze strany západních armád vyrobit neprůstřelnou zbroj. Pokusy bylo zjištěno, že bavlna dokáže ochránit člověka před projektily, pokud se jí položí více vrstev přes sebe. Na základě tohoto faktu byla vytvořena neprůstřelná vesta vyrobená z 30 vrstev bavlněné tkaniny.“ (Krupica, 2009)

„V 15.–18. století se stále širším zaváděním palných zbraní, které poměrně snadno překonávaly veškerá dosavadní „brnění“, tradiční ochrana jednotlivce čím dál víc ztrácela svůj význam. Až v průběhu první světové války po neúnosných ztrátách, jež byly především důsledkem zranění hlavy, začaly být znovu široce zaváděny ocelové přilby a s nimi občas i tělové pancíře. To byl čas „znovuzrození“ bojových ochranných prostředků novověku.“ (Černý, 2008)

Skutečná balistická ochrana vznikla teprve za první světové války. Jednalo se o ochranné vesty letců, kteří byli prakticky nechráněni v důsledku tehdejší konstrukce letadel. Tyto vesty byly vyrobeny z bavlněné látky, do kterých byly vkládány kovové destičky. Byly bohužel velmi těžké a neohrabané, proto se od nich brzy upustilo. (Karásek, 2012)

M. Helebrant (1993) uvádí, že prvním předznamenáním moderních neprůstřelných vest a jejich masového používání byly speciální protistřepinové vesty (tzv. „flak jack“), které používaly osádky amerických bombardérů od roku 1943. Také tyto vesty měly podobnou konstrukci. Konstrukční materiál byl nylon, do kterého byly vkládány kovové destičky. Vzhledem k hmotnosti vesty, se doporučovalo oblékat ji až před dosažením cílové nebo silně bráněné oblasti. I vzhledem k těmto parametrům se v této době osvědčily. Postupně se dařilo zlepšovat vlastnosti nylonových vláken a železné destičky byly nahrazeny destičkami z oceli nebo lehkých slitin.

Jako největší průlom ve vývoji balisticky ochranného materiálu lze označit Kevlar, který, jak uvádí Pavel Černý v příloze časopisu Policista (2008), byl vyvinut v sedmdesátých letech firmou DuPont. Zjistilo se, že navrstvením tohoto aramidového vlákna do několika vrstev se dá vyrobit textilie, která dokáže zachytit běžné střely z pistolí a revolverů. Tzv. „neprůstřelné vesty“ byly v následných letech postupně zaváděny v armádních a policejních silách nejen v USA, ale i po celém světě.

Dále uvádí Černý (2008) ve stejné příloze, že po prvních materiálech, jako byl Kevlar, byl vyvinut i novější Twaron a jiné další moderní produkty, např. Spectra a Dyneema. Ty umožňují, díky svým dokonalejším vlastnostem, použít menší objem a hmotnost materiálu při zachování stejné, nebo dokonce vyšší balistické odolnosti.

## **2.6.2 Konstrukce balistických vest**

Konstrukci balistické vesty rozděluje ve své bakalářské práci D. 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.

### **2.6.2.1 Balistický nosič**

„Aby mohla být balistická ochrana nositelná, jsou balistické panely a vložky z balistického materiálu a někdy také antitrauma vložky vsazeny do speciálního nosiče. Nosič je tedy ve výsledku jediným viditelným prvkem systému balistické vesty. Nejzákladnější nosič tvoří kapsy k nošení balistických panelů a popruhy k upevnění nosiče na uživatele. Existují dva hlavní typy nosičů, vojenské nebo taktické nosiče, které jsou nošeny přes oděv a skryté, používané především policejními složkami, které jsou nošeny pod oděvem.“ (Krupica, 2009)

### **2.6.2.2 Balistický materiál**

„Balistické materiály jsou takové materiály, které jsou schopné odolávat projektilům různých ráží, tzv. „ballistic resistance.“ Nováček (2013)

„Stěžejní část neprůstřelné vesty určující její vlastnosti, především pak třídu balistické odolnosti, je samotný balistický materiál. Jak již bylo zmíněno, kromě tkaného Kevlaru existuje několik dalších vláken se svou vlastní specifikou úpravou a vlastnostmi. Jedná se především o balistické materiály Dyneema, GoldFlex, Spectra, Twaron, Zylon.“ (D. Krupica, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Bakalářská práce 2009)

Jak uvádí v příloze k časopisu Policista Černý (2008) vesty v základním provedení chrání pouze před účinky projektilů s měkkým jádrem, zpravidla krátkých střelných zbraní s ústřevnou

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.

### **2.6.2.3 Antišoková vložka**

„Při zachycení projektilu nebo střepiny po zásahu dojde k průhybu vlastního balistického materiálu působením energie projektilu nebo střepiny. Za účelem radikální redukce tohoto traumatu (šokového otisku) se používají antišokové vložky.

Vložky jsou vyráběny z materiálů, které mají samy o sobě balistické vlastnosti, to je schopnost zachytit střelu i střepinu, nebo z materiálů, které tuto vlastnost nemají, ale pouze redukuje průhyb. Do první skupiny patří především třívrstvé i vícevrstvé aramidové materiály a fólie z netříštivého polykarbonátu. Do druhé skupiny se řadí polyuretanové materiály s vysokou stálostí fyzikálně-mechanických vlastností.“ (Ptáček, 2009)

## **2.6.3 Princip fungování balistických vest**

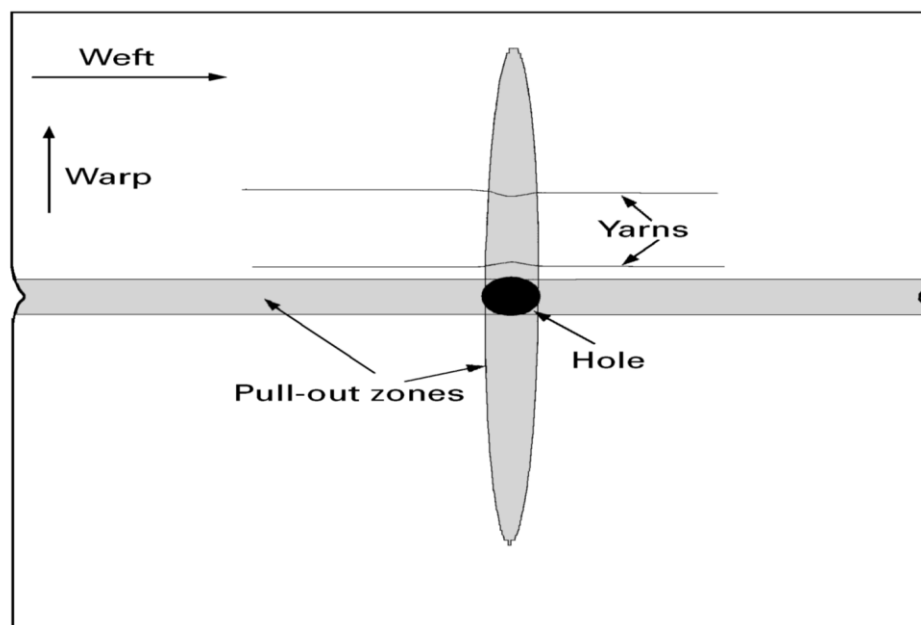
„Princip účinku prostředků balistické ochrany je postaven na pasivním odporu, který kladou dopadajícímu projektilu, čímž chrání svého uživatele. Základem pro jejich výrobu musí tedy zákonitě být materiály s výjimečnými mechanickými vlastnostmi.“ (D. Krupica, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Diplomová práce 2012)

Ve své bakalářské práci se Krupica (2009) zabývá principem fungování neprůstřelných tkanin, kde je využita vysoká pevnost použitých vláken v tahu a také jejich minimální průtažnost. Projektil, který se po nárazu deformuje, se zachytává do čím dál více vláken, které se snaží při postupu natáhnout, čímž vyčerpává svoji kinetickou energii.

Bazhenov (1997), který se ve svém výzkumu zaměřil na rozložení energie v kevlarových tkaninách při nárazu střely, popisuje průtažnost vláken takto: „Při příčném nárazu jsou ve vláknech tkaniny generovány dvě nárazové vlny, příčná a podélná. Příčná má za následek deformaci látky v trojúhelníkovém tvaru, která se šíří z bodu dopadu. Podélná vlna se šíří vlákny tkaniny mnohem vyšší rychlostí. Co se týče velikosti tahové deformace, byly v něm naměřeny čtyři třetiny celkové

energie střely v závislosti na jeho rychlosti. Jakmile podélná vlna dosáhne volného konce tkaniny, je odražena a „zpětná“ vlna cestuje zpět k místu dopadu.“

Pro ilustraci uvádím obrázek, kterým Bazhenov (1997) popisuje rozložení dopadové energie ve tkanině.



obrázek 2 – rozložení energie střely v kevlarové tkanině (Bazhenov, 1997)

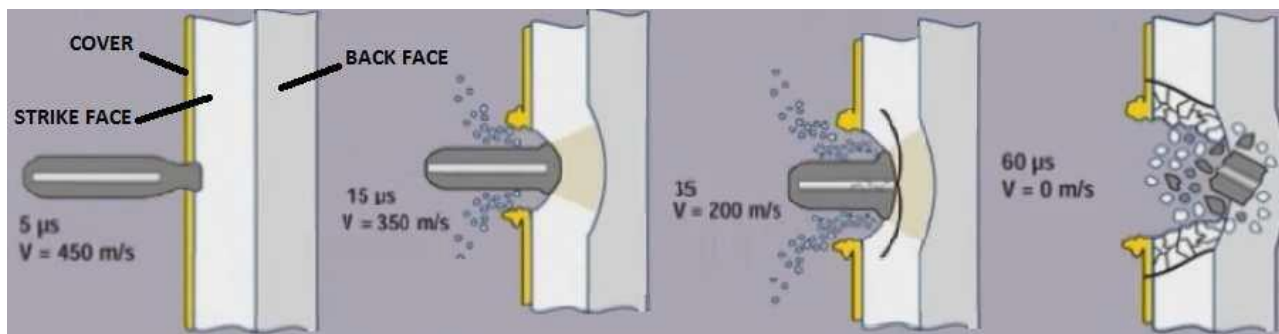
Výše zmíněné práce se věnují fungování neprůstředlných tkanin, vyrobených z aramidových vláken. Tyto tkaniny, neboli široce nazývané „měkké“ neprůstředlné vložky, však nemají schopnost zastavit střely vystřelených z pušek, jejichž úst'ová rychlost převyšuje 500m/s a se kterými přichází vojáci do styku mnohem častěji. Dále se proto zabývám principem fungování kompozitních neprůstředlných plátů.

Principem fungování neprůstředlných plátů se mimo jiné zabývá ve své bakalářské práci Nováček (2013) kde rozděluje jejich balistický materiál na kovový a na kompozitní sendviče. Z důvodů hmotnosti se kovových neprůstředlných plátů užívá spíše na vozidlech, kde se využívá jejich svařitelnosti a jejich velká váha není velikým omezením. Pokud je ale jedním z hlavních požadavků váha, používají se balistické materiály z kompozitních sendvičů

Dále cituji z bakalářské práce Nováčka (2013): „Hlavním požadavkem na balistické materiály je extrémní tvrdost a houževnatost. Tyto vlastnosti se ale u materiálů vylučují, proto se používá více materiálů spojených dohromady do tzv. sendviče, kde každá jednotlivá vrstva plní svou úlohu. V dnešní době se stále více uplatňuje trend snižování hmotnosti, jak v automobilovém, tak v leteckém

průmyslu z důvodu úspory energie, lepší ovladatelnosti a menších deformačních účinků v případě nehody. Volí se proto sendviče kompozitní.

Většinou se balistické sendviče skládají z kompozitního potahu (cover) přilepeného na čelní úderovou vrstvu (strike face), která je buď z oceli, nebo keramiky. Tato tvrdá úderová vrstva má za úkol zabránit proniknutí projektilu do materiálu, deformovat projektil a je přilepena pomocí lepidla (glue) na zadní stranu struktury (back face, backing), která má za úkol následně pohltit energii projektilu, popřípadě ještě zastavit samotný projektil či jeho úlomky. Lepidlo může být flexibilní pryž nejlépe na bázi polyurethanu, pohlcuje nárazovou vlnu a funguje jako tlumič, aby nárazové vlny neiniciovaly trhliny v okolí dopadu projektilu. Dále zmírňuje přechod mezi tuhou keramickou částí a poddajnější zadní kompozitní částí. Kompozitní potah (cover) slouží jednak k zajištění celistvosti celé struktury, jednak zachycuje roztrášené úlomky projektilu či keramiky, které se šíří zpět proti pohybu projektilu v místě dopadu.“



obrázek 3 – Fáze proniknutí projektilu do materiálu a úloha vrstev (Nováček)

## 2.6.4 Normy balistické odolnosti

Norem zabývajících se balistickou odolností existuje ve světě mnoho. Smyslem těchto norem je zpravidla stanovit maximální možnou kinetickou energii střely, jakou je schopen neprůstřelný materiál opakovaně zastavit, přičemž nedochází k jeho penetraci ani průhybu nad stanovenou mez.

Jak ve své bakalářské práci uvádí Dražil (2013), mezi tři nejznámější normy patří: americká norma NIJ STD 0101.06, německá norma AK II a norma pro ČR ČSN 39 5360.

Jelikož je norma NIJ STD 0101.06 nejpoužívanější a drtivá většina neprůstřelných plátů je podle ní vyráběna, testována a klasifikována, budu se dále zabývat popisem pouze této normy. Jiné normy balistických odolností, stejně jako ta česká jsou ve většině kompatibilní s americkou normou.

## 2.6.5 Norma NIJ Standard 010.06

„Balistické - neprůstřelné vesty jsou vyráběny a dodávány v třídách odolnosti podle norem USA STD - NIJ 0101.06 v třídách odolnosti IIA, II, IIIA, III, IV. Účelem této normy je stanovit minimální požadavky na balistickou odolnost a zkušební metody balistické odolnosti pro neprůstřelné vesty určené pro ochranu osob před střelbou“ (National Institute of Justice 2008)

Dále se lze v normě NIJ 0101.06 (2008) dočíst, že je revizí NIJ standard 0101.04 z roku 2000, čímž nahrazuje všechny předešlé požadavky NIJ Standard 0101.04. Platnost standardu je omezena pouze na balistické odolnosti. Tato norma se nevztahuje na jiné typy hrozeb, jako jsou nože a ostré předměty, které jsou řešeny v aktuální verzi NIJ standard-0115 Stab Resistance of Personal Body Armor.

Neprůstřelné vesty obsažené v tomto standardu jsou klasifikovány do pěti tříd (IIA, II, IIIA, III, IV) dle úrovně poskytované balistické ochrany. Úroveň hrozby, kterou projektil představuje, závisí mimo jiné, na jejím složení, tvaru, ráži, hmotnosti, úhlu dopadu a dopadové rychlosti.

### 2.6.5.1 Třídy odolnosti dle NIJ

Dále jsem uvedl doslovný překlad americké normy NIJ STD 0101.06, v níž je specifikována každá jeho třída odolnosti.

„Zbroje třídy IIA chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti o 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 332 m/s (1090 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .40 S&W Full Metal Jacketed (dále jen FMJ) o hmotnosti 11,7 g (180 gr) a dopadové rychlosti 312 m/s (1025 ft/s) a menší. Třída IIA poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z třídy I.

Zbroje třídy II chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti o 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 358 m/s (1175 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .357 Magnum Jacketed Soft Point (dále jen JSP) o hmotnosti 10,2 g (158 gr) a dopadové rychlosti 427 m/s (1400 ft/s) a menší. Třída II poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z tříd I a IIA.

Zbroje třídy IIIA chrání proti projektilům ráže 9 mm FMJ RN o hmotnosti 8,0 g (124 gr) a dopadové rychlosti 427 m/s (1400 ft/s) a menší a proti projektilům ráže .44 Magnum Jacketed Hollow Point (dále jen JHP) o hmotnosti 15,6 g (240 gr) a dopadové rychlosti 427m/s (1400 ft/s) a



méně. Třída IIIA poskytuje ochranu proti většině pistolových ráží a samozřejmě také proti hrozbám z tříd I, IIA a II.

Zbroje třídy III chrání proti projektilům ráže 7,62 mm FMJ (dle značení armády USA M80) o hmotnosti 9,6 g (148 gr) a dopadové rychlosti 838 m/s (2750 ft/s) a menší. Třída III poskytuje ochranu samozřejmě také proti hrozbám z tříd I, IIA, II a IIIA.

Zbroje třídy VI chrání proti projektilům ráže .30 Armor Piercing (dále jen AP) (dle značení armády USA M2 AP) o hmotnosti 10,8 g (166 gr) a dopadové rychlosti 869 m/s (2850 ft/s) a méně. Třída VI poskytuje ochranu proti minimálně jednomu zásahu projektily ráží uvedených v třídách I, IIA, II, IIIA, III.“

Jak lze tedy vyvodit z výše specifikovaných tříd, pokud chceme zastavit projektil jakékoliv puškové ráže, musíme použít balisticky ochranné prostředky s třídou odolnosti NIJ III až NIJ IV. Zpravidla se tedy jedná o neprůstřelné pláty vyrobené z kompozitu keramika – ocel.

## 2.7 Munice pro ruční zbraně

V této kapitole uvedu tabulku se stručnou specifikací nejrozšířenější používané munice do ručních střelných zbraní. Balistická hrozba uvedená u typu munice znamená, že k zastavení této munice musí být použit balisticky ochranný prostředek stejné nebo vyšší třídy. Označení munice bývá používáno, podle prvního výrovce a ráže specifikována v milimetrech nebo palcích, podle toho v jaké zemi se takové střelivo začalo poprvé používat. Ke konstrukci nutno dodat, že se jedná o buď o celo-plášťové střely (FMJ – Full Metal Jacket) o expanzní střely (JSP – Jacketed Soft Point) a střely s dutou špičkou, taktéž expanzní (JHP – Jacketed Hollow Point). Váha se může lišit podle výroby. Nutno dodat, že hodnoty dopadové rychlosti jsou pouze orientační. Velmi záleží na délce dráhy, kterou střela překonala, množství použitého střelného prachu apod.

Balistická hrozba	označení	konstrukce	váha Projektilu	průměr projektilu	dopadová rychlost
IIA	9mm Luger	FMJ RN	8,0g	9mm	373m/s
	.40 S&W	FMJ	11,7g	10mm	354m/s
II	9mm Luger	FMJ RN	8,0g	9mm	398m/s
	.357 Mag	JSP	10,2g	9,1mm	436m/s
IIIA	.357 SIG	FMJ	8,1g	9mm	448m/s
	.44 Mag	JHP	15,6g	10,9mm	436m/s
III	5.56x45 NATO	FMJ	4,5g	5,56mm	800m/s
	7.62x39	FMJ	9,6g	7,62mm	710m/s
IV	7.62x51 NATO	FMJ AP	8,0g	7,62mm	838m/s
	30.08 M8 AP	FMJ AP	10,8b	7,62mm	878 m/s

**Tabulka 1 – Specifikace standardně používaní munice**



**Obrázek 4 – přehled munice**

**zleva: 30.08 M8, 7.62 NATO, 7.62, 5.56 NATO, .357 Mag, .40 S&W, 9mm Luger – JSP, 9mm Luger - FMJ**

## 2.8 Terminální balistika

„Terminální balistika zkoumá děje při pohybu střely v živém či neživém cíli, do kterého přestoupila ze vzduchu. Patří sem ranivá balistika a bio-balistika, které zkoumají otázky účinků střel na tělo člověka nebo zvěře.“ (Kneubuehl, 2004).

Terminální balistika je jedním z odvětví balistiky. K ostatním odvětvím balistiky patří: Vnitřní balistika, zabývající se chováním střely uvnitř hlavně, přechodová balistika, která popisuje chování střely bezprostředně po opuštění hlavně kdy je ještě tlačena plyny z hlavně a vnější balistika, zabývající se chováním střely kdy už není tlačena plyny až do dopadu. Na to pak navazuje terminální balistika, z níž nás nejvíce zajímá ranivá balistika.

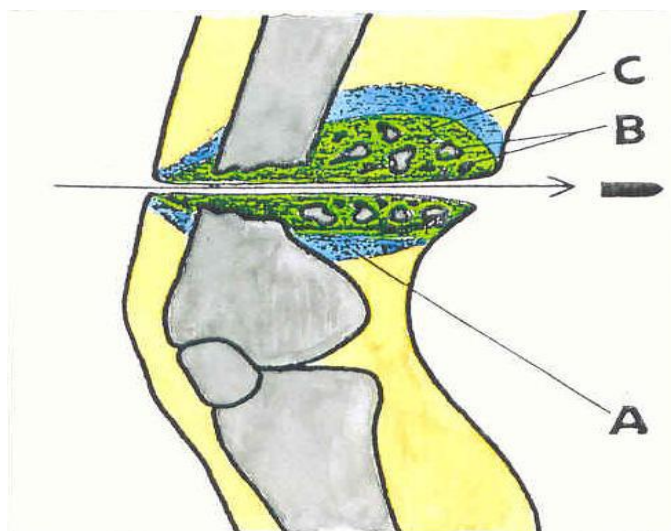
Ranivou balistiku definuje Juříčka (2013) takto: „Ranivá balistika je odvětvím balistiky, které analyzuje střelná poranění živých tvorů (lidí nebo zvířat), vyvolaná střelami nebo střepinami. Zabývá se vzájemnými vztahy mezi konstrukcí a funkcí střely (střepiny), jejími balistickými charakteristikami a dosaženou úrovní ranivého nebo jiného specifického účinku střely na živý organismus.“

Rozen a Dudkiewicz (2011) se ve své práci zabývají analyzováním střelných poranění, jejich rozdělením a specifikováním. Střelná poranění jako taková dělí na poranění s vysokou, střední nebo nízkou energií střely. Podle jejich výzkumu je rozdíl mezi těmito poraněními, z hlediska přenesené energie do tkáně výrazná. Protože je energie střel přímo závislá na jejich rychlosti, jako mez mezi poraněními s nízkou nebo vysokou energií střely uvádějí, mála-li střela rychlost větší nebo menší než je rychlost šíření zvuku (ve vzduchu). Jestliže střely z útočných pušek dosahují trojnásobku rychlosti zvuku, patří samozřejmě do kategorie střel způsobujících střelné poranění o vysoké energii střely.

Dále cituji Rozena a Dudkiewicz (2011), kteří vysvětlují přenos energie z projektilu do tkáně „Přenos energie je také ovlivněna tkáněmi, se kterými přichází projektil do kontaktu a souvisí s hustotou a tuhostí tkáně. Pevné tkáně jako je kost, která odolává deformacím a je více odolná, vede k většímu přenosu energie. Přenosem energie může dojít k poškození další tkáně přímým kontaktem s projektily. Energie ztracena v důsledku odporu tkáně se projevuje v podobě tlakových vln, které se šíří směrem od dráhy střely a může dojít k poškození tkáně (s tvorbou dočasné dutiny). Toto je považováno za nejvýznamnější faktor poranění s vysokou energií projektilu.“

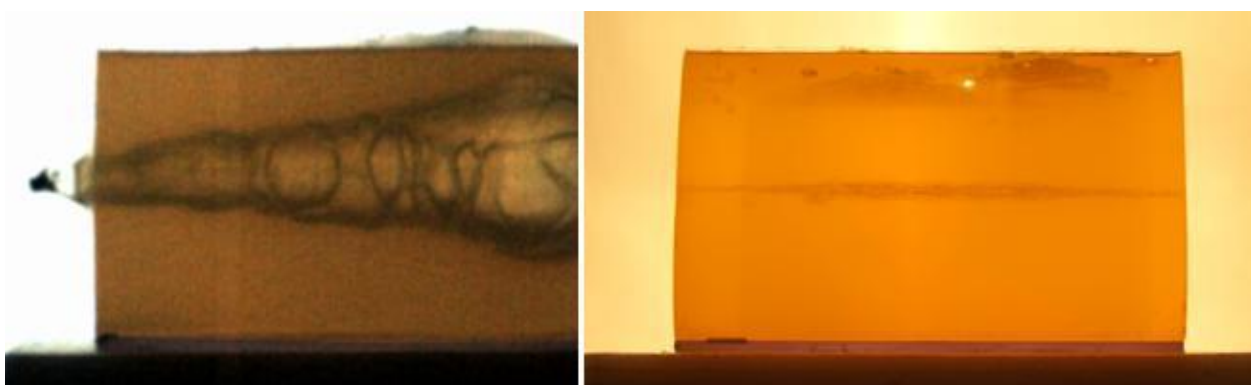
Dle Komendy a Juříčka (2003) se působením sekundárních projektilů, jako jsou kosti, ale i oddělených částí střely dochází k výraznému zvětšení střelného kanálu a jeho větvení. Nejvíce devastované jsou tkáně, tvořící stěny střelného kanálu a s rostoucí vzdáleností v radiálním směru se

stupeň poškození tkání snižuje. Pro bližší popis jak zasažení kosti ovlivňuje celkové střelné poranění, uvádím obrázek 4.



**Obrázek 5 - Průstřel stehna rychlou stabilní mikrorážovou střelou (Komenda a Juříček, 2003)**  
**A - oblast otřesu,**  
**B - sekundární projektily (fragmenty roztržité stehenní kosti a pronikajícího projektilu),**  
**C - nekrotická oblast (trvale porušená tkáň), kterou je nutné chirurgicky odstranit.**

V oblasti ranivé balistiky se užívá pro popis vzniklých dutin pojmů dočasná a trvalá dutina. Pro vysvětlení těchto dvou pojmů budu citovat Muchu (2013), který ve své diplomové práci měřil vzniklé dutiny v náhradních materiálech při průstřelu různou municí: „Z mechanického hlediska vzniká po průletu projektilu nejprve pulsující tzv. dočasná dutina, která se ustálí a přejde v dutinu trvalou. Pojmem "Narrow Chanel" se označuje část kanálu, kde se střela ještě pohybuje stejnou rychlostí a směrem. Tvar a délka střelného kanálu závisí na mnoha faktorech. Mezi hlavní patří dopadová rychlost střely na cíl, úhel dopadu a materiálové vlastnosti střely a terče.“



**Obrázek 6 - Dočasná dutina (vlevo) a trvalá dutina, balistická želatina (Mucha, 2013)**

Nakonec zmíním výrok Kneubuehla (2004), podle něhož můžeme účinek střely hodnotit pouze zpětně, na základě výsledku zásahu. Účinek je dán účinností střely, umístěním zásahu a v neposlední řadě také psychickým a fyzickým stavem zasaženého. Je proto zbytečné o účinku střely diskutovat nebo jej měřit, či dokonce jej chtít předpovídat. Přesto se o to neustále usiluje. To má mimo jiné za následek, že jsou ohledně účinku střel rozšířeny mnohé různé názory, o čemž výmluvně svědčí i velké množství různých konstrukcí střel. Jedinou veličinou, kterou lze (na základě počtů nebo měření) předem stanovit, je účinnost střely.

Za předpokladu že účinnost střel překračujících rychlost 700m/s, se kterými přicházejí vojáci do kontaktu nejčastěji, je velká a za předpokladu že nelze přesně předpovědět průběh chování střely v organismu a její přenos energie do tkání, můžu obecně předpokládat, že pokud dojde k zasažení hrudi takovýmto typem munice, bude dotýčný vzhledem k důležitosti orgánů, které se v této oblasti nacházejí, v bezprostředním ohrožení života.

## 2.9 Vitální zóna hrudi

V této části se okrajově věnuji anatomii člověka, hlavně pak stavbou orgánů a jejich funkcí, které jsou přítomny v lidském hrudním koši. Důvodem této kapitoly je ten, že neprůstřelný plát nošený v balistickém nosiči má za úkol chránit právě orgány, které jsou přítomny v oblasti hrudníku.

Prvořadým úkolem neprůstřelného plátu je ochrana srdce, které poskytuje tlaku pro cirkulaci krve do plic a posléze do okysličené krve do celého těla. To by ale nemohlo fungovat bez velkých krevních řečišť, které okysličenou krev distribuují do celého našeho těla, včetně mozku a které odkysličenou krev vrací zpět do srdce. Jak popisuje Čihák (2004), srdce se nachází v hrudníku mezi plícemi, hrudní kostí a bránicí.

Jeden z dalších důležitých orgánů hrudi je dýchací sval, zvaný bránice. Při poranění tohoto svalu, zraněný jedinec okamžitě ztratí schopnost dýchat. Dle Čiháka (2004) je tento sval kopulovitého tvaru, který zaujímá prostor od spodní části hrudního koše až po hrudní dutinu.

Dalším orgánem, který má plát za úkol chránit jsou plíce. Tento párovitý orgán umožňuje výměnu plynů mezi krví a vzduchem. Průstřel plic může být nakonec smrtelné z důvodu ztráty krve do plic nebo napětí zapříčiněné pneumotoraxem.

Všechny výše zmíněné orgány jsou obklopeny hrudním košem, který je dle Čiháka (2004) charakteristicky klenutý útvar tvořen 12 žebry, které se na páteř připojují hrudními obratli a hrudní kostí, ke které se žebra připojují chrupavčítým koncem. I když v minulosti sloužil hrudní koš jako ochrana orgánů uvnitř, vzhledem k jejich tříštění při poranění střelami o vysoké kinetické energii, spíše toto zranění zhoršují, viz Kapitola 2.10.

K důležitým orgánům ještě patří játra a ledviny, kterými protéká veliké množství krve a jejich postřelení může také znamenat bezprostřední ohrožení na životě. Krytí těchto orgánů neprůstřelným plátem je však velice omezená a jejich větší ochrana v dnešní době bohužel zatím není reálná.

## 2.10 Předpoklady pro prostorové zobrazení

Metodiku pro měření průmětů těles jako je vitální zóna a neprůstřelný plát by sem nevypracoval bez znalostí deskriptivní geometrie, které jsem získal na střední škole průmyslové a stavební. Deskriptivní geometrie je dle Musálkové (2000) věda o zobrazení prostorových útvarů do roviny (průmětny).

Prostorové útvary, které budu promítat, budou v mém případě ochranná plocha neprůstřelného plátu a vitální zóny, která bude vejčitého tvaru a bude kopírovat tvar hrudního koše. Rovina, na kterou budou tyto útvary promítány (průmětna) bude v mém případě rovina kolmá na dráhu potencionální střely.

Promítání jako takové dle Musálkové (2000) zobrazuje prostorové útvary do promítací roviny (průmětna). Pokud promítáme každý bod útvaru do roviny ze středu, vznikne středové promítání. Vedeme-li každým bodem útvaru přímkou daného směru a takto promítneme útvar do roviny, máme rovnoběžné promítání.

Středového promítání se využívá spíše při perspektivě, proto se také může nazývat jako „perspektivní promítání“. Pro potřeby mého měření při zhodnocování dat (promítání těles) využiji rovnoběžného promítání, u kterého bude výsledek ploch průmětů těles absolutní a nebude se měnit se vzdáleností potencionálního střelce.

## 2.11 Software pro záznam a analýzu pohybu

V této kapitole stručně specifikuju programy, které mi umožní provést analýzu naměřených dat z kamerového systému Qualisys.

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.“

Dále uvádím překlad specifikace programu Autodesk - 3D Studio Max, dostupná na internetových stránkách tohoto programu: [www.autodesk.cz](http://www.autodesk.cz)

„Autodesk 3ds Max 2013 poskytuje nástroje pro 3D modelaci, animaci, a tvoření snímků. Tento program se využívá pro design, vizualizaci, tvoření her, filmů, and pro televizní produkci.“

## **3 Cíle, úkoly práce a hypotézy**

### **3.1 Cíle práce**

Cílem této práce je vypracovat metodu, která by umožnila měřit poskytovanou balistickou ochranu a následně tuto metodu otestovat při zjišťování vlivu střeleckých postojů na balistickou ochranu střelce, která bude vyjádřena v  $\text{cm}^2$

### **3.2 Úkoly práce**

- Shromáždění a studium relevantní literatury, vztahující se k tématu
- Stanovení úkolu, hypotéz a cíle výzkumu
- Materiální zabezpečení výzkumu (zajištění termínu na kamerovém systému, neprůstřelné vesty apod.)
- Analýza naměřených dat

### **3.3 Výzkumné otázky**

- Jak se bude poskytovaná balistická ochrana měnit v průběhu přenášení střelby?
- Jak velké budou rozdíly v poskytované balistické ochraně mezi různými postoji?

### **3.4 Hypotéza**

„Předpokládám, že čím bude úhel přenosu střelby od přímého směru větší, tím menší bude střelci neprůstřelná vesta poskytovat balistickou ochranu, přičemž postoje při vynucené střelbě z pistole budou poskytovat nejmenší balistickou ochranu.“



## 4 Metodika práce

### 4.1 Metody výzkumu

Zjištěním stanovených výzkumných otázek se budu snažit přispět ke zjištění, jakým způsobem se mění balistická ochrana v závislosti na postojích, jak velké budou rozdíly v poskytované balistické ochraně, z čehož vyplyne i důležitost tohoto tématu.

V bakalářské práci jsem využil těchto metod: popisná analýza, měření a testování a analýza dat.

- Popisnou analýzu jsem použil při sběru informací týkající se dané problematiky. Především při studiu odborné literatury.
- Testování bylo použito při samotném měření na kamerovém systému
- Analýza dat byla provedena při zpracování jednotlivých snímků v programech Qualisys Track Manager a v 3DSmax. Dále bylo provedeno vyhodnocení jednotlivých výsledků ploch.

### 4.2 Sběr dat

#### 4.2.1 Výzkumný soubor

Protože se jedná o základní výzkum, výzkumný soubor tvořil pouze jeden voják s tělesnými rozměry odpovídající velikosti balistické ochrany M - medium. Podle americké normy pro balistickou ochranu jedince NIJ Standard - 0101.06 z toho vyplývá, že by voják měl mít výšku 172,7 až 182,9 cm a jeho obvod hrudi by měl být 96,6 až 106,6 cm. Mělo by se jednat o vojáka, který má alespoň základní střelecký výcvik a umí zaujmout základní střelecké postoje bez výrazných chyb. Byl kladen důraz na to, aby postoje, které respondent zaujímal, odpovídali přesně vyučovanému provedení a aby balistická ochrana byla nošena tak, jak je určeno výrobcem.

Protože jsem všechny výše uvedené parametry splňoval, probandem jsem byl já osobně. Jsem věku 25 let, moje výška je 194cm a můj obvod hrudi je 97cm.

## 4.2.2 Použitá výzbroj a výstroj

Pro měření jsem použil neprůstřelný plát typu SAPI (Small Arms Protective Insert) velikosti M – medium. Plát je vyroben z keramicko-kompozitního materiálu, a je anatomicky tvarován. Dle amerického standardu NIJ STD 0101.06 je jeho třída balistické odolnosti – IV. Tento plát byl vložen do balistického nosiče „Eagle plate carrier“ od firmy Eagle Industries. Velikost tohoto balistického nosiče odpovídá velikosti L, uvnitř obsahuje neprůstřelnou vložku z kevlarové tkaniny a fixační systém pro plát, do něhož byl plát umístěn. Součástí tohoto nosiče je i odnímatelný „cummerbund“, což je pás obepínající břicho ze stran, sloužící jako nosič dodatečného balistického materiálu a výstroje. Z důvodu potencionálního zastínění značkovačů a omezenosti snímání pohybu, byl tento doplněk vyjmut. Jako proband jsem byl oblečen ve vojenské polní obuvi Magnum Elite a kalhotách letního maskovacího oděvu vzor 95. Pro umožnění snímání pohybu částí těla jsem neměl oblečený vršek. Jako zbraň byla při měření použita standardní útočná puška ráže 7.62mm - SA58 a pistole ráže 9mm Luger – Taurus PT917c. Opět z důvodu potencionálního zastínění značkovačů nebyl při měření v útočné pušce přítomen zásobník.



Obrázek 7 – Použitá výstroj a výzbroj

Neprůstřelný plát SAPI a balistický nosič (vlevo), Útočná puška SA58 a Pistole Taurus PT917c (vpravo)

## 4.2.3 Organizace výzkumu

Měření proběhlo 20. 3. 2014 v laboratoři pro biomechaniku extrémních zátěží v budově FTVS – UK, jehož součástí je i kamerový systém pro snímání pohybu Qualisys. Nejprve byl stanoven postup jednotlivých měření, proběhla příprava výstroje a materiálu pro měření a proběhla

kalibrace sestavy 6 kamer na počátek os x, y a z, vyznačených značkovači. Poté byly značkovače pro snímání pohybu přilepeny na stanovená místa probanda a výstroji.

### 4.2.3.1 Umístění značkovačů

Devatenáct značkovačů s reflexním povrchem, pro snímání pohybu na kamerovém systému, byly viditelně umístěny na následující místa:

- 6 značkovačů na předním povrchu vesty kopírující všech šest rohů plátu umístěného v balistickém nosiči, pro snímání polohy neprůstřelného plátu
- 2 značkovače na hlavní zbraně, vytvářející úsečku rovnoběžnou se záměrnou přímkou pušky či pistole.
- 2 značkovače na horní oblasti pánevní kosti, pro snímání pohybu boků
- 6 značkovačů párově umístěných na ramenou, loktech a zápěstí pro přibližné snímání polohy rukou
- 2 značkovače nad klíčními kostmi pro identifikaci polohy hrudi v závislosti na neprůstřelný plát
- 1 značkovač na zadní části krku



Obrázek 8 – Ukázka umístění značkovačů - pistole a puška s přenesením střelby do leva  
Červená – hlaveň zbraně, Oranžová – paže, Žlutá – klíční kosti, boky a krk, Zelená – neprůstřelný plát

## 4.2.3.2 Kamerový test

Doba každého měření byla stanovena na 30s. Jako první proběhlo jedno zkušební měření, jehož data nebyla zpracována.

Na kamerovém testu bylo poté provedeno celkem devět měření. První tři měření (001, 002, 003) byla provedena na univerzálním postoji při střelbě z útočné pušky s přenesením střelby 90° doprava a doleva od přímého směru. Další tři měření (004, 005, 006) byla provedena opět na univerzálním postoji se stejným přenesením střelby s tím rozdílem, že se jednalo o pistoli. Poslední tři měření (007, 008, 009) byly provedeny na postojích vynucené střelby po taseň pistoli při nástřelu zprava nebo zleva.

Všechny pohyby jako přenášení střelby nebo taseň pistole byly probandem provedeny konstantní pomalou rychlostí, přičemž byl kladen důraz na přesnost pohybů.

## 4.3 Analýza dat

Snímky 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 nešli jakýmkoliv způsobem hodnotit. Všechny tyto naměřená data bylo tudíž nutné dále zpracovat v několika fázích.

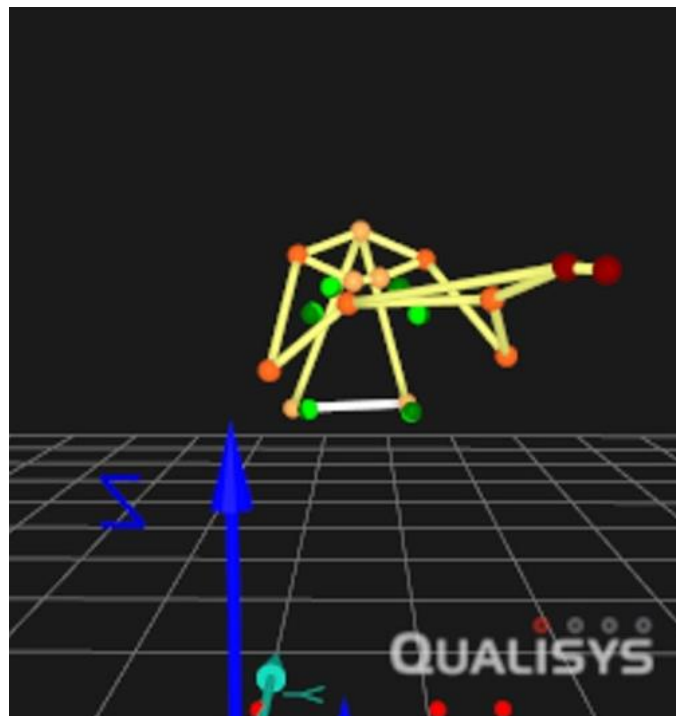
### 4.3.1 Úprava dat v Qualisys Track Manager

V QTM bylo nutné upravit získané snímky ze všech provedených měření. Před jakoukoliv další prací s daty bylo nutné identifikovat všechny naměřené body, 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 nepatřili. Důvodem vzniku těchto bodů byl ten, že kamerový systém snímá odlesky značkovačů. V osvětlené místnosti se ale může lehce stát, že kamera zaznamená odlesk, který ale nepochází z reflexního povrchu značkovače a tento odlesk je poté v systému zaznamenán jako další bod.

Poté bylo nutné řešit problém bodů, které do měření naopak patřili, ale v některých časových úsecích ze záznamu mizely. Důvodem mizení těchto bodů byl ten, že nebyly zaznamenány dostatečným počtem kamer pro snímání polohy. Aby byla poloha bodu zaznamenána, musí být viditelný alespoň třemi kamerami systému. To se ale z důvodu překrytí těchto bodů zbraní, rukou, či jinými částmi těla probanda, v některých časech nepovedlo. Tento problém bylo možné řešit pouze omezeně. Pokud byla trajektorie bodu v prostoru přehledná (neměnná) a chybějící záznam tohoto bodu nepřekročil 2 vteřiny, byl použit nástroj pro dopočet polohy tohoto bodu. Pokud se jednalo o body, které označovaly polohu neprůstřelného plátu, bylo možné využít nástroje „rigidního“ (pevného) tělesa, který pro dopočet polohy chybějících bodů plátu využil polohu zaznamenaných bodů plátu. Pro dopočet chybějících bodů plátu bylo však nutné, aby alespoň tři body byly zaznamenané. To se v určitých časech, některých měření, nepovedlo a nebylo už dále možné s těmito výsledky pracovat.

Posledním krokem úpravy dat v QTM bylo přiřazení „kostí“ dvojicím bodů pro přehlednost celkového záznamu. Tyto úsečky pak v záznamu znázorňují polohu rukou, boků, zadní části krku, neprůstřelného plátu a zbraně.



**Obrázek 9 – Konečná úprava dat v QTM – Přenesení střelby s puškou o 45°**

**Červené body: hlaveň, Zelené: neprůstřelný plát, Oranžové: paže, Žluté: krk, klíční kosti a boky**

## 4.3.2 Převod formátů pro záznam pohybu

Konečnou úpravu dat a vyhodnocení výsledků jsem od začátku práce plánoval v programu pro práci v 3D a animaci od společnosti Autodesk: 3D Studio Max (dále jen 3DS). Bylo to z důvodu mých předchozí zkušeností s tímto programem a díky jeho možnostem jsem věděl, že bude možné i vyhodnocení něčeho takového, jako je poskytované balistická ochrana. 3DS však pracuje s jinými formáty souborů s pohybovým záznamem a i když má velký výběr podporovaných formátů se kterými umí pracovat, formáty exportované programem QTM nepatřili na seznam podporovaných formátů 3DS. Bylo tedy nutné najít třetí program, který dokáže otevřít soubory exportované QTM a zároveň umí tento záznam uložit do formátu podporovaným programem 3DS. Tohoto nelehkého úkolu převodu formátu se zhostil program pro pohybovou analýzu, taktéž od společnosti Autodesk: Motion Builder. Tento program je volně stažitelný na 30 měsíců na internetu.

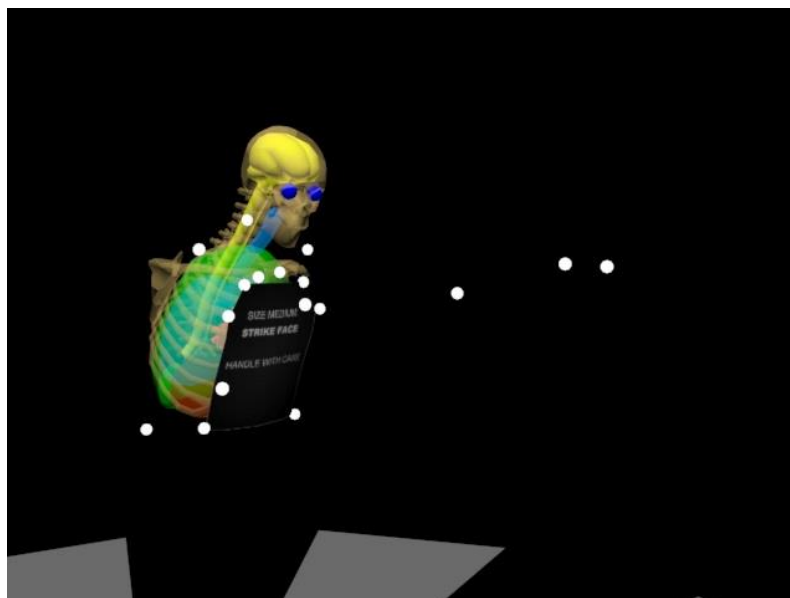
## 4.3.3 Vyhodnocení dat v 3D Studio Max

Pro konečné vyhodnocení plochy krytí, které poskytuje neprůstřelný plát, celkové plochy vitální zóny a plochy vitální zóny, která je chráněna neprůstřelným plátem byl použit program od společnosti Autodesk: 3D Studio Max (dále jen 3DS). Tento program v sobě zahrnuje všechny nástroje pro modelaci v 3D prostoru a animaci. Mezi těmito nástroji patří i funkce měření objemů a ploch geometrických těles, která byla využita ke zhodnocení.

Postup vyhodnocení výsledků průmětů ploch po importu pohybového záznamu byl následující:

- Vložení virtuální kamery, která určovala směr rovnoběžného promítání ploch neprůstřelného plátu a vitální zóny (určovala dráhu potencionálních střel podle toho, kam mířila zbraň probanda). Poloha této kamery se v prostoru odvíjela podle polohy bodů hlavně zbraně.
- Vložení vymodelované přední plochy plátu. Tato plocha měla ve virtuální podobě stejný anatomický tvar a stejnou ochrannou plochu, jakou měl skutečný neprůstřelný plát, na kterém bylo provedeno měření. Tato plocha činí: 760cm<sup>2</sup>. Tato plocha kopírovala pohyb zaznamenaných bodů plátu.

- Vložení předem vymodelované vitální zóny vejčitého tvaru, kopírující tvar lidského hrudního koše o objemu 16 000 cm<sup>3</sup>. Tato vitální zóna kopírovala pohyb neprůstředného plátu a její poloha byla určena podle zaznamenaných bodů klíčních kostí. Pro ilustraci byl také vložen model lidského hrudního koše, páteře a lebky s vitálními orgány, obsaženými uvnitř.
- Nakonec byla změřena plocha průmětu virtuálního plátu, vitální zóny, a vitální zóny nekryté plátem v univerzálním postoji při přenesení střelby o 0°, 22,5°, 45°, 67,5° a 90° od přímého směru, na obě strany, s útočnou puškou a pistolí a v postoji při vynucené střelbě s pistolí, z pravé a levé strany.



**Obrázek 10 – Vyhodnocení v 3DS – Přenesení střelby s puškou o 45°**

**Zelená oblast vymezuje vitální zónu hrudi**

## 5 Výsledky

Vyhodnocení dat bylo provedeno rovnoběžným promítáním v programu 3D studio max. Výsledky byly získány z následujících měření: měření 001 pro přenášení střelby s puškou, měření 005 pro přenášení střelby s pistolí, měření 007 a 008 pro vynucenou střelbu z pistole na pravou stranu a měření 009 pro vynucenou střelbu z pistole na levou stranu. Měření 003, 004 a 005 nebylo možné vyhodnotit z důvodu nedostatku zaznamenaných bodů neprůstřelného plátu (méně než 3). Měření 002 nebylo vyhodnocováno z důvodu špatného pohybového provedení daného úkolu, což bylo v tomto případě přenášení střelby s útočnou puškou.

### 5.1 Měření 001

V tomto testu byla měřena poskytovaná balistická ochrana při přenášení střelby s útočnou puškou. Neprůstřelný plát poskytoval na začátku tohoto měření z přímého směru střelby ochranu  $464,3\text{cm}^2$  plochy průmětu vitální zóny. Při přenášení střelby doleva je vidět postupný úbytek této poskytované ochrany, který v úhlu  $-90^\circ$  od přímého směru činil  $113,5\text{cm}^2$ , což je zhruba úbytek 24%. Při přenášení střelby zpět na nulový úhel se poskytovaná ochrana opět zvyšuje, avšak v přímém směru už nedosahuje počátečních  $464,3\text{cm}^2$ , ale pouze něco přes  $418,6\text{cm}^2$ . To znamená, že nebylo dosaženo úplného návratu do výchozí polohy. Tento jev může být hodnocen jako drobný nedostatek v technice provedení pohybu. Poté následovalo přenášení střelby doprava, kde poskytovaná ochrana s přibývajícím úhlem přenesení stoupala, až na výjimku prvních  $45^\circ$ . Konečná poskytovaná ochrana při úhlu  $90^\circ$  činila  $465,2\text{cm}^2$ , což je více než ochrana původně poskytovaná z přímého směru střelby. Důvodem tohoto výsledku lze přisoudit faktu, že pažba pušky je při střelbě zapřena do pravého ramene, které v tomto úhlu přenesení nutí střelce se více natočit čelem k cíli. Tato ochrana se při vracení do nulového úhlu opět snižovala na konečných  $410,8\text{cm}^2$ .

V následující tabulce uvádím výsledky ploch průmětů neprůstřelného plátu, vitální zóny, části nechráněné vitální zóny, části chráněné vitální zóny a procento vitální oblasti, která je chráněná. První tři výsledky byly získány rovnoběžným promítáním v 3DS. Plochy vitální zóny chráněné plátem, byly vypočítány dle následujícího vzorce:



$$S3 = S1 - S2$$

**S1 = celková plocha průmětu vitální zóny**

**S2 = plocha vitální zóny nechráněna plátem**

**S3 = plocha vitální zóny, která je chráněna plátem**

Procenta vitální oblasti chráněné plátem, jsem vypočítal dle následujícího vzorce:

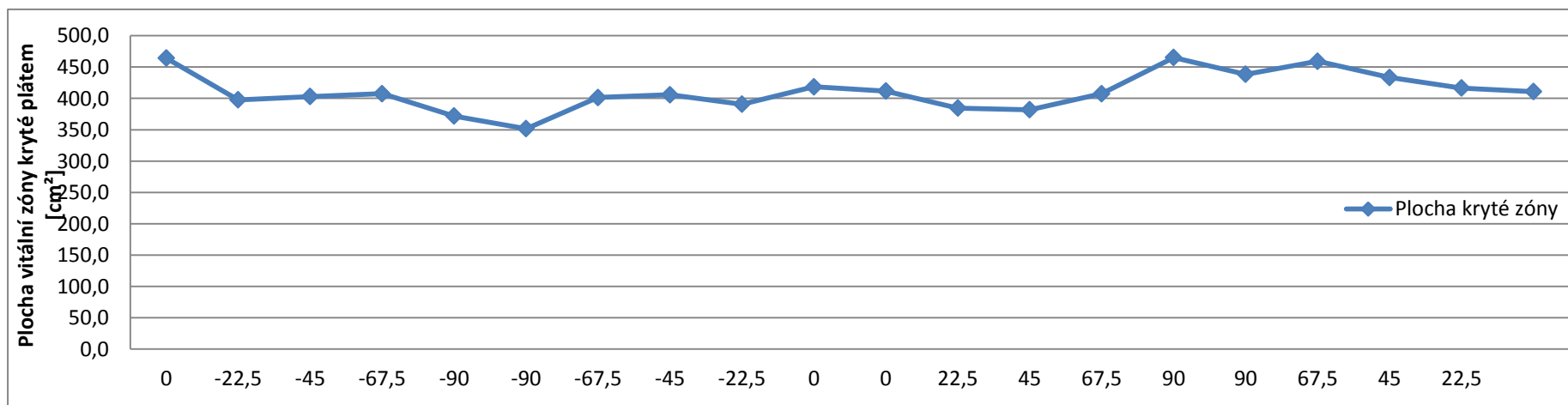
$$X = (S3/S1) * 100$$

**X = Procento chráněné vitální oblasti**

Dále je v grafu znázorněn průběh změn ploch vitální oblasti, které je plátem poskytována balistická ochrana. Průběh změn procent vitální oblasti chráněné plátem je identický s průběhem změn těchto ploch.

úhel	0	-22,5	-45	-67,5	-90	-90	-67,5	-45	-22,5	0	0	22,5	45	67,5	90	90	67,5	45	22,5	0
Snímek	2	51	76	99	128	197	228	251	271	309	328	349	363	378	427	478	507	519	530	548
Plocha plátu	631,8	593,2	597,2	602,3	576,0	560,1	591,2	587,4	584,9	589,4	592,4	574,2	572,9	603,2	608,9	620,2	629,5	612,5	602,0	598,5
Plocha vitální zóny	940,6	924,9	926,5	930,1	918,6	917,4	924,7	919,6	921,9	921,8	921,8	914,4	910,5	932,0	976,2	936,8	940,5	933,1	928,8	927,5
Plocha nechráněná	476,3	527,2	523,6	522,5	546,7	565,7	523,3	513,8	531,2	503,3	510,0	529,8	528,5	524,5	511,0	498,3	481,3	499,7	512,2	516,7
Plocha chráněná	464,3	397,8	402,9	407,6	371,9	351,8	401,4	405,8	390,8	418,6	411,8	384,6	382,0	407,5	465,2	438,5	459,2	433,4	416,6	410,8
% chráněné oblasti	49,4	43,0	43,5	43,8	40,5	38,3	43,4	44,1	42,4	45,4	44,7	42,1	42,0	43,7	47,7	46,8	48,8	46,4	44,9	44,3

Tabulka 2 – vliv úhlu přenesení střelby s útočnou puškou na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem



Graf 1 – vliv úhlu přenesení střelby s puškou na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem

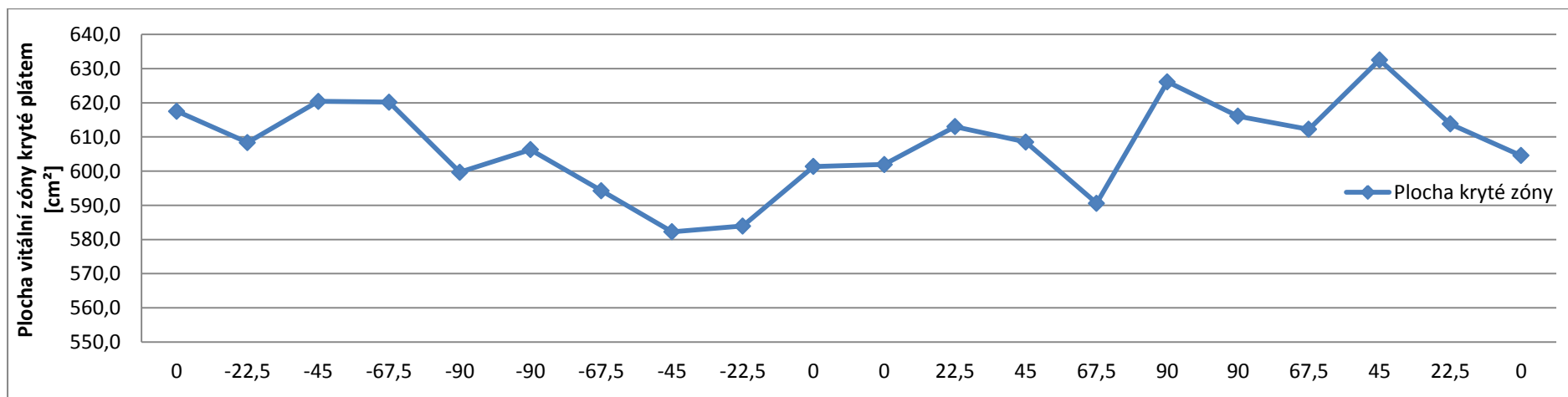
## 5.2 Měření 005

V tomto testu byla měřena poskytovaná balistická ochrana při přenášení střelby s pistolí. Neprůstřelný plát poskytoval na začátku tohoto měření z přímého směru střelby ochranu  $617,5\text{cm}^2$ . Při přenášení střelby doleva je vidět nepravidelný úbytek plochy v poskytované ochraně na konečných  $606,3\text{cm}^2$ , při úhlu  $-90^\circ$ . Při přenášení střelby zpět se ale do úhlu  $-45^\circ$  výsledná ochrana ještě dále snižuje. Tento jev může být zapříčiněn zahájením otáčení trupu bez návaznosti rukou, které drží pistolí. Protože značkovače na hlavní pistole určují celý směr rovnoběžného promítání, může takováto chyba v technice znamenat veliké zkreslení výsledků. Od úhlu  $-45^\circ$  do úhlu  $0^\circ$  se ochrana opět zvýšila, ale už ne do původních  $617,5\text{cm}^2$  ale jen do  $601,9\text{cm}^2$ . To opět znamená, že nebylo dosaženo úplného návratu do výchozí polohy, zapříčiněného nedostatkem v technice provedení pohybu. Následovalo přenášení střelby doprava, kde poskytovaná ochrana s přibývajícím úhlem přenesení stoupala. Toto stoupání bylo však velice nepravidelné, stejně jako je v tomto měření průběh změn v poskytované balistické ochraně nepravidelný. Konečná poskytovaná ochrana při úhlu  $90^\circ$  vpravo od přímého směru činila  $626,1\text{cm}^2$ . Tato ochrana se při vracení do nulového úhlu opět nepravidelně zmenšovala na konečných  $604,6\text{cm}^2$ , kdy se při úhlu  $45^\circ$  opět vyskytl už dříve popisovaný jev, který mohl mít stejné zapříčinění. S ohledem na nepravidelnost změn v poskytované balistické ochraně a s ohledem na výskyt dvou výše popsaných jevů lze usuzovat, že přenášení střelby s pistolí obsahovalo chyby v technice provedení tohoto pohybu, který se ještě více projevil faktem, že směr promítání je určen polohou hlavně pistole, která není pažbou zapřena do ramene a tudíž její pohyb není pevně spjatý s pohybem trupu.

V následující tabulce opět uvádím výsledky ploch průmětů neprůstřelného plátu, vitální zóny, části nechráněné vitální zóny, části chráněné vitální zóny a procento vitální oblasti, která je chráněná.

úhel	0	-22,5	-45	-67,5	-90	-90	-67,5	-45	-22,5	0	0	22,5	45	67,5	90	90	67,5	45	22,5	0
Snímek	2	43	63	77	126	173	206	222	243	266	317	345	363	381	406	469	514	533	553	581
Plocha plátu	711,9	706,5	709,8	709,6	701,2	703,9	681,4	686,9	689,9	701,9	693,9	698,1	704,6	697,2	711,1	707,2	705,5	714,1	709,3	703,2
Plocha vitální zóny	983,8	978,1	979,5	979,4	975,0	976,3	964,6	967,5	969,2	975,3	971,1	972,9	976,5	972,6	979,0	977,3	976,0	981,1	977,9	976,1
Plocha nechráněná	366,3	369,8	359,1	359,2	375,3	370,1	370,4	385,2	385,2	374,0	369,1	359,9	368,0	382,0	352,8	361,2	363,8	348,5	364,2	371,5
Plocha chráněná	617,5	608,4	620,4	620,2	599,7	606,3	594,3	582,3	584,0	601,3	601,9	613,0	608,5	590,6	626,1	616,1	612,2	632,6	613,8	604,6
% chráněné oblasti	62,8	62,2	63,3	63,3	61,5	62,1	61,6	60,2	60,3	61,7	62,0	63,0	62,3	60,7	64,0	63,0	62,7	64,5	62,8	61,9

Tabulka 3 – vliv úhlu přenesení střelby s pistolí na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem



Graf 2 – vliv úhlu přenesení střelby s pistolí na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem

## 5.3 Měření 007, 008 a 009

V těchto třech měřeních byla měřena poskytovaná balistická ochrana při vynucené střelbě do strany.

Výsledky z měření 007 a 008, jsou z pohledu balistické ochrany nejhorší. Z výsledků je patrné, že neprůstřelný plát při tomto měření neposkytoval střelci prakticky žádnou ochranu. Bylo to způsobeno tím, že zbraň byla držena jednoruč a zaujímané postoje připomínaly spíše boční střelecký postoj, který se používá při olympijských disciplínách sportovní střelby. V bojové střelbě by tento postoj měl být více natočen čelem k cíli, byť je stále zbraň vzhledem ke straně konfliktu stále držena jednoruč. Tím by postoj poskytoval větší balistickou ochranu.

Výsledky z měření 009 vychází o poznání lépe. Je to tím, že byla v tomto případě vzhledem ke straně střelby držena pistole obouruč. To nutí střelce se více natočit čelem k cíli. Postoje v tomto případě poskytovali mírně větší balistickou ochranu než postoje s útočnou puškou, ale neposkytovali zdaleka tak dobrou ochranu, jako postoje u pistole.

Měření	007	008	008	009	009	009
snímek	2	56	391	134	338	634
Plocha plátu	181,4	201,1	227,8	652,2	663,3	647,9
Plocha vitální zóny	812,5	816,1	817,6	946,0	951,5	944,7
Plocha nechráněná	796,9	794,6	772,5	446,6	429,7	448,3
Plocha chráněná	15,7	21,5	45,0	499,4	521,8	496,5
% chráněné oblasti	1,9	2,6	5,5	52,8	54,8	52,6

Tabulka 4 – vliv postojů při střelbě do stran na balistickou ochranu střelce

## 6 Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo vypracovat metodu, která by umožnila měřit poskytovanou balistickou ochranu a následně tuto metodu otestovat měřením vlivu postojů na tuto ochranu. V této kapitole se pokusím shrnout tuto práci porovnáním hypotéz a očekávání s naměřenými hodnotami.

Jedno z nejdůležitějších částí celé metody určování balistické ochrany bylo měření postojů na kamerovém systému. Měření bylo provedeno mě samotným, jakožto jediným probandovi. Proband v testu sloužil pouze jako figurant, který zaujímal předepsané postoje. Jediné požadavky na probanda, které jsem pro tyto účely měření stanovil, byly tělesné rozměry odpovídající neprůstřelnému plátu typu M a předchozí zkušenosti se zaujímanými postoji. Dále byl kladen velký důraz na správné nasazení a fixaci balistického nosiče, které zaručovalo optimální polohu neprůstřelného plátu po celou dobu měření.

Samotnému měření předcházela hypotéza, ve které jsem mimo jiné předpokládal, že čím bude úhel přenosu střelby od přímého směru větší, tím menší bude střelci neprůstřelná vesta poskytovat balistickou ochranu. Tato část hypotézy se potvrdila jak u pušky, tak u pistole, pouze z části a to sice při přenosu střelby na levou stranu. Při přenosu střelby na pravou stranu byla balistická ochrana stejná jako z čelního směru, nebo dokonce i mírně větší. V této části měření byla výše zmiňovaná část hypotézy vyvrácena. Důvodem, který toto mohl zapříčinit, se zabývám v následujících odstavcích.

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, nejlepší pro fungování neprůstřelného plátu je, aby byl co nejvíce kolmo na směr letu potencionálních střel, přičemž vitální zóna hrudi je díky tomu více schovaná za ním. Jako první příčinu, která pravděpodobně zavinila stejnou nebo mírně větší balistickou ochranu při přenesení střelby doprava, uvádím zapření pažby útočné pušky do pravého ramene, případně téměř natažené pravé paže u pistole. Díky této skutečnosti muselo být pravé rameno „zatlačeno“ dozadu, aby proband byl vůbec schopen zarovnat mířidla na cíl, který je 90° od přímého směru. Zde opět uvádím důležitost výběru probanda, který má s technikou bojové střelby předchozí zkušenosti, protože dosažení 90° na cíl pootočením zbraně, povolením pravého lokte, či jiným způsobem, by byla z hlediska techniky bojové střelby hrubá chyba.

Jako druhou příčinu, která by mohla změřenému jevu výrazně nahrávat, uvádím postavení nohou při zaujetí univerzálního postoje. Jak již bylo popsáno v kapitole 2.4, je při střelbě z pistole i pušky levá noha mírně před pravou. To způsobuje, že je postoj více „otevřený“ doprava a tudíž není nutné tolik přetáčet trup, jako by tomu bylo při opačném postavení nohou.

Příčina klesající plochy poskytované ochrany při přenášení střelby na levou stranu je při provádění pohybu na pohled zřejmá. Jsou to stejné důvody, které byly zmíněny výše. Pažba je zapřena do pravého ramene, která je při přenosu střelby doleva, vzadu. Není zde žádný tlak na rameno, ani potřeba střelce se ještě více otáčet k cíli. Postavení nohou také napomáhá tomu, že je trup střelce k cíli více bokem, než by byl v čelním směru.

V druhé části hypotézy jsem předpokládal, že postoje při vynucené střelbě zprava či zleva, budou poskytovat z hlediska plochy vitální zóny překryté plátem, nejmenší ochranu. Tato část hypotézy jako taková vyplynula z toho, že zařazení těchto postojů do měření jsem rozhodl právě z toho důvodu, aby se ukázal kontrast v poskytované balistické ochraně mezi univerzálním postojem a mezi postojem, který připomíná postoj boční. Měření tuto hypotézu potvrdilo, což jsem silně očekával.

Měření, které bylo obsahem této práce, napomohlo k samotnému sestavení metody, kterou by se dala měřit poskytovaná balistická ochrana, a tím napomohlo i k hlavnímu cíli této práce. Dle mého názoru se jedná o přesnou metodu zaznamenání polohy a pohybu vitálních zón a balisticky ochranných prvků. Proto by se dala tato metoda aplikovat i pro jiné balisticky ochranné prvky, stejně tak jako pro jiné postoje, či polohy při střelbě.

Měření také ukázalo jisté výhody a nevýhody zvoleného postupu. Jedná se hlavně o přilepení bodů na hlaveň, přičemž tyto body určují směr promítání. Výhodou je, že je to rychlá metoda, nenáročná na přípravu a která navíc umožňuje snímat plynulé změny ploch plátu a vitální zóny z předního pohledu. Na druhou stranu práce, která byla ušetřena na přípravu, je poté nahrazena prací ve vyhodnocovacím programu. Nevýhodou zvolené metody je, že malé natočení zbraně při měření může znamenat velký rozdíl v průmětu těles a tudíž jiný výsledek. Tento děj se projevil hlavně u přenášení střelby s pistolí, kde výsledky v úhlech při přenášení zprava doleva jsou jiné než výsledky stejných úhlů, při přenášení zleva doprava. Tento jev se však neprojevil u přenášení střelby s puškou, což může být způsobeno tím, že je puška zapřena pažbou do ramene a tudíž je její pohyb pevněji spojen s trupem.

Z tohoto důvodu bude nutné na následujících měření s více probandy tuto metodiku modifikovat. Bez tohoto základního výzkumu by však nebylo možné nejen tuto metodu sestavit, ale ani zjistit tuto chybu, která se při měření projevila.

## 7 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vypracovat metodu, kterou by se dala měřit poskytovaná balistická ochrana. Hned druhým cílem bylo tuto metodu vyzkoušet při měření změn poskytované balistické ochrany při změně střeleckých postojů.

Na základě údajů naměřených z kamerového testu, lze přinejmenším usoudit, že střelecké postoje mají nezanedbatelný vliv na balistickou ochranu střelce. Je proto nutné s touto problematikou dále pracovat s větším vzorkem testovaných subjektů. Testovaný vzorek jednoho probanda byl příliš malý na jakékoliv zobecnění výsledků, přesto však měření ukázalo několik trendů, které by bez měření nebylo možné prokazatelně zjistit a se kterými je nutno v dalším měření počítat.

Tato metoda měření a vyhodnocení se ukázala pro daný účel jako dostatečná a její výsledky přesně reflektovaly naměřenou balistickou ochranu, která byla v ten moment probandovi poskytována. S drobnými modifikacemi se dá tato metoda aplikovat i na jiné střelecké polohy, jako jsou kleky, lehy, apod.



## 8 Seznam použité literatury

- BRYCH, J. *Sportovní střelba*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2008. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-802-4615-820.
- 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
- 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.
- ČIHÁK, R. *Anatomie 3. 2.*, upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004, 673 s. ISBN 80-247-1132-X.
- DOVALIL, J. a kol. *Lexikon sportovního tréninku*. Praha: Karolinum, 2008 ISBN 978-80-246-1404-5
- HELEBRANT, M. Neprůstřelné vesty. *Zbraně a střelivo*, 11/1993
- HENDL, J. *Kvalitativní výzkum*. Praha: Karolinum 1997. ISBN 80-7184-549-3.
- HÝKEL, J., MALIMÁNEK, V. *Náboje do ručních palných zbraní: střely, přesnost střelby, účinek*. V Našem vojsku. 2. vyd. Praha: Naše vojsko, 2002, 547 s. ISBN 80-206-0641-6.
- JUŘÍČEK, L. *Ranivá balistika I: (úvod do studia ranivé balistiky)*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola Karla Engliše, 2013, 111 s. ISBN 978-80-86710-69-3.
- KARÁSEK, D. Trendy balistické ochrany. *Střelecká revue*, 6/2012, roč. 44, s. 42-44. ISSN 0322-7650
- KNEUBUEHL, Beat P. *Balistika: střely, přesnost střelby, účinek*. 1. vyd. Praha: Naše vojsko, 2004, 235 s. ISBN 80-206-0749-8.
- KOMENDA, J., JUŘÍČEK, L. *Ranivá balistika*. Brno: Vojenská akademie v Brně – Katedra zbraňových systémů, 2003.

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: Bakalářské práce*. Zlín:

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2009. 65 l., 5 l. příl. Vedoucí bakalářské práce Ján Ivanka

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.

MUSÁLKOVÁ, B. *Deskriptivní geometrie II pro 2. ročník SPŠ stavebních*. 1. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 152 s. ISBN 80-859-2065-4

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

NIJ Standard-0101.06. *Ballistic Resistance of Body Armor*. Washington, DC: National Institute of Justice, 2008. 89 s. NCJ 223054

ROKYTA, R. a kol. *Fyziologie*. Praha: ISV 2000. ISBN 80-85866-45-5.

ROZEN, N., DUDKIEWICZ, I. *Wound Ballistics and Tissue Damage. Armed Conflict Injuries to the Extremities*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, s. 21. DOI: 10.1007/978-3-642-16155-1\_2.

#### INTERNETOVÉ ZDROJE:

3ds Max: Autodesk. [online]. [cit. 2014-03-24]. Dostupné z:

<http://www.autodesk.cz/products/autodesk-3ds-max/overview>

Qualisys Track Manager: Qualisys motion capture camera system. [online]. [cit. 2014-04-24].

Dostupné z: <http://www.qualisys.com/products/software/qtm/>

## 9 Seznam obrázků

obrázek 1 – Hrubá taxonomie motorických schopností (Měkota a Novosad, 2005)

obrázek 2 – rozložení energie střely v kevlarové tkanině (Bazhenov, 1997)

obrázek 3 – Fáze proniknutí projektilu do materiálu a úloha vrstev (Nováček)

Obrázek 4 – přehled munice

Obrázek 5 – Průstřel stehna rychlou stabilní mikrorážovou střelou (Komenda a Juříček, 2003)

Obrázek 6 – Dočasná dutina (vlevo) a trvalá dutina, balistická želatina (Mucha, 2013)

Obrázek 7 – Použitá výstroj a výzbroj

Obrázek 8 – Ukázka umístění značkovačů - pistole a puška s přenesením střelby do leva

Obrázek 9 – Konečná úprava dat v QTM – Přenesení střelby s puškou o 45°

Obrázek 10 – Vyhodnocení v 3DS – Přenesení střelby s puškou o 45°

## 10 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Specifikace standardně používaní munice

Tabulka 2 – vliv úhlu přenesení střelby s puškou na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem

Tabulka 3 – vliv úhlu přenesení střelby s pistolí na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem

Tabulka 4 – vliv postojů při střelbě do stran na balistickou ochranu střelce

## **11 Seznam grafů**

Graf 1 – vliv úhlu přenesení střelby s puškou na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem

Graf 2 – vliv úhlu přenesení střelby s pistolí na plochu krytí vitální zóny neprůstřelným plátem