

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Biomechanické parametry ovlivňující výkon v hodu oštěpem

– literární rešerše

Bakalářská práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Filip Čermák

Vypracovala:

Tereza Krejnusová

Praha, duben 2019

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

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 prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych velice poděkovala vedoucímu bakalářské práce Mgr. Filipovi Čermákovi za odborné vedení, velkou trpělivost a čas, který mi v průběhu zpracování práce věnoval. Poděkování také patří mé rodině, která mě podporovala během celého studia.

Abstrakt

Název: Biomechanické parametry ovlivňující výkon v hodu oštěpem – literární rešerše

Cíle: Hlavním cílem této práce je prostudování odborných publikací a článků, které se týkají biomechanické analýzy hodu oštěpem. Z těchto zdrojů zjistit, které parametry ovlivňující výkon jsou měřeny při biomechanické analýze. Dalším cílem je zjistit četnost těchto parametrů a dalších aspektů, které by mohly mít vliv na výsledky měření.

Metody: Bakalářská práce je zpracována metodou literární rešerše z dostupných zahraničních zdrojů. V rešeršní části jsou shrnuta všechna teoretická východiska a poznatky, které se zabývají základními pojmy biomechaniky hodu oštěpem a techniky hodu oštěpem. Ke srovnání výsledků z odborných článků byla použita komparace.

Výsledky: Na základě zpracování dostupných zdrojů byl vytvořen ucelený přehled na problematiku biomechaniky hodu oštěpem. Tato práce popisuje parametry, které mají vliv na výkon a porovnává výsledky mnoha autorů. Byly zjištěny další aspekty, které by mohly mít vliv na výsledky analýz, jako např. pohlaví, výkonnostní třída, příležitost či typ analýzy.

Klíčová slova: hod oštěpem, biomechanika, technika, vliv na výkon, parametry

Abstract

Title: Biomechanical parameters affecting performance in javelin throw - literary research

Objectives: The main aim of this work is to study scientific and professional publications and articles concerning biomechanical analysis of javelin throw. From these sources find out which parameters affecting performance are measured in biomechanical analysis. Another objective is to determine the frequency of these parameters and other aspects that could affect measurement results.

Methods: The bachelor thesis is processed by the method of literary research from available foreign sources. The research part summarizes all the theoretical background and findings that deal with the basic concepts of biomechanics and technique of javelin throw. Comparison was used to compare scientific articles.

Results: Based on the processing the available sources, a comprehensive overview of the issue of javelin throw biomechanics was created. This work describes parameters that influence performance and compares results of mentioned authors. Other aspects have been identified that could affect analysis results such as gender, performance class, opportunity, or the type of analysis.

Keywords: javelin throw, biomechanics, technique, effect on performance, parameters

OBSAH	
1	ÚVOD..... 9
2	CÍLE A ÚKOLY PRÁCE 10
2.1	STANOVENÍ VÝZKUMNÝCH OTÁZEK..... 10
3	METODOLOGICKÝ POSTUP 11
4	REŠERŠNÍ ČÁST 13
4.1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY Z HLEDISKA OBECNÉ BIOMECHANIKY 13
4.2	CÍLE BIOMECHANIKY VE SPORTU 14
4.3	ZÁKLADNÍ POJMY V BIOMECHANICE..... 15
4.3.1	POHYB 15
4.3.2	POLOHA 15
4.3.3	RYCHLOST 16
4.3.4	ZRYCHLENÍ..... 16
4.3.5	SÍLA..... 17
4.3.6	ŠIKMÝ VRH 18
4.3.7	HOD VRCHEM..... 20
4.4	BIOMECHANIKA HODU OŠTĚPEM 22
4.4.1	PARAMETRY VYPUŠTĚNÍ..... 22
4.4.2	RYCHLOST VYPUŠTĚNÍ (VELOCITY RELEASE)..... 23
4.4.3	ÚHEL POLOHY OŠTĚPU (ANGLE OF ATTITUDE) 25
4.4.4	ÚHEL VYPUŠTĚNÍ (ANGLE OF RELEASE)..... 27
4.4.5	ÚHEL NASAZENÍ (ANGLE OF ATTACK) 28
4.4.6	ÚHEL BOČNÉHO VYTOČENÍ (ANGLE OF YAW / SIDESLIP) 29
4.4.7	VÝŠKA VYPUŠTĚNÍ (HEIGHT OF RELEASE) 30
4.5	TECHNIKA HODU 31
4.5.1	ÚCHOP (DRŽENÍ)..... 31
4.5.2	ROZBĚH..... 33
4.5.3	ODHODOVÉ POSTAVENÍ..... 35
4.5.4	VLASTNÍ HOD..... 40
4.5.5	DOZNĚNÍ POHYBU 44

5	ZÁVĚR	46
6	SEZNAM LITERATURY	48
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	53
8	SEZNAM GRAFŮ	54
9	SEZNAM TABULEK.....	55
10	PŘÍLOHY	I

1 ÚVOD

Atletika označovaná „královnou sportu“ je sportovní odvětví, které rozvíjí základní pohybové vlastnosti člověka, tj. běhy, hody, skoky a chůzi. Díky tomu zajišťuje všestranný rozvoj a zároveň poskytuje široký výběr pro sportovní vyžití. Atletika se dá rozdělit na běhy a technické disciplíny, do kterých patří právě hod oštěpem, který je hlavním tématem této práce.

Hod oštěpem je zařazen k historicky nejstarším disciplínám. První zmínky o hodu oštěpem pocházejí z dob starodobých olympijských her. Technika, pravidla, a i náčiní se postupně upravovali až do nynější podoby.

Popularita této disciplíny vzrostla díky velkým výkonům především v mužské kategorii. Hod oštěpem je tradiční disciplínou v České republice. Naše země má oba dva držitele světového rekordu v této disciplíně, a to Jana Železného a Barboru Špotákovou. Na tyto dva navazují svěřenci Jana Železného, kteří se umísťují v popředí světových žebříčků.

Atletice jsem se začala věnovat až v dorosteneckém věku. Etapu všestranné sportovní výchovy jsem absolvovala v rámci házené, plavání, ale nikoliv v rámci atletiky. Neprošla jsem ani etapou základního tréninku a rovnou jsem se specializovala na skok vysoký. Tento pohyb mi nebyl příliš blízký. Avšak pohybový vzorec hodu z házené se velice podobal hodu oštěpem. Trenér tedy díky zkušenostem rozhodl pro změnu disciplíny na hod oštěpem. Kvůli lepším podmínkám jsem přešla k jinému trenérovi, kde jsem se naučila házet i diskem, kladivem a vrhat koule. I nyní se snažím aktivně trénovat a závodit.

Fakulta tělesný výchovy a sportu mi změnila pohled na tuto technicky složitou disciplínu. Zajímaly mě, jaké síly při hodu působí, které svaly se zapojují či jaké biomechanické parametry jsou důležité při odhodu. Hlavně z těchto důvodů jsem se rozhodla pro toto téma. Chtěla jsem prohloubit znalosti a vědět víc o této disciplíně.

Kvůli tomuto byl určen cíl probádat problematiku biomechaniky hodu oštěpem a zjistit, na základě studií, jaké parametry se měří při biomechanické analýze hodu oštěpem, jaký mají vliv na výkon a na závěr porovnat výsledky autorů mezi sebou. Pro toto zpracování byly použity odborné články na dané téma a metodou literární rešerše byly zpracovány získané informace.

2 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

Cílem bakalářské práce bylo prostudovat problematiku biomechanické analýzy hodu oštěpem, konkrétně parametry, které ovlivňují výkon. Byla využita metoda literární rešerše relevantních zdrojů, které se týkaly obecné biomechaniky, biomechaniky hodu oštěpem a techniky hodu oštěpem. Údaje získané metodou literární rešerše byly porovnávány mezi sebou a byla vyjádřena jejich četnost.

2.1 STANOVENÍ VÝZKUMNÝCH OTÁZEK

Mezi úkoly patřilo i formulování výzkumných otázek, na které bylo odpovězeno díky vybrané literatuře. Otázky byly stanoveny takto:

- 1) Jaké pojmy uvádějí vybraní autoři v souvislosti s biomechanikou oštěpu?
- 2) S jakými biomechanickými parametry se můžeme setkat při biomechanické analýze hodu oštěpem?
- 3) Která z analýz 2D, 3D je častěji využívána?
- 4) Jsou měření sportovci spíše muži nebo ženy?
- 5) Jaká byla výkonnostní třída měřených sportovců?
- 6) Při jakých příležitostech byla data získávána?

3 METODOLOGICKÝ POSTUP

Bakalářská práce byla zpracována metodou literární rešerše a je převážně zaměřena na téma biomechaniky hodů oštěpem. Hlavním předpokladem práce bylo získání dostatečného množství informací o zvolené problematice z českých i zahraničních zdrojů.

Cílem práce je prostudování odborné literatury s problematikou biomechaniky hodů oštěpem, z hlediska biomechanických parametrů, které mají vliv na výkon. Zjistit četnost těchto parametrů ve studiích a porovnat tyto studie mezi sebou.

Byly definovány formální požadavky, do kterých bylo zařazeno časové hledisko, jazykové hledisko a typy dokumentu, které byly vyhledávány. Časové hledisko bylo omezeno na dokumenty od roku 1986 pro analýzy mužských výkonů a od roku 1999 pro analýzy ženských výkonů. Tyto podmínky byly nastaveny z důvodu změny těžiště oštěpu. Mezi typy dokumentu byly zařazeny odborné články, příspěvky ve sborníku a diplomové práce v českém, anglickém a francouzském jazyce. Při vyhledávání byla kombinována různá klíčová slova a jejich synonyma, která se týkala tématu. Klíčová slova, která byla zvolena pro vyhledávání: hod oštěpem, biomechanika, analýza, biomechanika hodů oštěpem, biomechanická analýza hodů oštěpem, javelin throw, biomechanics, analysis, movement analysis, biomechanics of javelin throw, biomechanical analysis of javelin throw. Jako poslední požadavek bylo stanoveno, že k prostudování budou pouze studie v plném textu.

Pro vyhledávání potřebných informací bylo využito několik informačních zdrojů, tj. odborná literatura, internetové portály s databází – Web Of Science, PubMed, Centrální vyhledávač zdrojů UK (UK A-Ž), Google Scholar.

Při vyhledávání na internetovém portálu Web Of Science, byla zadána klíčová slova v anglickém jazyce. Při tomto zadání se zobrazilo 35 výsledků, ovšem ne všechny vyhovovaly určeným požadavkům.

Další vyhledávání probíhalo přes centrální vyhledávač zdrojů, který často odkazoval na PubMed. Zde byla zadána do vyhledávání slova biomechanical analysis of the javelin throw. Výsledků bylo 16. Po změně klíčových slov na biomechanics of the javelin throw s upřesněním na slovo analysis a bez slova wheelchair, se objevilo 45 výsledků.

Třetí vyhledávání proběhlo na internetovém vyhledávači Google Scholar. Klíčová slova byla nejdříve zadána v českém jazyce, a to biomechanická analýza hodů oštěpem. Vyšlo 366 výsledků. Poté bylo vyhledávání upřesněno na slova hod oštěpem, biomechanika a vyhledávání beze slov basketbal a softbal. Po tomto omezení vyšlo 62 výsledků. Druhé vyhledávání na tomto portálu bylo v anglickém jazyce. Byla zadána podobná slova, a to biomechanical analysis of javelin throw. Objevilo se velké množství výsledků a to 3080. Jelikož toto číslo bylo příliš velké, do rozšířeného vyhledávání byla napsána slova javelin, velocity, biomechanics, movement a obsahy byly omezeny slovem wheelchair. Po těchto požadavcích vyšlo 1860 výsledků. Ovšem tyto odkazy na články byly často duplicitní a jednalo se o jeden článek jen na jiných internetových stránkách.

Po prostudování studií, které byly získány vyhledáváním v databázích, vyřazením těch, které neodpovídaly určeným požadavkům, zbylo z celkového počtu celkem 25 studií. Převážně z těchto studií byly získávány odpovědi na výzkumné otázky.

Práce byla rozdělena na 4 hlavní části, které se zabývají:

- obecnou problematikou biomechaniky,
- cílem biomechaniky ve sportu,
- biomechanikou hodů oštěpem,
- technikou hodů oštěpem.

V prvních dvou kapitolách byly sepsány obecné poznatky o jednotlivých popisovaných tématech. V kapitolách biomechanika hodů oštěpem a technika hodů oštěpem byly, kromě popisování podkapitol, porovnávány poznatky z odborné literatury s poznatky ze studií a samotné studie mezi sebou.

Závěrečná část práce se věnuje vyhodnocení dat a shrnutí poznatků ze studií.

4 REŠERŠNÍ ČÁST

4.1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY Z HLEDISKA OBECNÉ BIOMECHANIKY

Karas (1989, str. 10) definuje biomechaniku jako vědní obor, který se zabývá mechanickou strukturou, mechanickým chováním živých systémů a jejich mechanickými interakcemi s vnějším okolím a mechanickou podporou či náhradou jejich částí.

Jednodušeji můžeme říct, že biomechanika vychází z fyziky, anatomie a další pomocnou naukou může být i kineziologie. V některých případech můžeme přiřadit také fyziologii. Biomechanika se zajímá o pohybový stav těla a jeho změny vzhledem k příčinám, silám a také k vnějším podmínkám. Ve sportu se často zkoumá také účel pohybu (Novák, 1970, str. 14).

Jak už bylo zmíněno velkou roli má zde fyzika. Uplatňuje se při studiu sportovního pohybu, jelikož je nutné studovat pohyb v jednotlivých částech i v jeho celistvosti a ve všech souvislostech. Sportovní pohyb je totiž pohybem hmoty po určité dráze, v čase, s rychlostí, se zrychlením apod., tedy je pohybem ve fyzikálním smyslu. Poněvadž se jedná o pohyb živého organismu, je nutné jej studovat také z pohledu anatomie, fyziologie a biologie (Čaloud, 1960, str. 52).

Při rozboru sportovního pohybu využívá mechanika poznatků z geometrie pohybu, matematiky, statistiky, kinematiky statiky, dynamiky a již zmíněné anatomie, fyziologie, kineziologie a také antropometrie a klasifikace tělesných cvičení. Lidský pohyb je výsledkem různých energetických přeměn, ale také má své kvalitativní vlastnosti, které nejdou změřit (uvolněnost, ladnost, lehkost pohybu) a kvantitativní vlastnosti, které naopak lze změřit a stanovit čísla.

Biomechanika odpovídá na spoustu otázek, které cvičenec musí řešit při nácviku, jako např.: jak cvičit a nacvičovat určitý cvik, které vlastnosti je nutno cvičením vylepšit, jakým nejrychlejším postupem lze nacvičit prováděný pohyb nejúčelněji a nejúspěšněji (Čaloud, 1960, str. 52).

Pod tento vědní obor spadá také směr biomechanika tělesných cvičení, který člověk provádí, aby zvýšil své pohybové zdatnosti, rozvíjel organismus a upevňoval své

zdraví, zlepšoval předpoklady pro splnění daných úkolů, při přípravě na sportovní soutěže (Karas, 1989, str. 10).

4.2 CÍLE BIOMECHANIKY VE SPORTU

McGinnis (2013, str. 3) za jeden z hlavních cílů biomechaniky považuje zlepšení sportovního výkonu, se kterým je úzce spjat sekundární cíl, a to prevence úrazů a rehabilitace. Tento druhý cíl může být považován za součást prvního cíle, jelikož zraněný sportovec nepředvede dobrý sportovní výkon.

Druhý hlavní cíl má také spojitost s prvním, jelikož pro zlepšení výkonu je potřeba zlepšit také techniku, která souvisí právě s biomechanikou. Existují dva způsoby, jak biomechaniku aplikovat ke zlepšení techniky. Prvním způsobem je, že učitelé nebo trenéři využívají své znalosti mechaniky a opravují studenta či sportovce, aby zlepšil svůj výkon. Tito dva, učitel i trenér, používají kvalitativní metody biomechanické analýzy, jelikož ve své každodenní výuce a trénování provádějí změny v technice. Druhý způsob zahrnuje biomechanického výzkumníka, který se snaží objevit novou techniku, která lépe podpoří sportovní výkon. Zde výzkumník využívá kvantitativní metodu biomechanické analýzy, kdy nově objevenou techniku musí sdělovat učitelům a trenérům, kteří ji poté aplikují (McGinnis, 2013, str. 4).

4.3 ZÁKLADNÍ POJMY V BIOMECHANICE

4.3.1 POHYB

O pohyb se jedná, pokud těleso změní své souřadnice vzhledem ke zvolené souřadné soustavě. Jestliže se tyto souřadnice nemění, těleso je v klidu. Také záleží na volbě systému souřadných os, neboť pohyb i klid jsou relativní. Například pohyb dolních končetin je jiný, pokud je vztažen k zemi, která je pevná a vodorovná nebo je vztažen k trupu. Ve většině případech předpokládáme, že se těleso, k němuž pohyb vztahujeme je v klidu, a tak nazývá se tento pohyb absolutní (Čaloud, 1960, str. 72).

Bod se pohybuje po čáře, kterou nazýváme jeho dráhou. Podle tvaru dráhy můžeme rozdělit pohyb na přímočarý, který má stálý směr, nebo křivočarý, který mění směr pohybu. Křivočarý pohyb můžeme dále rozdělit podle charakteru dráhy, a to na eliptický, cykloidní apod. Dále existuje pohyb posuvný, u kterého jsou dráhy všech bodů pohybujiícího se tělesa shodné a rovnoběžné. Posledním pohybem je pohyb otáčivý, který vzniká, pokud jsou dráhy bodu kružnice v rovinách rovnoběžných se středem na společné přímce (Čaloud, 1960, str. 72).

4.3.2 POLOHA

Jednou z vlastností, kterou bychom mohli popsat o tělese, je jeho poloha. Definice pohybu – akce nebo proces změny polohy – se týká pozice. Mechanicky polohu můžeme definovat jako místo v prostoru (McGinnis, 2013, str. 54).

Abychom mohli popsat polohu tělesa v prostoru, musíme určit pevný referenční bod, který slouží jako původ našeho souřadného systému. Pokud popisujeme polohu tělesa pouze v jedné dimenzi, je zapotřebí pouze jedna osa; pro dva rozměry jsou potřebné dvě osy; a pro tři rozměry jsou potřeba tři osy (McGinnis, 2013, str. 55).

Osy tohoto systému mohou směřovat jakýmkoli směrem, který je vhodný, pokud jsou ve vzájemném pravém úhlu, pokud popisujeme polohu něčeho ve dvou nebo třech rozměrech. Typicky bude jedna osa orientována svisle (osa y) a druhá osa (osa x) nebo osy (osy x a z) budou orientovány horizontálně. Každá z těchto os bude mít podélně pozitivní a záporný směr. Souřadnicí x tělesa je vzdálenost, kterou je objekt od roviny

vytvořené osy y a z . Souřadnicí y tělesa je vzdálenost, která je vzdálená od roviny tvořené osy x a z , a souřadnice z objektu je vzdálenost, kterou je objekt od roviny vytvořené x a osy y . K popisu polohy se používají jednotky délky (McGinnis, 2013, str. 55).

4.3.3 RYCHLOST

Jak uvádí Hamill a Knutzenová (2009, str. 310), rychlost je skalární veličina, kterou určuje vzdálenost a čas, za který byla tato vzdálenost pokořena. Tento vztah lze vyjádřit rovnicí:

$$v = \frac{s}{t}$$

Čaloud (1960, str. 72) uvádí, že cvičenec, který se pohybuje má určitou rychlost. Tento pohyb můžeme nazvat rovnoměrný nebo nerovnoměrný. Rovnoměrný je v případě, pokud je rychlost stálá, neměnná a z hlediska výdeje sil je pohyb úsporný. Jestliže se rychlost mění a s tím souvisí i energetický výdej, je pohyb nerovnoměrný.

4.3.4 ZRYCHLENÍ

McGinnis (2013, str. 66) uvádí, že vzhledem k tomu, že rychlost je vektorová veličina, zrychlení je taktéž vektorovou veličinou. Objekt se zrychluje, jestliže se velikost nebo směr jeho rychlosti změní.

Jednoduše můžeme říct, když se objektu mění rychlost, že zrychluje nebo zpomaluje, jedná se o zrychlení kladné nebo záporné. Díky grafům nebo tabulkám můžeme určit průměrné zrychlení nebo okamžité zrychlení (Čaloud, 1960, str. 75).

Průměrné zrychlení popsal McGinnis (2013, str. 66) jako změnu rychlosti dělenou časem, který byl potřeba k tomu, aby došlo ke změně rychlosti. Matematicky lze vyjádřit takto:

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Okamžité zrychlení získáme poté jako mezní hodnotu tohoto poměru, pokud se časový interval Δt a přírůstek rychlosti Δv blíží neomezeně nule.

4.3.5 SÍLA

Dle Nováka (1970, str. 78) příčinou pohybu je síla. Způsobuje jakoukoliv změnu velikosti nebo směru rychlosti pohybu. Síla je mechanickou příčinou změn pohybu těles, ale také příčinou jejich relativního klidu. Tyto síly uvádí těleso do pohybu a nazýváme je dynamické. Naopak síly, které udržují těleso v klidu nebo ruší účinky druhých, tedy jsou ve vzájemné rovnováze, jsou síly statické. Lze rozeznávat navíc síly vnitřní nebo vnější, podle toho, kde vzhledem k tělesu síly vznikají a působí. Také můžeme hovořit o tzv. silách setrvačných, které jsou spojeny se setrvačností.

Další síla, která působí mezi tělesy a díky ní se navzájem přitahují, jsou tzv. síly gravitační. Kolem těles působí gravitační pole.

Při tělesných cvičeních se setkáváme právě se všemi těmito pojmy a jejich problematikou. Jelikož se jedná o pohyb, pro něhož je charakteristická tělesná činnost, dostaneme se se do oblasti dynamiky.

Mezi základ biomechaniky můžeme zařadit Newtonovy pohybové zákony, které nám pomáhají porozumět vztahu mezi silami a jejich důsledky při jejich působení na tělesa. (Novák, 1970, str. 79)

První Newtonův zákon

„Každé těleso setrvává v klidu nebo v rovnoměrném přímočarém pohybu, pokud není nuceno vnějšími silami tento stav změnit.“

Tento zákon vysvětluje, co se děje s tělesem, jestliže na něj nepůsobí žádné vnější síly, nebo jestliže na něj působí vnější síla (výsledek všech vnějších sil působících na něj), která je nulová. Jednodušeji řečeno, první Newtonův zákon říká, že pokud na těleso nepůsobí žádná vnější síla, tento objekt se nebude pohybovat (bude v klidu). Pokud těleso již bylo v pohybu a nepůsobí na něj žádné vnější síly, bude v pohybu konstantně pokračovat (McGinnis, 2013, str. 88)

Druhý Newtonův zákon

„Jestliže na těleso působí síla, pak se těleso pohybuje zrychlením, které je přímo úměrné působící síle a nepřímo úměrné hmotnosti tělesa.“

Tento zákon vysvětluje, co se stane, když vnější síla působí na těleso. Jednodušeji řečeno, druhý Newtonův zákon říká, že pokud na těleso působí vnější síla, těleso se

urychlí ve směru vnější síly a jeho zrychlení bude přímo úměrné vnější síle a nepřímo úměrné jeho hmotnosti (McGinnis, 2013, str. 98).

Třetí Newtonův zákon

„Při vzájemném působení dvou těles vznikají vždy síly dvě, stejně velké a opačného směru.“

Tento zákon se také nazývá zákon akce a reakce. Termín reakční síla se vztahuje k síle, kterou jedno těleso působí na jinou. Tento zákon vysvětluje původ vnějších sil potřebných ke změně pohybu. Jednodušší vysvětlení je, že Newtonův třetí zákon říká, že pokud těleso (A) vyvíjí sílu na jiné těleso (B), druhé těleso (B) vyvíjí stejnou sílu na první těleso (A), ale v opačném směru. Účinky těchto sil nejsou navzájem zrušeny, protože působí na různé objekty. Dalším důležitým bodem je, že to jsou síly, které jsou stejné, ale opačné, nikoliv účinky sil (McGinnis, 2013, str. 107).

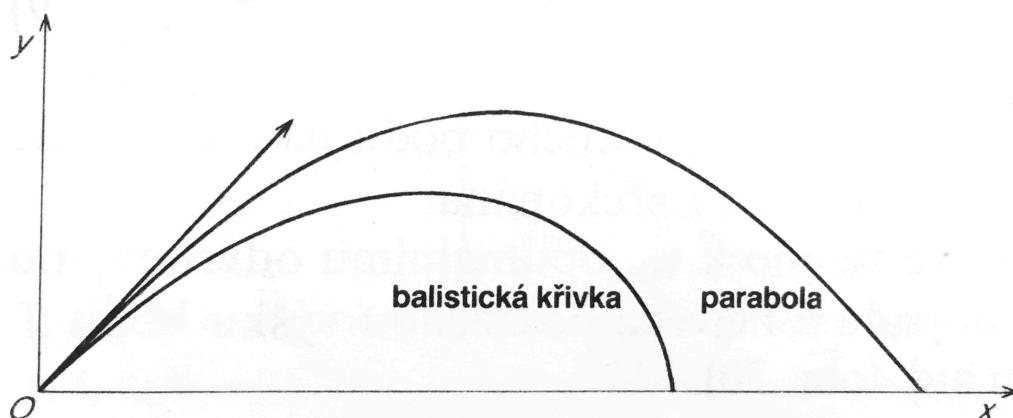
4.3.6 ŠIKMÝ VRH

Sušanka (1990, str. 42) uvádí šikmý vrh jako vrh určitého tělesa (náčiní), lidského těla či soustavu těles do volného prostoru pod určitým úhlem k vodorovné rovině. Dle bližších okolností lze rozlišovat tři tyto případy. Prvním z nich je, že do pohybu v prostoru je uvedeno vlastní tělo člověka pomocí odrazu. Tuto skupinu můžeme dále rozdělit na dvě podskupiny. První podskupina má počáteční rychlost nulovou. Do této skupiny můžeme zařadit různé typy odrazů, chodecký a běžecký krok, start plavce či sprintera. Druhá podskupina má naopak počáteční rychlost větší než nula. Sem patří skoky s rozběhem nebo například běžecké kroky v průběhu lokomoce. Druhý případ šikmého vrhu je, že do pohybu v prostoru je vrženo sportovní náčiní nebo jiný předmět silou člověka. K tomuto případu zařazujeme vrhy, hody, údery a kopy do míče. Posledním, třetím případem jsou vrhy, kdy do pohybu v prostoru je uvedeno tělo člověka nebo jiné těleso (náčiní) či obojí současně. Chybí zde však aktivní svalové úsilí člověka. Spadají sem například skoky na lyžích, na motocyklu, střelba apod.

Podle Nováka (1970, str. 71) můžeme trajektorii šikmého vrhu vyjádřit pomocí dvou současných pohybů. Jedním z nich je rovnoměrný přímočarý pohyb, který je ve směru vektoru počáteční rychlosti. Tento směr vektoru je výslednice sil svalových

a vnějších. Druhý je přímočarý rovnoměrný zrychlený pohyb ve směru svislém, tj. ve směru vektoru tíhového zrychlení.

Sušanka (1990, str. 43) k těmto dvěma pohybům se dále bere v úvahu i odpor prostředí (odpor vzduchu), protože také ovlivňuje trajektorii pohybu, ale hlavně délku vrhu. V tento okamžik, kdy se bere v úvahu i odpor vzduchu se parabolická trajektorie mění na balistickou křivku (obr. 1).



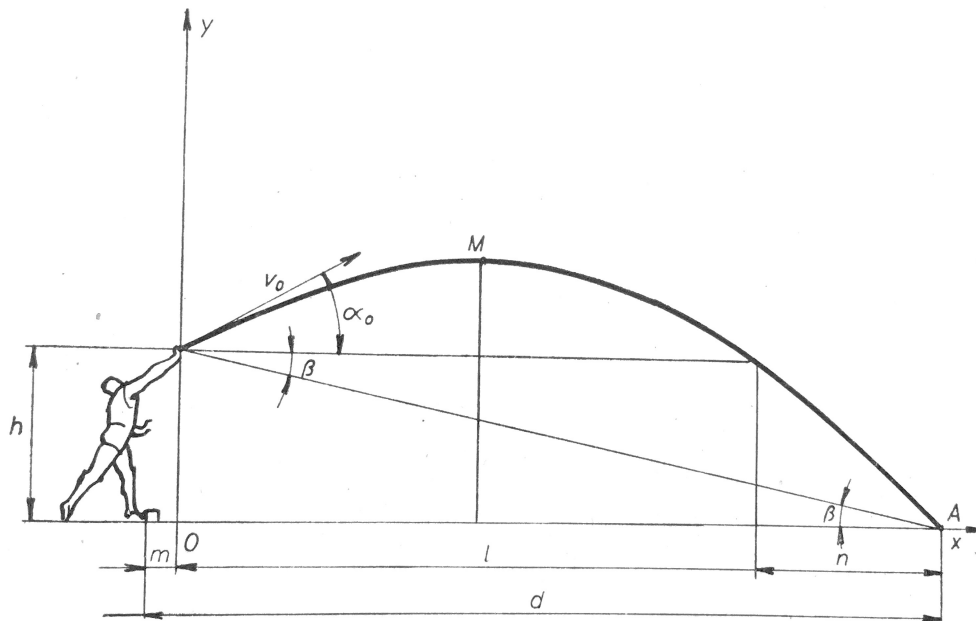
Obrázek 1- Pohyb po parabolické a balistické křivce, Sušanka (1990, str.43)

Kovařík a Langer (1994, str. 20) uvádějí dva případy šikmého vrhu při tělesných cvičení. První případ je, že místo odvrhu a dopadu je ve vodorovné rovině, tedy výška $h = 0$ m. Tento případ se stejnou úrovní odvrhu a dopadu se prakticky ve sportu nevyskytuje. Druhý případ je naopak, že místo odvrhu a dopadu není ve vodorovné rovině, tedy leží v různých výškách ($h \neq 0$). Jelikož je tato práce o hodu oštěpem, je zde popsán jen vrh při odvrhové výšce, která se nerovná nule.

4.3.6.1 Vrh při odvrhové výšce $h > 0$

Trajektorii tohoto vrhu je parabola, která má počátek ve výšce h nad rovinou dopadu. Tato odhodová výška h těsně souvisí s tělesnou výškou člověka, který vrh provádí (obr. 2) Další podmínkou je technické provedení vlastního vrhu a také na dosahu ruky člověka při vypuštění náčiní uvádí Novák (1970, str.77).

Výška odvrhu ovlivňuje sportovní výkon, ale také vhodný optimální odhodový úhel. Optimální úhel vrhu a odhodová výška jsou na sobě nepřímo závislé, tedy čím je větší výška h vypuštění náčiní, tím je menší úhel odhodu (α_0). Rozdíl mezi polohami rovin odvrhových a dopadových vyjadřujeme pomocí tzv. úhlu terénu (β). Úhel terénu je hloubkový úhel přímky, která spojuje bod vypuštění s bodem dopadu. Tedy čím je úhel terénu větší (větší h), tím úhel odvrhu je menší (Sušanka, 1990, str. 46).



Obrázek 2 - Šikmý vrh při odvrhové výšce h (Novák, 1970, str. 75)

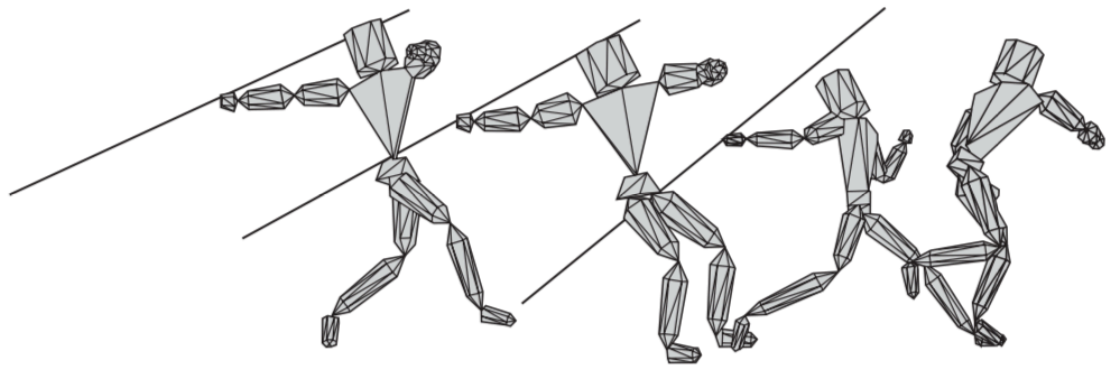
4.3.7 HOD VRCHEM

Pohyb nazvaný házení je často také klasifikován jako házení vrchem, spodem nebo stranou (Zatsiorky, 2000, str 365).

Házení vrchem je charakteristické laterální rotací v přípravné fázi a jeho mediální rotací v odhodové fázi. Tento pohyb je jednou z nejrychlejších rotací v lidském těle. Sekvence pohybů v přípravné fázi, například u baseballového nadhazovače, který je pravák, začíná pohyb rotací pánve a trupu doprava, pokračuje horizontálním prodloužením a laterální rotací ramene, ohnutí lokte a hyperextenzí zápěstí (Hamilton

a Luttgens, 2002). Tyto pohyby jsou následovány sekvenčně jejich anatomickým protikladem v každém ze zmíněných kloubů a v radio-ulnární pronaci.

Nadhoz v baseballu, hod oštěpem (obr. 3), házení ze vnějšího pole v kriketu a pasový hod v americkém fotbalu jsou klasickými příklady hodu vrchem. Hmotnost (setrvačnost) a rozměry házeného předmětu – plus velikost cílové oblasti a pravidla konkrétního sportu – jsou omezeními v souvislosti s pohybem vzoru každého hodu (Bartlett, 2007, str. 35).



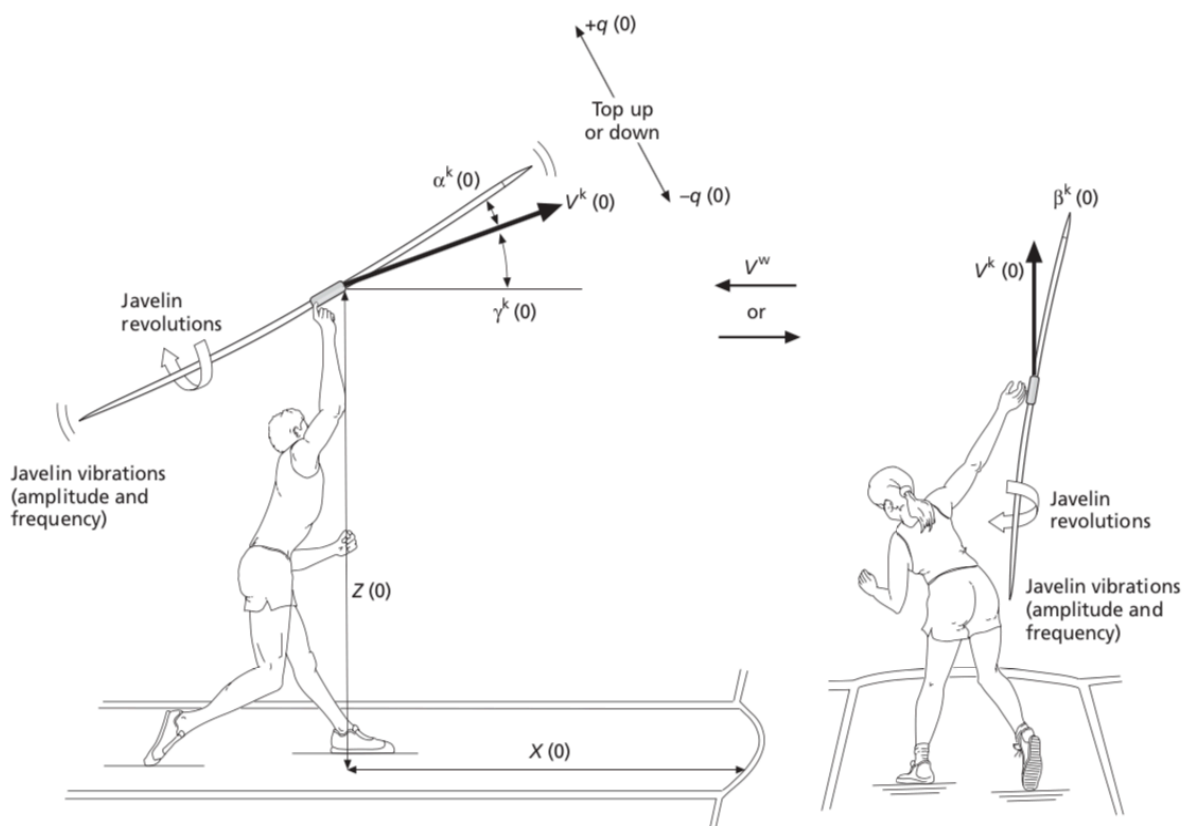
Obrázek 3 - Příklad hodu vrchem (Zatsiorky, 2000, str. 366)

4.4 BIOMECHANIKA HODU OŠTĚPEM

Hlavním cílem při hodu oštěpem je, aby náčiní specifikované hmotnosti přistávalo v sektoru, co nejdál od odhodové čáry. Aktivní vliv sportovce na náčiní končí v okamžiku vypuštění a oštěp začne letět podle původních parametrů vypuštění. Mezi parametry, které ovlivňují vzdálenost zařazujeme především: rychlost vypuštění, úhel vypuštění, výšku vypuštění, rotaci oštěpu, aerodynamické vlastnosti oštěpu, sílu a směr větru a gravitační koeficient (McGarry, O'Donoghue, Sampaio, 2013, str. 470).

4.4.1 PARAMETRY VYPUŠTĚNÍ

Použitím zjednodušeného přístupu vzdálenost hodu je určena rychlostí vypuštění (v^k), výškou vypuštění (Z) a úhlem vypuštění (γ^k), tj. směrem rychlosti vypuštění. Tyto parametry jsou také do značné míry zodpovědné za vzdálenost, kterou oštěpař hodí. Na rozdíl od vrhání, úhel nasazení (α^k), úhel bočního vytočení (β^k), počáteční hybnost



Obrázek 4 - Parametry vypuštění hodu oštěpem (Zatsiorcky, 2000, str. 405)

a vzdušné podmínky (odpor vzduchu, ovlivněný hlavně směrem větru a rychlostí (v^w) vzhledem k ostrému úhlu ve vzduchu) mají vliv na vzdálenost hodů. Rotace oštěpu kolem jeho dlouhé osy a amplituda jeho vibrací mají rovněž vliv (obr. 4). Všechny tyto parametry jsou výsledkem akce sportovce během jeho hodů, od začátku rozběhu až do konce kontaktu s náčiním (Zatsiorsky, 2000 str. 404).

Autoři (Best, Roger, Sawyer, 1995; Menzel, 1986, Ogiolda, 1993; Terauds, 1985; Campos, Brizuela, Ramón, 2004; Chiu 2009) se shodují, že právě parametry vypuštění nejvíce ovlivňují vzdálenost hodů. Tyto parametry často bývají individuální, jelikož jsou závislé na fyziologických a kondičních faktorech.

Jak bylo předpokládáno tyto parametry vypuštění se nejčastěji objevovaly ve studiích, které se zabývaly biomechanikou hodů oštěpem. Jako nejčastějším parametrem se jevil parametr úhel vypuštění a jako druhý rychlost vypuštění, viz tabulka 1.

Parametry vypuštění	Četnost parametrů měřených při studiích
úhel vypuštění	19
rychlost vypuštění	17
úhel nasazení	14
úhel bočního vytočení	5
úhel polohy oštěpu	14
výška vypuštění	13

Tabulka 1- Četnost parametrů měřených při studiích

4.4.2 RYCHLOST VYPUŠTĚNÍ (VELOCITY RELEASE)

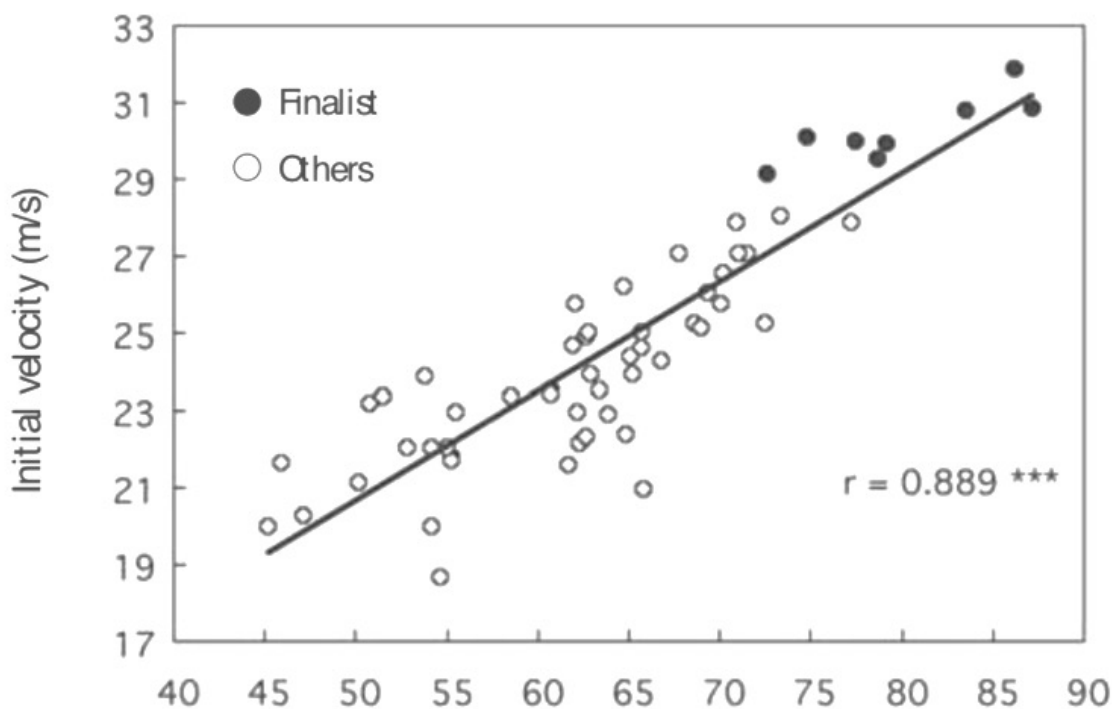
Zatsiorsky (2000, str. 406) a Menzel (1986, str. 91) se shodují, že nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím vzdálenost hodů je rychlost vypuštění, míra kinetické energie, která byla předána náčiní; je to jediný faktor, který může být maximalizován sportovcem.

Nicméně, jakékoli hledání „maximální“ rychlosti vypuštění však místo toho vytváří „optimální“ hodnotu rychlosti vypuštění z důvodu potřeby optimálního směru pohybu. Proto je maximální rychlost omezená optimálními hodnotami ostatních parametrů. (Zatsiorsky, 2000, str. 406)

I když je při odhodu využívána výbušná síla neznamená to, že zlepšení úrovně síly ve stejném rozsahu vede automaticky k odpovídajícímu zlepšení rychlosti vypuštění. Tedy požadovaný tréninkový efekt nezahrnuje nejen zlepšení v kondičních schopnostech, ale také ve zlepšení techniky hodů. (Zatsiorsky, 2000, str. 406)

Úzký vztah mezi vzdáleností a rychlostí vypuštění určuje korelační koeficient $r = 0,90-0,97$, který platí pro nový typ oštěpu (graf 1). Oproti starému typu oštěpu je koeficient korelace nižší a tím pádem, podtrhuje větší úlohu techniky s novým typem oštěpu, protože reaguje citlivěji na odchylky od optimálních parametrů vypuštění. Je zde tedy přímá úměra mezi rychlostí vypuštění a vzdáleností hodu. (Zatsiorsky, 2000, str. 406).

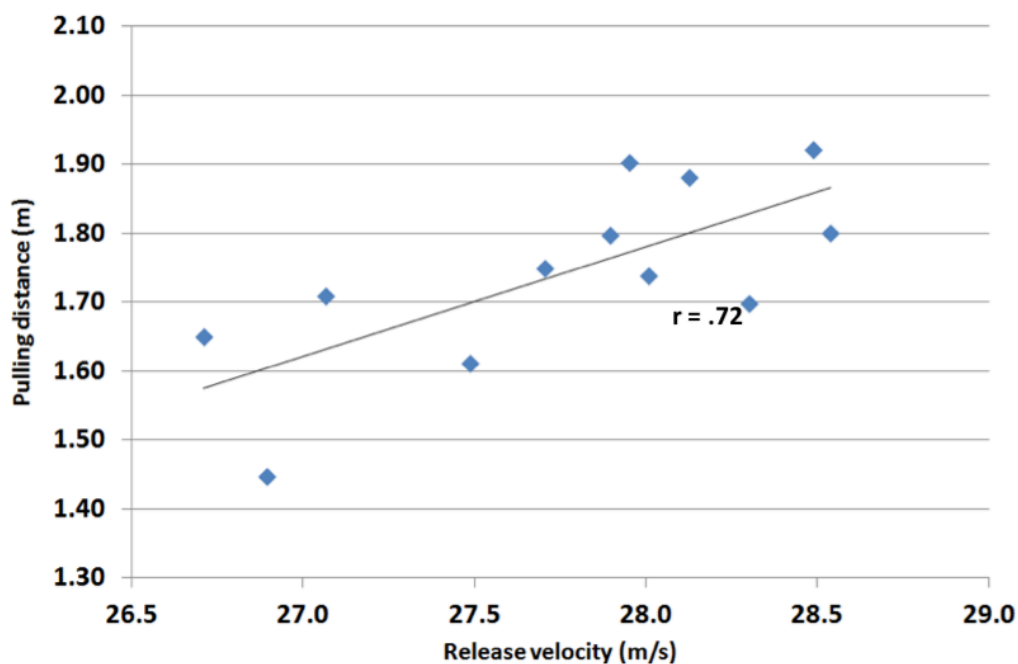
Podle údajů ze studií dosahují muži s nejlepšími výkony až rychlosti vypuštění přes 30,5 m/s. Tato rychlost vypuštění odpovídá hodům přes úroveň 85 m, dle Lehmana (2010) a Murakami a kol. (2006). A však dle studií z roku 2017 z Mistrovství světa v atletice v Londýně od Bennet a kol. (2017) výkony přes 89 m měly „pouhou“ rychlost vypuštění 28,3 m/s. Ovšem autoři (Lehmann, 2010; Murakami, 2006, Moriss, Barlett, Fowler, 1997; Campes a kol. 2004) se shodují, že na vzdálenost hodu kolem 80 m je potřeba rychlost alespoň přes 27 m/s. Toto jsou údaje pro mužské výkony. Pro ženské



Graf 1 - Vztah mezi vzdáleností hodu a rychlostí vypuštění (Murakami a kol., 2006, str. 70)

výkony uvádějí autoři Panoutsakopoulos a Kollias (2013) a Bennett a kol. (2017) přibližně rychlost vypuštění 22 m/s pro vzdálenost hodu kolem 60 m.

Valleala (2015) se také zabýval jaký je vztah mezi rychlostí vypuštění a délkou dráhy odhodu (graf 2). Dle naměřených hodnot vychází korelační koeficient $r = 0,72$. Jak také uvedl, delší dráha odhodu znamená větší rychlost vypuštění.



Graf 2 - Vztah mezi rychlostí vypuštění a dráhou odhodu (Valleala, 2015, str. 28)

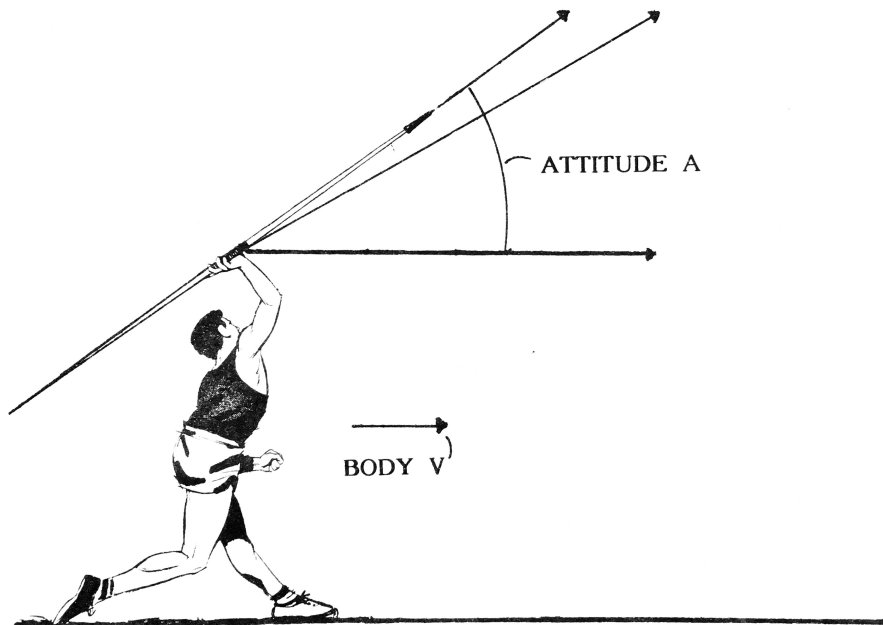
4.4.3 ÚHEL POLOHY OŠTĚPU (ANGLE OF ATTITUDE)

Vzdálenost, kterou atlet hodí, závisí částečně na směru rychlosti vypuštění, neboť rychlost je vektor charakterizovaný jeho stupněm a směrem. Dále hraje důležitou roli umístění náčiní ve vzduchu vzhledem k jeho směru letu, stejně jako úhel nasazení a úhel bočního vytočení. Optimální směr rychlosti, charakterizovaný úhlem vypuštění, úhlem nasazení a úhlem bočního vytočení, je výsledkem správného načasování ramena / ruky, působením horní části těla a působením dolních končetin. Například, atlet musí usilovat o plošší úhel odhodu při protivětru, zatímco s větrem do zad vyžaduje odhod strmější vypuštění. Tyto změny mohou být dosaženy změnou sklonu oštěpu, změnou polohy

nářadí v ruce nebo změny v polohy ramene v okamžiku vypuštění (Zatsiorsky, 2000, str. 406).

Menzel (1986) definuje úhel polohy oštěpu jako úhel mezi horizontální rovinou a podélnou osou oštěpu (obr. 5). Také uvádí, že úhel polohy oštěpu by se neměl odchýlit o více než 8 stupňů od úhlu vypuštění.

Tomuto tvrzení odpovídaly výsledky studií naměřené od Lehmana (2010), Murakamiho a kol. (2006), Hommela a kol. (2009) a i od Bennette a kol. (2017), kdy úhel polohy oštěpu odpovídal v průměru 5,5° odchýlení od úhlu vypuštění. Objevily se zde výjimky, ale jen v ojedinělých případech.



Obrázek 5 - Úhel polohy oštěpu (Terauds, 1985, str. 106)

Lehmann (2010) uvádí příklad téměř dokonalého trefení oštěpu na Barboře Špotákové, kdy při jejím hodu světového rekordu úhel vypuštění a úhel polohy oštěpu se lišily pouze o 0,1°. Cílem oštěpaře tedy je, aby úhel vypuštění a úhel polohy oštěpu se shodovaly nebo rozdíl mezi těmito úhly byl co nejmenší.

4.4.4 ÚHEL VYPUŠTĚNÍ (ANGLE OF RELEASE)

Úhel vypuštění je definován jako úhel mezi vektorem rychlosti vypuštění oštěpu a horizontálou v okamžiku vypuštění, viz obr. 6 (Zatsiorsky, 2000, str. 368)

Optimální úhel vypuštění oštěpu je určen typem oštěpu, který je použit, se schopností, jakou rychlost dokáže oštěpař vytvořit při odhodu v různých úhlech vypuštění (Terauds, 1985, str.87).

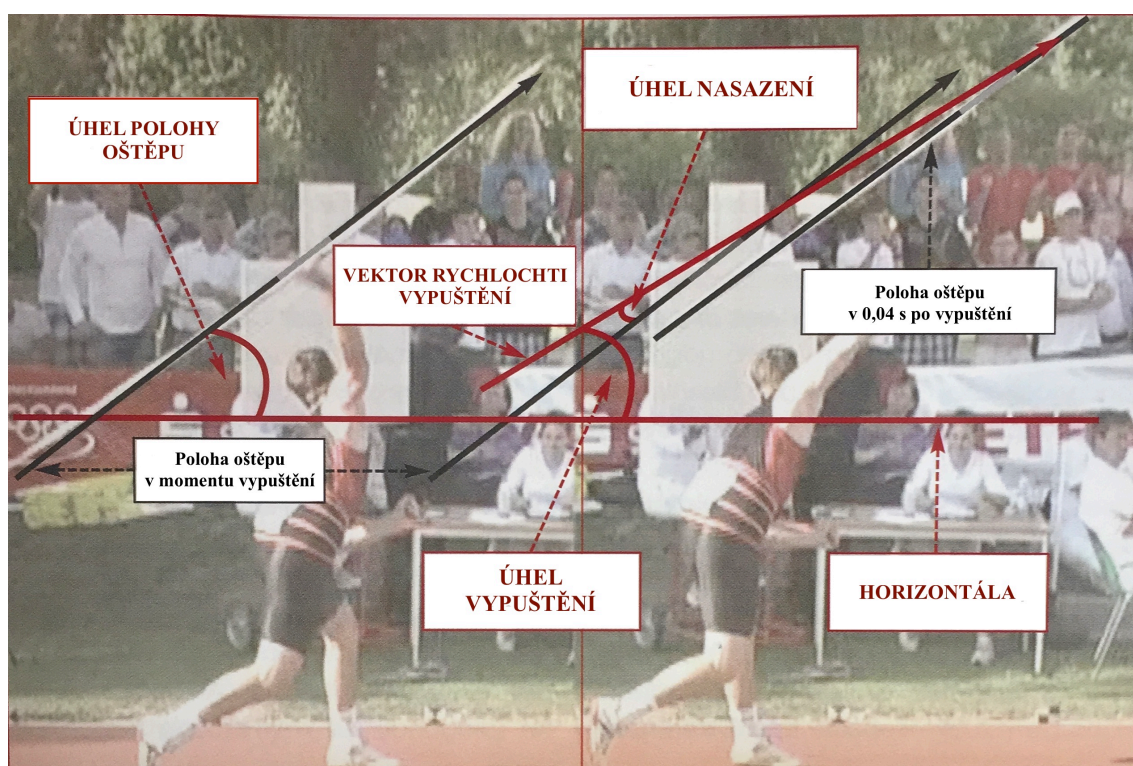
Optimální úhel vypuštění oštěpu je úhel, pod kterým oštěp dosáhne největší horizontální vzdálenost – od bodu vypuštění k bodu dopadu – při určité konstantní rychlosti vypuštění. Optimální úhel vypuštění oštěpu odpovídá jednomu určitému modelu a měl by se měnit s měnící se rychlostí vypuštění. Neboli pokud se zvýší rychlost vypuštění, sníží se optimální úhel oštěpu. Naneštěstí, znalost pouze úhlu optimálního vypuštění oštěpu, není adekvátní informací k určení úhlu vrhačova optimálního vypuštění, pokud se úhel vrhačova rychlostního maxima neshoduje s úhlem optimálního vypuštění oštěpu. Vztah mezi úhlem vypuštění a vzdáleností při jakékoliv rychlosti vypuštění odhaluje, kolik má být dosaženo nebo ztraceno zvýšením nebo snížením úhlu odhodu. Tato informace je rozhodující pro určení vrhačova optimálního úhlu vypuštění (Terauds, 1985, str. 89,93).

Vrhačův optimální úhel vypuštění je úhel, pod který vrhač dosáhne největší horizontální vzdálenost s jedním určitým oštěpem. Cíl výrobce je vyrobit náčiní jehož úhel vypuštění by odpovídal úhlu vrhačova rychlostního maxima. Avšak většinou se oba úhly liší. Abychom zjistili vrhačův optimální úhel, musíme vzít v úvahu vrhačův rychlostní profil a profil optimálního vypuštění oštěpu. Výhodným výchozím bodem je stanovení úhlu vrhačova rychlostního maxima. Jestliže se úhel vrhačova rychlostního maxima blíží k optimálnímu úhlu vypuštění oštěpu, pak může být nejlepší nechat věci tak jak jsou. Na druhou stranu, pokud úhel vrhačova rychlostního maxima je nižší než optimální úhel oštěpu (což je obvyklé), musíme se podívat na dva profily a vypočítat zisky, které mají být dosaženy. A pak se musejí zjistit změny, které přinesou nejlepší výsledky (Terauds, 1985, str. 89, 96).

Úhel vrhačova rychlostního maxima je úhel, pod kterým vrhač vyvine největší rychlost ruky a prstů při hodu vrchem jako při hodu oštěpem. Je to součást vrhačova rychlostního profilu (Terauds, 1985, str. 89).

Podle údajů od Mero a kol. (1994) a Bartonietz a Emrich. (1997) dosahují špičkoví mužští oštěpaři průměrných úhlů vypuštění mezi 32 a 34 ° a vrcholové oštěpařky od 33 až 34 °, jak ukázali finalisté olympijských her v roce 1992 a mistrovství světa v roce 1995. S těmi to údaji se ve velké míře shoduje i Nigg a kol. (1974), který uvádí optimální úhel vypuštění 33-39° a však Terauds (1985) tvrdí, že optimální úhel má mnohem větší rozsah a to 20-35°.

I když studie tvrdí, že úhel vypuštění je jeden z hlavních parametrů, které ovlivňují vzdálenost hodu, Panoutsakopoulos a Kollias (2013) uvádějí ve své studii negativní vztah mezi úhlem vypuštění a vzdáleností, který se odráží v korelačním koeficientu $r = - 0,231$.



Obrázek 6 - Úhlové parametry při odhodu (Killing, 2011, str. 139)

4.4.5 ÚHEL NASAZENÍ (ANGLE OF ATTACK)

Úhel nasazení je úhel mezi vektorem rychlosti vypuštění a podélnou osou oštěpu (Maheras, 2013, str. 36), viz obr. 6.

Bez úhlu nasazení nedojde k žádnému zvednutí oštěpu, pouze k tažení oštěpu při odhodu. To znamená, že pokud oštěpu s dobrými vlastnostmi vzletu, při vypuštění tento úhel chybí, je to pro vrhače nevýhoda, jelikož oštěp nedoletí tak daleko. Naopak, oštěp

se špatnými vzletovými charakteristikami může značně zvýšit vzdálenost hodů, pokud letí s žádoucím pozitivním úhlem nasazení (Terauds, 1985, str. 105).

Díky počítačové simulaci hodů oštěpem se zjistilo, že úhel nasazení je 0,0 až 6,0 stupňů v okamžiku vypuštění, s úhlem vypuštění oštěpu 25,0 až 28,0 stupňů, vytváří zhruba stejnou horizontální vzdálenost, i když se dráha a chování oštěpu během letu liší. V podobném módu analýza vrhů světových oštěpařů (80,0 m +) potvrzuje, že kvůli malému úhlu nasazení neklesne horizontální vzdálenosti hodů, pod podmínkou, že úhel vypuštění je nižší než 30,0 stupňů. Nicméně, pokud se úhel nasazení při vypuštění zvýší nad 6,0 stupňů, horizontální vzdálenost hodů klesá. Ve většině situací by měl oštěpař vynaložit veškeré úsilí a vypustit oštěp pod úhlem nasazení 0,0. To znamená, že síla během hodů je aplikována přímo podél dlouhé osy oštěpu, což má za následek poměrně hladké uvolnění s minimálním kmitáním oštěpu během letu (Terauds, 1985, str. 107).

Campos (2004) uvádí, že ideální úhel nasazení by neměl být větší jak $+8^\circ$, ale studie uvádí různé stupně jako například Morris, Barlett a Fowler (1997) naměřili stupně v rozsahu -9° až $+3^\circ$, Bennett a kol. (2017) naměřili $10,1^\circ$ až $-0,3^\circ$. Pouze autoři studií Panoutsakopoulos a kol. (2016), Murali a Dhinu (2016), Campos a kol. (2004) a Whiting, Gregor, Halushka (1991) zaznamenaly úhel nasazení v rozsahu do 8° . Bennet a kol. (2017) dokonce naměřili u jedné oštěpařky úhel nasazení o velikosti $17,1^\circ$.

Díky současným datům, které měl Campos a kol. (2004) k dispozici, tvrdí že nelze identifikovat optimální úhel nasazení. Je to i z důvodů měnících se podmínek vnějšího prostředí, obzvláště větru, při každém hodě.

Campos a kol. (2004) také ve své studii uvádějí, že nejúčinnější úhel nasazení závisí na individuální technice závodníka.

4.4.6 ÚHEL BOČNÉHO VYTOČENÍ (ANGLE OF YAW / SIDESLIP)

Úhel bočného vytočení je úhel nasazení, pozorovaný zezadu. Je výsledkem rozdílu mezi bočním pohybem horní části těla a ramenou a polohou dlouhé osy oštěpu. Tento úhel musí být minimální. Normálně sportovci dosahují svých nejlepších výsledků s menšími úhly bočného vytočení (Zatsiorsky, 2000, str. 407).

Lehmann (2010) uvádí, že úhel bočního vytočení by měl být menší než 10°. Většina studií toto tvrzení potvrzují. Avšak Bennett (2017) naměřil ve své studii až hodnoty 23,5° u oštěpaře, který skončil s medailovým umístěním s výkonem přes 89 m.

4.4.7 VÝŠKA VYPUŠTĚNÍ (HEIGHT OF RELEASE)

Výška vypuštění je vertikální vzdálenost mezi místem, kde se ruka přestává dotýkat oštěpu a zemí. Mělo by být docela zřejmé, že vyšší výška odhodu by měla mít výhodu a oštěpař hodí tím pádem dál (Terauds, 1985, str. 83).

Panoutsakopoulos a Kollias (2013) uvádějí ve své studii nízký korelační koeficient $r = 0,225$ a to vztahu mezi vzdáleností a výškou vypuštění. Tato velikost koeficientu může být zapříčiněna tím, že výška vypuštění je mírou balistické účinnosti a závisí na výšce oštěpaře, bočním úklonu trupu a úhlu přední nohy v okamžiku vypuštění (Mahmud, 2009).

4.5 TECHNIKA HODU

Primárním funkčním cílem hodu je využít kinetickou energii systému vrhač-oštěp na konci předposledního kroku a doplnit jej o dodatečnou, koordinovanou svalovou sílu, aby se vytvořila co největší lineární rychlost středu hmoty (těžiště) podél její dlouhé osy. Určíme si, že hod začíná předposledním krokem přechodové fáze, do doby, kdy oštěp opustí ruku vrhače. Zatímco je oštěp v ruce vrhače, jako jeden celek bereme systém vrhač-oštěp (Terauds, 1985, str. 63).

Rozběh, včetně impulzního kroku, musí vytvořit správné podmínky pro odhod: tj. optimální množství rychlosti těžiště v optimálním směru; efektivní postavení těla a oštěpu; vhodnou délku dráhy pro zrychlení náčiní; a kontrolu nad provedením pro zajištění dobrých podmínek vypuštění oštěpu (Zatsiorsky, 2000, str. 417).

Šimon (2004, str. 26) dělí fáze hodu na:

- Úvod
- Start – rozběh
- Vlastní hod
- Vypuštění, let náčiní
- Závěr

4.5.1 ÚCHOP (DRŽENÍ)

Držení náčiní je individuální a je na sportovci, co mu více vyhovuje, avšak rozdělujeme způsoby držení na dva základní, které se nejčastěji využívají:

4.5.1.1 *Finský způsob*

Finský způsob držení oštěpu (obr. 7) vypadá tak, že palec a prostředník se opírají o vinutí, ukazovák naléhá na stranu oštěpu a je přirozeně položen vedle prostředníku. Ukazovák se částečně podílí na stabilizaci oštěpu v náprahu, ale je jen částečně zapojen do zátahu (Kněnický, 1977, str. 231).



Obrázek 7 - Finský způsob držení (vlastní zdroj)

4.5.1.2 Švédský způsob

Švédský způsob držení oštěpu (obr.8) je velice podobný, jen o konec vinutí se opírají ukazovák a palec. Při tomto držení je ukazovák nejaktivnější prst ruky a je plně využit k závěrečnému odhodovému impulsu a k rotaci (Kněnický, 1977, str. 231).



Obrázek 8 - Švédský způsob držení (vlastní zdroj)

Při obou variantách se oštěpař snaží navinout oštěp „na sebe“, což znamená vytočení hřbetu ruky vně při náprahu. Úchop by měl být pevný, aby oštěp nevyklouznul při zátahu oštěpu, ale neměl by být křečovitý (Kněnický, 1977, str. 231).

4.5.2 ROZBĚH

Rozběh před oštěpaře staví dva úkoly. Prvním je, že pohybovému systému vrhač-náčíní musí oštěpař udělit tak vysokou rychlost, jakou je nejen schopen zvládnout, ale i s největším efektem využít při konečném úsilí. Při druhém úkolu vytváří optimální podmínky pro zaujetí odhodového postavení tak, aby na sebe plynule navazovaly rozhodující odhodové pohyby (Šimon, 2004, str. 27)

Během rozběhu získává oštěpař kinetickou energii, která je dočasně akumulována ve svalech, díky svalovému předpětí jako energie potenciální. Po náhlém odbrzdění předpětí se potenciální energie uvolní a je z ní opět energie kinetická (Šimon, 2000, str. 27).

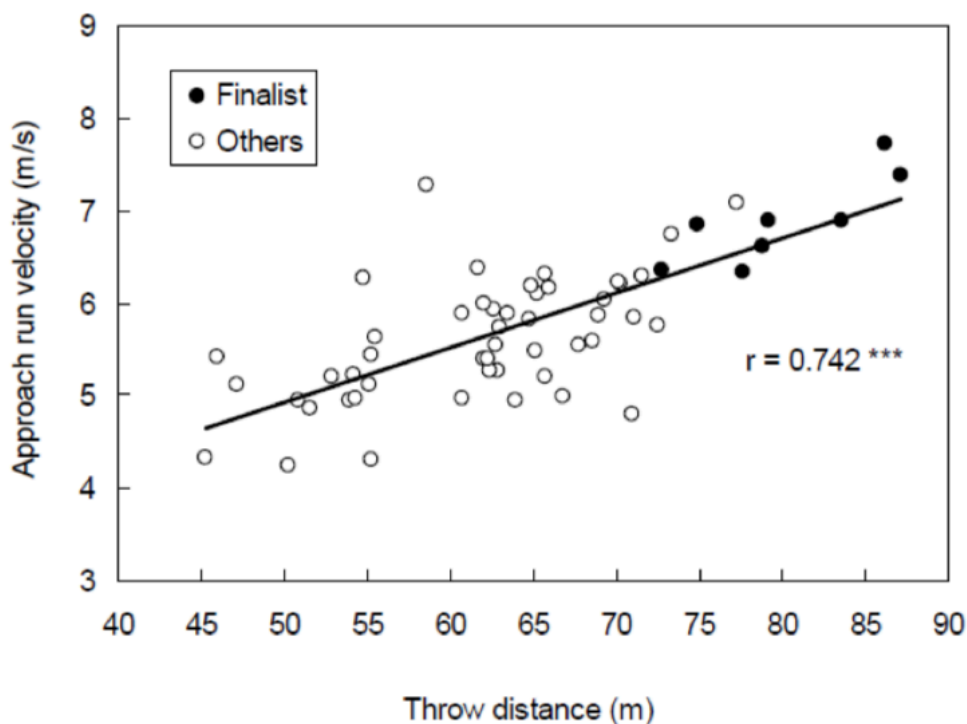
Rozběh si oštěpař označí dvěma značkami, jednu na začátek rozběhu a druhou na místo přenesení oštěpu vzad. Na první část rozběhu připadá přibližně 8–12 kroků, s postupným zrychlením. Druhá část rozběhu je provedena tzv. odhodovými kroky. Těch udělají závodníci 4, někteří dokonce až 6 (Pivoňka, 1977, str. 19).

Murakami a kol. (2006) zjistili, že vztah mezi vzdáleností hodu a rozběhovou rychlostí má významný pozitivní charakter, jelikož korelační koeficient je $r = 0,742$ (graf 3).

Vztahem mezi rozběhovou rychlostí a rychlostí vypuštění se zabýval Valleala (2015), který zjistil, že tento vztah je negativní a korelační koeficient tohoto vztahu je $r = -0,56$.

Šimon (2004, str. 177) uvádí délku rozběhu v průměru 26–30 m u mužů a u žen je to přibližně o 3 m méně. Taktéž uvádí rozběhovou rychlost, která se pohybuje v rozmezí 6-8 m/s pro muže, se kterou souhlasí i Pivoňka (1977, str. 19). Studie uvádí naměřené hodnoty různé, např. Novotný (2008, str. 64) uvádí hodnoty až kolem 9 m/s, naopak Bennett a kol. (2017) naměřil u mužů na Mistrovství světa v atletice 2017 hodnoty 6,40 – 7,63 m/s. Tudíž vyplývá, že vysoká rychlost rozběhu neznamena dobrý výkon. Dle

Šimona (2004, str. 177) mají ženy rozběhovou rychlost nižší než muži. Avšak Bennet a kol. (2017) uvádějí naměřené hodnoty rozběhové rychlosti u žen při Mistrovství světa v atletice 2017, kdy největší hodnota byla 7,16 m/s, tedy v některých případech větší než u mužů.



Graf 3 - Vztah mezi vzdáleností hodu a rozběhovou rychlostí (Murakami a kol., 2006, str. 76)

4.5.2.1 Rytmus

Rytmus rozběhových a odhodových kroků je dán počtem kroků a proměnami jejich délek a rychlosti. Časové diference v rytmezaci jsou významným kontrolním ukazatelem. Rytmus jak předodhodových, tak odhodových kroků ve špičkovém provedení se vyznačuje stabilními délkami a rychlostí kroků (Šimon, 2004, str. 178).

Šimon (2004, str. 178) popisuje analýzu odhodových kroků na oštěpařích světové úrovně. Potvrdila se mu stabilita rytmu, jelikož měřil u každého minimálně dva rozdílné výkony. Také se mu potvrdilo, že například němečtí oštěpaři mají podobnou variantu technického řešení. Jejich odhodové kroky demonstrují dvě stejně dlouhé letové fáze u prvního a třetího kroku neboli u kroku s přenesením a u tzv. impulzního kroku. Rozbor mu potvrdil, že právě náprahový a impulzní krok bývají delší než ostatní.

Šimon (2004, str. 180) uvádí tři druhy rytmu: čtyřkrokový – pětidobý, pětikrokový – šestidobý a šestikrokový – sedmidobý rytmus.

Po impulzním kroku následuje jednooporové postavení a jejím trváním se zabývaly studie od Morrise a kol. (1997), Mahmud (2009), Panoutsakopoulos a kol. (2016), Bennett a kol. (2017), Whiting a kol. (1991), Campos a kol. (2004) a také Aleksić-Veljković a kol. (2012). Hodnoty od autorů jsou velice podobné a pohybují se v rozmezí od 0,14 s až přibližně k 0,26 s, jak pro muže, tak i pro ženy. Nejnižší hodnotu jednooporového postavení naměřil Morris a kol. (1997) a to 0,09 s.

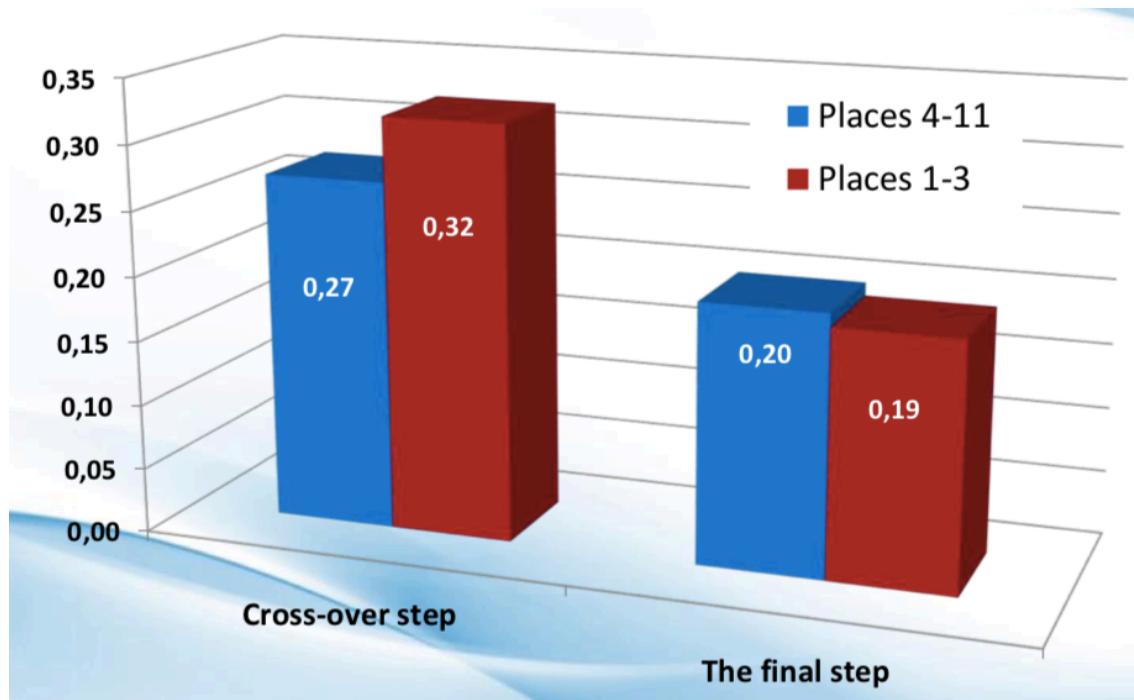
Studie se dále zabývaly délkou impulsního kroku, tedy délka mezi odrazem z levé nohy a dopadem pravé. Jak u mužů, tak u žen jsou velké rozsahy délek. Lehmann (2010) naměřil u žen délky od 1,52 m – 2,14 m. Bennett a kol. (2017) zaznamenali rozsah 1,12 m – 1,98 m. Aleksić-Veljković a kol. (2012) naměřili ještě kratší délky a to 1,04 m. U mužů byly naměřeny délky v rozsahu od 1,62 – 2,92 od Bennetta a kol. (2017). Dále Hommel a kol. (2009) zaznamenali průměrné hodnoty 2,36m.

4.5.3 ODHODOVÉ POSTAVENÍ

Odhodové postavení je okamžik, kdy po pátém kroku (záleží na rytmu, v tomto případě pětikrokový rytmus) se obě nohy opírají o zem. Dosažení správného odhodového postavení závisí na postavení nohou. Velkou pozornost je potřeba věnovat pravé (zadní) noze, jelikož úhel ohnutí této nohy jak ve fázi dopadu, tak v dalším pohybu, musí odpovídat fyzické připravenosti oštěpaře (Pivoňka 1977, str. 19)

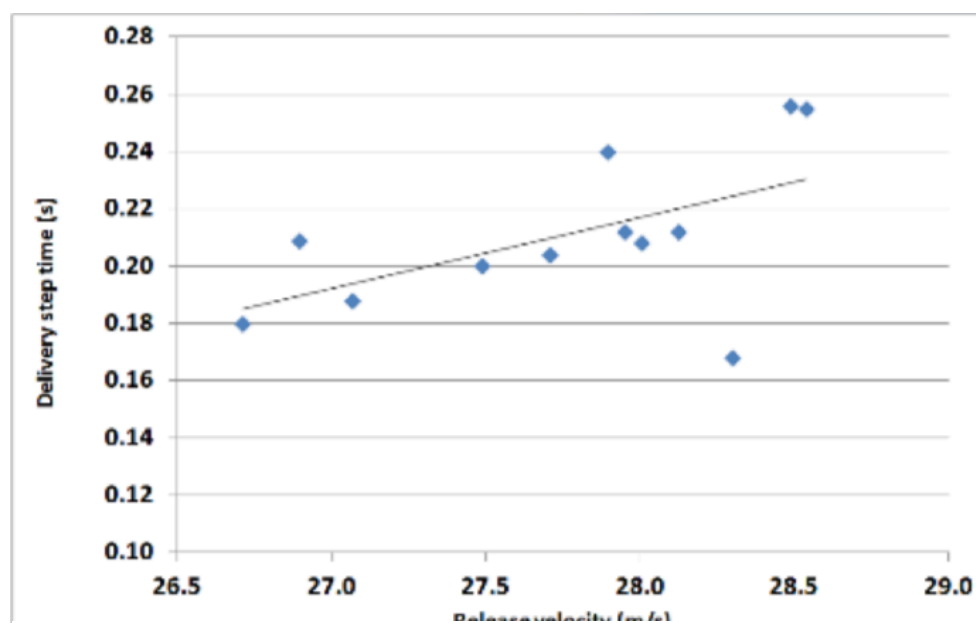
Trvání odhodového neboli dvouoporového postavení řešili studie od Whiting a kol. (1991), Mahmud (2009), Panoutsakopoulos a kol. (2016), Campos a kol. (2004) a Hommel a kol. (2009) a shodují se na časech trvání přibližně od 0,11 – 0,25 s. Větší časy trvání zaznamenal pouze Panoutsakopoulos a kol. (2016) a to v průměru 0,393s s odchylkou $\pm 0,028$ s.

Valleala porovnal dobu trvání posledních dvou kroků, což znamená dobu trvání přeskočku a dvouoporového postavení (graf 4). Z grafu č. 4 je jasné, že impulsní krok trvá déle než závěrečné dvouoporové postavení.



Graf 4 - Znázornění doby trvání přeskočení a dvouoporového postavení (Valleala, 2015, str. 31)

Valleala (2015) se také zabýval vztahem mezi délkou trvání dvouoporového postavení a rychlostí vypuštění (graf 5). Tyto hodnoty naměřil na Evropském šampionátu v roce 2012 u mužů a vyšel mu korelační koeficient $r = 0,55$.



Graf 5 - Vztah mezi dobou dvouoporového postavení a rychlostí vypuštění (Valleala, 2015, str. 30)

Délka dvouoporového postavení je velice různorodá. Bennett a kol. (2017) uvádí u mužů hodnoty ve velkém rozsahu 1,48 m – 2,26 m. Hommel a kol. (2009), Murali a Dhinu (2016), Whiting (1991) zaznamenali velice podobné hodnoty. U žen Lehmann (2010) naměřil lehce nižší hodnoty a to od 1,73 m – 1,95 m. Panoutsakopoulos a Kollias (2013) zaznamenali v průměru nižší hodnoty a to 1,40 m. Objevovali se i nižší hodnoty, avšak Aleksić-Veljković (2012) naměřil nejnižší hodnotu, kterou bylo 0,96 m.

4.5.3.1 Prává (zadní) noha

Když pravá noha došlápne přes patu na konci impulsního kroku, přímka vedená těžištěm systému vrhač-oštěp a bodem došlapu je odchýlená od vertikály o 10-25°. Oštěp je co nejvíce vytažen dozadu bez vytvoření tuhého ramene a paže. Ty jsou vytočeny směrem k pravé straně dráhy. Boky jsou mírně vytočené směrem k pravé straně dráhy. Prává noha dokončuje pohyb kontaktem se zemí, kdy pravé koleno je lehce pokrčené, aby umožnilo hladkou vodorovnou dráhu pro systém vrhač-oštěp, když se pohybuje dopředu závěrečným krokem a došlápnutím levé nohy (Terauds, 1985, str. 63).

Musí být poznamenáno, že s došlapem zadní nohy přes patu souhlasí např. Pivoňka (1977, str. 19) avšak toto popírá Šimon (1981, str. 14) a tvrdí že došlap pravé (zadní) nohy by měl být přes špičku.

4.5.3.2 Zpevnění levé (přední) nohy

Hlavní požadavek na přední nohu je maximální stabilita za účelem dosažení vysoké účinnosti brzdění. Z tohoto důvodu musí být kolenní kloub co nejstabilnější. Přední noha jako celá končetina se neotočí jako páka kolem podpěry. To zabrání „přejetí“ této nohy. Z biomechanického a fyziologického hlediska, ohnutá přední noha a zvednutí nohy nevytváří účinné svalové předpětí v horní části hrudníku a ramenního pletence, tj. v poloze „luku“ (Zatsiorsky, 2000, str. 418).

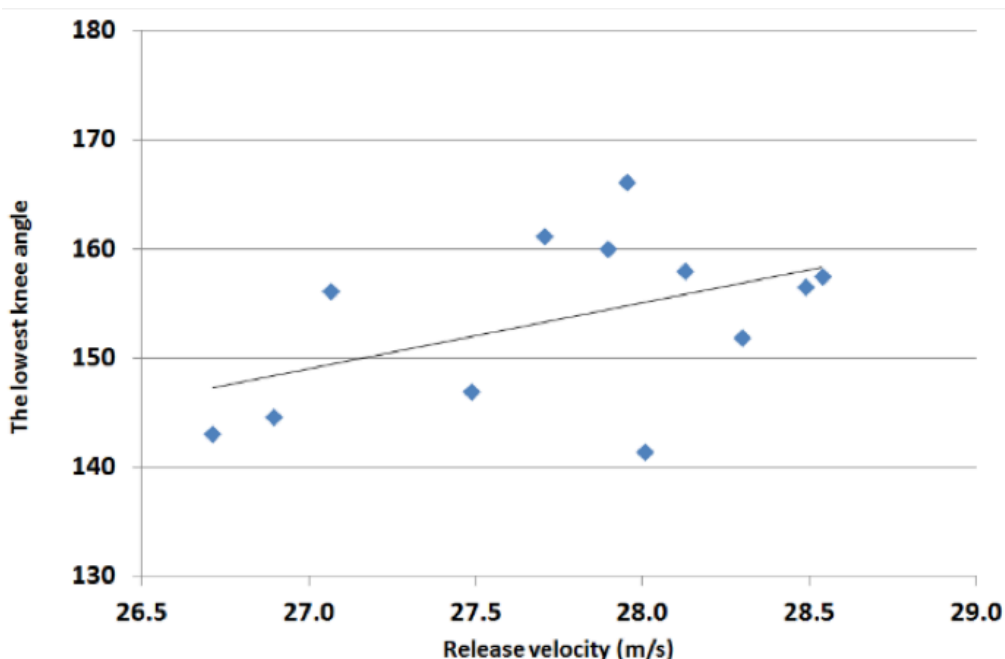
Minimální úhel kolena přední nohy je vztažen k úrovni výkonu, tedy vyšší výkony jsou spojeny se stabilnější přední nohou (Menzel 1986; Salo & Viitasalo 1995; Bartonietz & Emrich 1997).

Došlap levé (přední) nohy přes patu s lehce pokrčeným kolenem. Došlap je mírně stranou od osy rozběhu, přibližně na délku chodidla, aby pánev měla prostor rotovat (Vomáčka a kol., 1980, str.97). Pravý bok rotuje vpřed v příčné i předozadní rovině. Při

tomto pohybu pravá (zadní) noha může sloužit pouze jako opora a její úloha je relativně malá, jelikož pata pravé (zadní) nohy rotuje směrem doprava a špička se táhne po zemi. Schopnost kyčelního kloubu rotovat směrem dopředu vychází z přeměny lineárního momentu na moment hybnosti převážně v příčné a sagitální rovině, přičemž polární osa prochází místem, kde se opírá levé chodidlo a systémem vrhač-oštěp, zatímco bilaterální osa prochází skrz kotník levé nohy. Je však důležité, aby se boky dostaly vpřed než se trup, rameno a paže dostanou do činnosti (Terauds, 1985, str. 64).

Murakami a kol. (2006) uvádí ve své studii také korelační koeficient $r = 0,319$, který vyjadřuje pozitivní, ale ne tolik významný vztah mezi vzdáleností a úhlem předního kolene v momentu vypuštění oštěpu (graf 7)

Valleala (2015) se zaměřil také na úhel v koleni přední nohy při odhodu ale ve vztahu na odhodovou rychlost (graf 6). Korelační koeficient tohoto vztahu mu vyšel $r = 0.46$. Hodnoty pro výpočet tohoto vztahu byly změřeny na finalistech Evropského šampionátu v Helsinkách 2012.

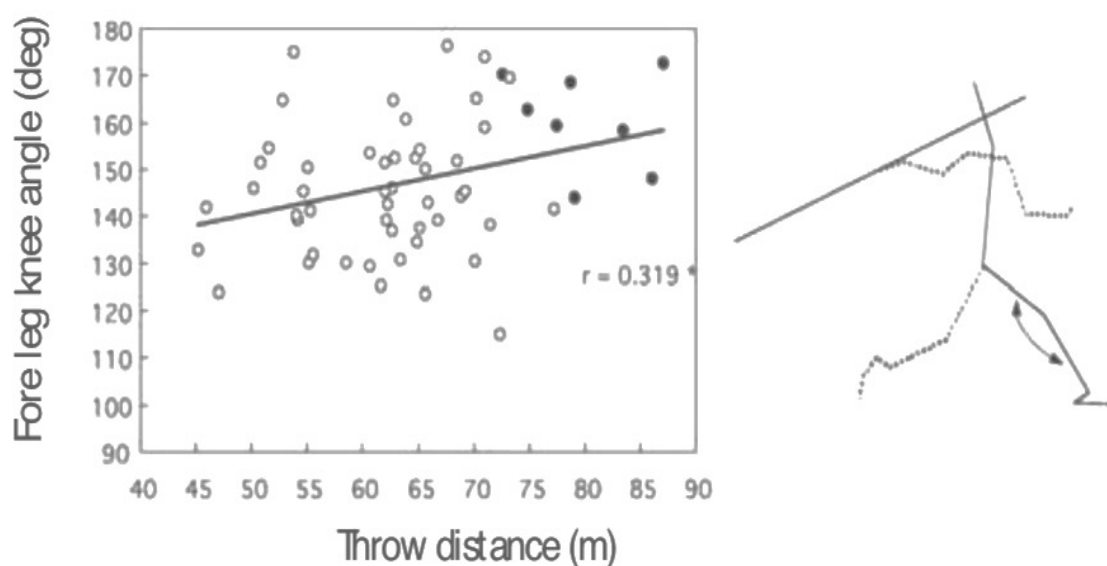


Graf 6 - Vztah mezi úhlem předního kolene při odhodu a rychlostí vypuštění (Valleala, 2015, str. 22)

Jak uvádějí autoři, koleno by mělo být minimálně pokrčené. Studie od Murakami a kol. (2006), Mahmud (2009), Panoutsakopoulos a Kollias (2013), Whiting a kol. (1991)

a také Campos a kol. (2004) uvádějí téměř stejné úhly. Úhly se pohybují přibližně od 160°- 180°. Nejnovější studie od Bennetta a kol. (2017) se s jistými úhly v předním koleni vymyká. U mužů naměřil až úhel 192,4° a u žen 190,6°, kdy se tedy koleno nachází v hyperextenzi. Nešlo o ojedinělé případy. Úhel přes 180° se objevil celkem až u 7 závodníků.

U dvou studií byly zmíněné úhly i pravé (zadní) nohy v momentu vypuštění. Panoutsakopoulos a kol. (2016), kteří měřili mladé oštěpaře uvádějí průměrný úhel 106,9° s odchylkou $\pm 19,2^\circ$. Druhá studie od Campos a kol. (2004) uvádí rozmezí 157°- 173°.



Graf 7 - Vztah mezi vzdáleností hodu a úhlem předního kolene při odhodu (Murakami a kol., 2006, str. 78)

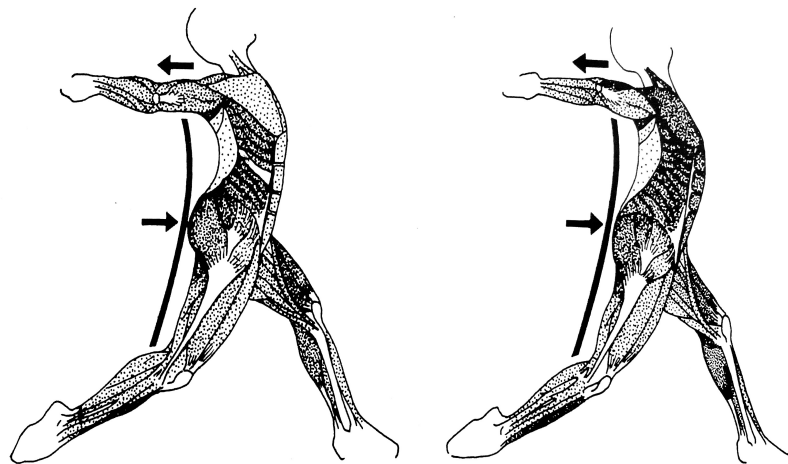
4.5.3.3 Záklon (vytažení vzad)

Záklon při dopadnutí na pravou a levou nohou se zdá být nezbytný pro dobré hody. Tento záklon poskytuje vrhači potřebný čas k provedení všech pohybů hodu, zvyšuje vzdálenost, na kterou může působit síla oštěpu a umožňuje vrhači tahat oštěp skrz nižší úhel vzhledem k polární ose těla. Schopnost tahat oštěp pod nižším úhlem, se zdá být velmi důležité, protože v této pozici může být vytvořena větší síla. Kvůli efektivnosti, jak se zvyšuje rychlost běhu, měl by se zvýšit sklon těla vůči kontaktu s levým chodidlem (Terauds, 1985, str. 65).

Tento úhel se objevil pouze ve třech studiích. Bennet a kol. (2017) naměřili úhly, které byly ve stejném rozsahu jak pro muže, tak i pro ženy. Úhly se pohybovaly v rozmezí - 7,2° až -18,1° u mužů a u žen -7,9° až -18,2°. Jedinou výjimku tvořila kanadská oštěpařka Gleadle, u které naměřili úhel -25,9°. Studie od Zhou (2015), který měřil jedinou závodnici, uvádí úhel -23,6°.

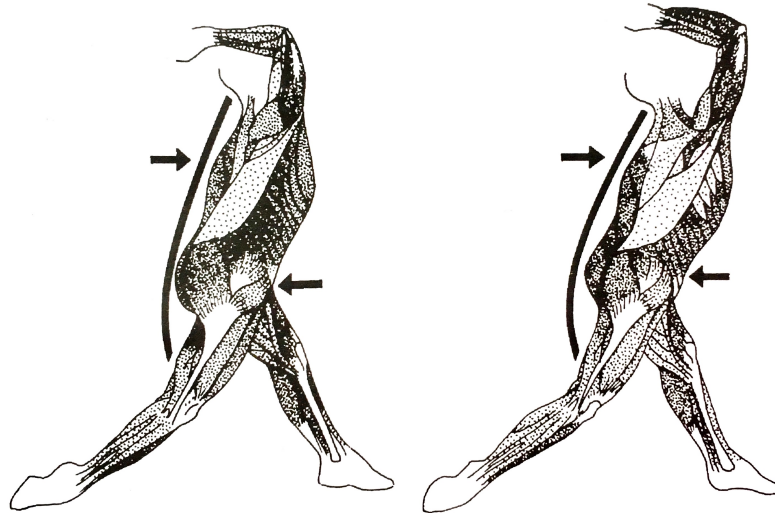
4.5.4 VLASTNÍ HOD

V momentu, kdy oštěpař zaujme odhodové postavení, se náhle zbrzdí systém vrhač-oštěp. Začne se velmi rychle přenášet pohybová energie z nohou na trup a dále na odhodovou paži. Výsledkem je výrazné vystupňování rychlosti odhodového pohybu. Tyto odhodové pohyby mají dvě fáze zrychlení. První fáze, při které dochází v důsledku zbrzdění velké hmoty spodních segmentů těla, se nazývá fází napínání luku (obr. 9) (Šimon, 2004, str. 31)



Obrázek 9 - Fáze napínání luku (Šimon, 2004, str. 31)

Druhá fáze, kde dochází díky zbrzdění k přenosu hybnosti na lehčí segmenty těla, a tím dochází k prvnímu výraznému zrychlení, se nazývá spuštění luku (obr. 10). Tato fáze začíná s předsazením lokte (Šimon, 2004, str. 32)



Obrázek 10 - Fáze spuštění luku (Šimon, 2004, str. 32)

4.5.4.1 Přenos momentu hybnosti

Házející paže by měla být vytažená vzadu (v odhodové fázi) dokud se neobjeví silný tah v rameni házející paže. Jakmile k tomuto dojde, vlastní struktura vaziva a svalů umožní první pohyb paže bez účasti svalů ramene. Během této fáze se shromažďuje potenciální elastická energie kloubního vaziva, která se v okamžiku uvolní a ihned je reflexivně zvětšována stahem svalů. Nyní přichází chvíle pro maximální volní kontrakci svalů a zrychlení házející paže (Terauds, 1985, str. 65).

Tento silný tah vznikne náhlým zapřením přední levé nohy a díky tomu vznikají vlivem rozběhové hybnosti, setrvačné síly napomáhající zvyšovat účinnost odhodových pohybů, které následují. V odhodovém postavení, které musí být stabilní, prudce narůstá přepětí právě těch svalových skupin, které se přímo podílejí na výkonu (Vomáčka a kol., 1980, str. 97).

4.5.4.2 Pohyb ramene

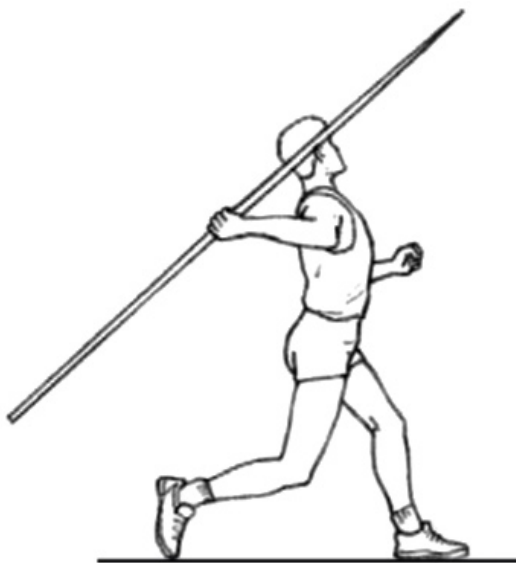
Načasování na ramenním kloubu by mělo být takové, aby pohyb ramene začal až poté, co rameno dosáhlo své maximální rychlosti. Tímto způsobem může být kromě již existující rychlosti na rameni vybudována rychlost ramena. Jedná se o biomechanickou chybu, aby pohyb ramene byl zahájen brzy, protože stávající síla způsobená zrychlením

horního trupu a ramena sníží relativní úhlovou rychlost vytvořenou na rameni. (Terauds, 1985, str. 67).

V oblasti ramenního pletence dochází k nejvyššímu svalovému napětí. S využitím reflexu silně protažených svalů následuje jejich odbrzdění. Fáze spuštění luku je důsledkem mohutné koncentrické kontrakce svalů trupu, především svalů pletence ramenního házející paže (Šimon, 2004, str. 33).

Nejvyšší rychlost ramene naměřil Whiting a kol. (1991), která měla hodnotu 9,2 m/s. Průměrná hodnota z naměřených hodnot mu poté vyšla 4,8 m/s. Také Morris a kol. (1997) měřili rychlost ramene a v jejich studii se objevují rychlosti s hodnotou od 3,6 m/s do 7,7 m/s.

Také se studie zabývaly úhlem v rameni při vypuštění (obr. 11). Průměrné hodnoty jsou téměř shodné. Bennett a kol. (2017), Lehmann (2010) uvádějí průměrný úhel u mužů 48° a 51°. Morris a kol. (1997) naměřil hodnoty v rozsahu 45°- 72°. U žen Lehmann (2010) uvádí průměrný úhel 48°, ale Bennet a kol. (2017) naměřil o něco nižší úhel a to 42°.



Obrázek 11 - Poloha ramene při odhodu (McGinnis, 2013, str. 354)

4.5.4.3 Pohyb v lokti

Na lokti je situace pro vývoj rychlosti a přenosu momentu hybnosti podobná situaci na rameni. Jakmile je paže poháněna od ramenního kloubu a předloktí, oštěp zůstává pozadu. Paže se pohybuje vpřed vpravo a nad ramenem, s ramenem vedoucím,

a loktem vysoko a ohnutým vzad odporem taženého oštěpu, který je v tomto okamžiku vyrovnán se správným úhlem vypuštění. Protážené a mírně deformované vazy, které drží společně loketní kloub, ukládají určitou potenciální energii deformace, která se dostává do hry, když se loket přibližuje k její maximální lineární rychlosti a začíná úhlový pohyb předloktí. Tento pohyb je zesílen strečovým reflexem svalů a do jisté míry dobrovolnými svalovými kontrakcemi. Zrychlení je také vyvíjeno točivým momentem kolem ramene a lokte (Terauds, 1985, str. 67, 69).

Odhodové úsilí je směřováno ke špičce oštěpu neboli k podélné ose oštěpu. Loket se vytáčí do směru hodu vzhůru. Charakter závěrečné fáze hodu můžeme nazvat jako bičovitě prošlehnutí předloktí s oštěpem (Vomáčka a kol., 1980, str. 98).

Rychlostí lokte se zabývaly studie od Morris a kol. (1997), Whiting a kol. (1991) a Rani a Deol (2015), Lehmann (2010). Hodnoty od posledních dvou zmíněných, jsou podobné a pohybují se v rozsahu 7,4 – 8,3 m/s. Morris a kol. (1997) však naměřili hodnoty v rozsahu 10,7-13,1 m/s. Lehmann (2010) uvádí velice podobnou rychlost a to 11 m/s. Whiting a kol. (1991) zaznamenali dokonce hodnotu 16,6 m/s. Reni a Deol (2015) také vypočítali korelační koeficient $r = -0,53$ mezi právě rychlostí loktu a výkonem.

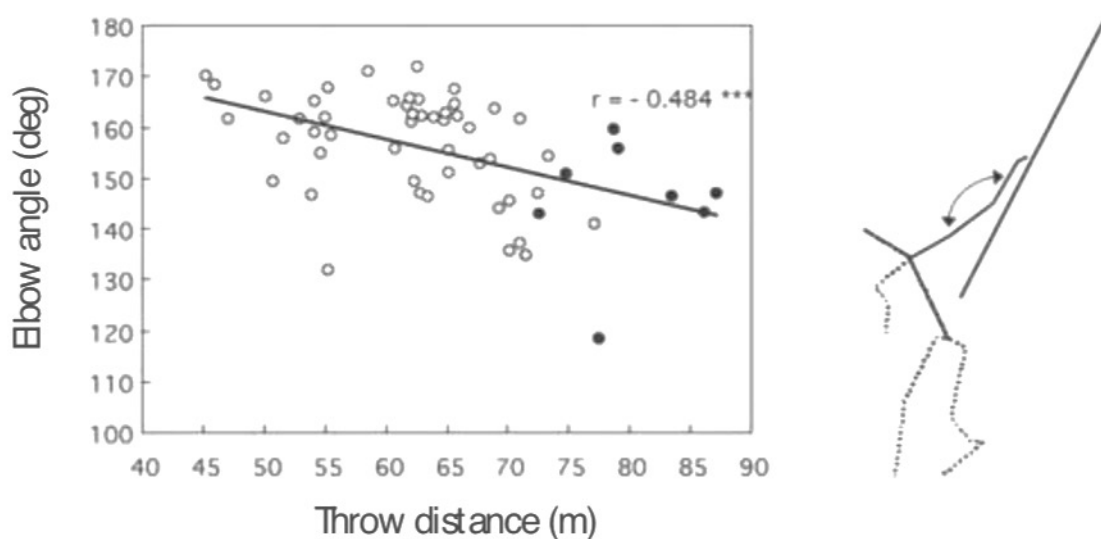
Loket prochází různými úhly během hodu. Studie se zabývaly úhlem loktu v jednooporovém a ve dvouoporovém postavení a také v monetu vypuštění.

Úhel v jednooporovém postavení se v průměru pohybuje kolem 155°. V tomto se shodují Lehmann (2010), Panoutsakopoulos a Kollias (2013), Campos a kol. (2004), Morris a kol. (1997) a Novotný (2008). Campos a kol. (2004) a Novotný (2008) naměřili i případy, kdy docházelo téměř k extenzi paže a úhel byl 172°.

Úhel při dvouoporovém postavení se začíná snižovat. Lehmann (2010) uvádí až 97° avšak Novotný (2008), Morris a kol. (1997) či Panoutsakopoulos a kol. (2016) uvádějí, že naměřili hodnoty od 130°- 153°. Campos a kol. (2004) se pohybuje mezi předchozími hodnotami. Ve své studii naměřil hodnoty od 105° až do 148°.

Poslední úhel, který autoři měřili, byl úhel loktu v momentu vypuštění. Murakami a kol. (2006) uvádí hodnoty v rozsahu 120°- 170°. Užší rozsah úhlu naměřil Campos a kol. (2004) a to 151°- 160°. Podobné hodnoty naměřil i Morris a kol. (1997). Nižší hodnoty naměřil Novotný (2008) a to kolem 133°. S touto průměrnou hodnotou se shoduje Lehmann (2010).

Murakami a kol. (2006) uvádějí korelační koeficient $r = -0,484$ mezi vzdáleností a úhlem loktu v momentu vypuštění (viz graf 8).



Graf 8 - Vztah mezi vzdáleností hodu a úhlem loktu při vypuštění oštěpu (Murakami a kol., 2006, str. 77)

4.5.4.4 Pohyb zápěstí a ruky

Hlavní povinností ruky je držet oštěp, zatímco zápěstí zůstane co nejpružnější. Když zápěstí dosáhne maximální lineární rychlosti, strečový reflex iniciuje úhlový pohyb zápěstí. Prsty pouze drží oštěp, zatímco nahromaděná síla je vedena podél dlouhé osy oštěpu (Terauds, 1985, str. 69).

Dle Vomáčky a kol. (1980, str. 98) poslední odhodový impuls s rotací dávají oštěpu prsty ruky a sklopení zápěstí.

Morris a kol. (1997) naměřili ve studii, že rychlost zápěstí při odhodu se pohybuje u mužů v průměru 19,4 m/s. Dokonce u 5 závodníků se objevila rychlost přes 20 m/s.

4.5.5 DOZNĚNÍ POHYBU

Segeťová (1985, str. 29) uvádí, že díky přeskoku oštěpař po odhodu likviduje přebytek energie zapřením pravé dolní končetiny (při odhodu pravou paží), popř. dalším

přeskokem k odhodové čáře. Dostačující vzdálenost levé dolní končetiny v odhodovém postavení od odhodové čáry je přibližně 2 m a má umožnit oštěpaři zastavit následný pohyb po odhodu a zabránit přešlapu.

Tento údaj se vyskytoval ve studiích a autoři uváděli, že tyto hodnoty jsou individuální. Lehmann (2010) naměřil u dvou závodnic vzdálenost 2,90 m a 3 m. Ovšem Bennet a kol. (2017) zaznamenal i vzdálenost od čáry pouhý 1,09 m. Naopak největší vzdálenost byla 3,53 m. Aleksić-Veljković a kol. (2012) se shodují se Segeťovou (1985) a naměřili průměrné hodnoty 2,14 m a 1,99 m. Bennet a kol. (2017) u mužů zaznamenali podobné hodnoty jako u žen. Výjimkou byla jediná hodnota, která měla hodnotu 4,52 m. Hommel a kol. (2009) se také shodují a udávají hodnoty 1,20 m – 3,50 m.

5 ZÁVĚR

V bakalářské práci byly shrnuty a porovnány odborné publikace zabývající se problematikou biomechaniky hodů oštěpem. V následující části závěru je snaha formulovat odpovědi na výzkumné otázky, které byly na začátku práce stanoveny.

Na první dvě vědecké otázky bylo odpovězeno v rešeršní části práce. Na základě autorů Čaloud (1960), Karas (1989), Novák (1970), McGinnis (2013), Zatsiorsky (2000) a dalších byly definovány základní pojmy, které již souvisely s biomechanikou hodů oštěpem.

Obecnou biomechanikou hodů oštěpem se zabýval hlavně Terauds (1985), který je v této práci často citovaný. Bylo těžké najít více autorů, jelikož velká většina právě na tohoto autora odkazovala. Ten popisuje průběh pohybu a působení různých sil při odhodu. Jeho poznatky jsou doplněny konkrétními hodnotami od autorů studií.

Na základě prostudování odborných článků byly vytvořeny tabulky četností měřitelných parametrů (viz. Přílohy), které byly měřeny při biomechanických analýzách hodů oštěpem. Dle těchto výsledků bylo možné odpovědět na zbylé vědecké otázky, tj. otázky č. 3-6. Bylo zjištěno, že nejčetnějšími parametry, které se měří, jsou parametry vypuštění oštěpu (tab. 7). Konkrétně rychlost vypuštění, byla uváděna, že je parametr s největším vlivem na výkon. Dále bylo zajímavé zjištění, že optimální úhel vypuštění oštěpu je určen typem oštěpu, a ne pouze vrhačovým optimálním úhlem vypuštění. Další parametr vypuštění, který se často měřil (celkem 13x) byla výška vypuštění. Někteří autoři uvádějí, že tento parametr neovlivňuje zásadně výsledný výkon, jelikož je podmíněn dalšími faktory (např. tělesnou výškou, délkou paží atd.), přesto je ve studiích často zastoupen. Poté byly parametry rozděleny na úhlové, časové, rychlostní a ostatní. Mezi úhlovými parametry se často objevoval úhel v předním kolenu a úhel v lokti během dvouoporového postavení a při vypuštění (tab. 6). Při úhlech v lokti se názory lišily a byly velké rozsahy úhlů, nejspíše z důvodů odlišných technik či flexibility měřeného sportovce. Mezi časovými parametry se nejvíce objevil parametr doby trvání dvouoporového postavení (tab. 4), který podle Šimona (1981) je podstatným faktorem, který může ovlivnit výkon. V poslední oblasti parametrů, které byly zaměřeny na délku se objevovaly parametry délky závěrečného kroku a vzdálenost od odhodové čáry

v momentu vypuštění (tab. 3). Výsledky délek závěrečného kroku se velice lišily. Toto je způsobeno hlavně rytmem, který si oštěpař volí sám, dle svých individuálních potřeb.

Po prostudování studií bylo také zjištěno, že 3D analýzy jsou častěji využívány než 2D analýzy. Avšak velký rozdíl četností zde nebyl. 3D analýza se objevila 13x a 2D analýza 10x. U dvou studií nebyl charakter analýzy uveden. Jak uvedl Panoutsakopoulos a kol. (2016), 2D analýza je adekvátní pro vyhodnocení parametrů vypuštění a letových parametrů, ovšem 3D analýza poskytne hodnotnější údaje ohledně rotací či úhlů různých segmentů těla během hodu.

Překvapivým zjištěním bylo, že jsou více testováni muži než ženy. Z jakého důvodu nebylo zjištěno. Lze pouze polemizovat, že je tomu tak, kvůli větším výkonům, které jsou na hranici lidských možností.

Předpokládaný výsledek byl u zjištění, při jakých událostech se konají biomechanická měření. Obecně se dá říci, že na soutěžích je toto měření prováděno častěji. Důvodem může být větší motivace podat co nejlepší výkon než během tréninkové jednotky. S tím souvisí i výkonnost měřených sportovců, která se pohybovala, až na pár výjimek, na světové úrovni.

Některé skutečnosti při prostudování odborných článků a knih byly zajímavé, ne však úplně překvapivé jako například úhel vypuštění či úhel kolenní kloubu přední nohy. Jiné však byly pro mě nové, například, že oštěp má vlastní optimální úhel vypuštění, jak velmi krátké je dvouoporové postavení při odhodu či jaké rychlosti dokáže dosáhnout rychlost vypuštění. Jelikož ve studiích nejsou analyzováni pouze světoví oštěpaři, bylo zajímavé porovnávat získané hodnoty.

Tato práce je obohacující na rozšíření si povědomí o tom, jaké faktory ovlivňují výkon v hodu oštěpem. V rešeršní části je poukázáno na faktory, které více či méně ovlivňují výkon v hodu oštěpem. V souvislosti s těmito zjištěními by se dalo navázat na diplomovou práci, ve které by se provedla analýza vybraných parametrů. Bylo by zajímavé zjistit například dobu dvouoporového postavení v různých věkových kategoriích, rychlost rozběhu a její vliv na odhod a délku tažení oštěpu. Také by bylo zajímavé zjistit, jestli má došlap přes špičku nebo přes patu u jednooporového postavení vliv na odhod, ve kterém se autoři neshodovali.

6 SEZNAM LITERATURE

- 1) ALEKSIĆ-VELJKOVIĆ, A., R. STANKOVIĆ, S. BUBANJ, A. RAKOVIĆ a D. STANKOVIĆ. *Kinematic differences in parameters of elite foreign and elite serbian women javelin throwers*. Facta Universitatis - Physical Education and Sport. 2012, 10(4), 329-337.
- 1) BARTLETT, R. *Introduction to sports biomechanics: analysing human movement patterns*. Second edition. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, c2007. ISBN 9780415339940.
- 2) BARTLETT, R., E. MÜLLER, C. RASCHNER, S. LINDINGER a C. JORDAN. *Pressure Distributions on the Plantar Surface of the Foot During the Javelin Throw*. Journal of Applied Biomechanics. Human Kinetics Publisher, 1995, 11, 163-176.
- 3) BARTONIETZ, K. a E. EMRICH. *Die neuralgischen Punkte der Speerwurfleistung. [The sore spots of javelin performance.]* Leichtathletik training, 1997, 8, 26 –31.
- 4) BENNETT, T., J. WALKER, a A. BISSAS. *Biomechanical report for the IAAF World Chamionships London 2017: Javelin Throw Men's*. IAAF. 2017, 1-28.
- 5) BENNETT, T., J. WALKER, a A. BISSAS. *Biomechanical report for the IAAF World Chamionships London 2017: Javelin Throw Women's*. IAAF. 2017, 1-27.
- 6) CAMPOS, J., G. BRIZUELA a V. RAMÓN. *Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics*. IAAF. 2004, 19(21), 47-57.
- 7) GREGOR, R. J a M. PINK. *Biomechanical Analysis of a World Record Javelin Throw: A Case Study*. International journal of sport biomechanics. 1985, 1, 73-77.
- 8) GONZALES, D. a G. DIETRICH. *Three-dimensional kinematics analysis of javelin throw: from real situation to biomechanical model*. Science & Sports. 2003, 18, 216-218.
- 9) HAMILL, J. a K. KNUTZEN. *Biomechanical basis of human movement*. 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams and Wilkins, c2009. ISBN 0781791286.

- 10) HAMILTON, N. a K. LUTTGENS. *Kinesiology: scientific basis of human motion*. 10th ed. Boston, MA: McGraw-Hill, c2002. ISBN 0-07-112243-5.
- 11) HOMMEL, H. *Biomechanical analyses of selectes events at the 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin 15-23 August 2009*. DLV. 2009, 1-24.
- 12) CHIU, C-H. *Discovering Optimal Release Conditions for the Javelin World Record Holders by Using Computer Simulation*. International Journal of Sport and Exercise Science. 2009, 1(2), s. 41-50.
- 13) KARAS, V., P. SUŠANKA a S. OTÁHAL. *Základy biomechaniky tělesných cvičení*. 2. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 1989.
- 14) KARAS, V., S. OTÁHAL a P. SUŠANKA. *Biomechanika tělesných cvičení*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1990. Učebnice pro vysoké školy. ISBN 80-04-20554-2.
- 15) KILLING, W. *Jugendleichtathletik: offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für die Wurfdisziplinen im Aufbautraining ; [Wurf]*. Münster: Philippka-Sportverlag, 2011, 288 s. ISBN 978-3-89417-209-1.
- 16) KNĚNICKÝ, K. *Technika lehkoatletických disciplín: učebnice pro vysoké školy*. 3. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1977. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- 17) KOVAŘÍK, V. a F. LANGER. *Biomechanika tělesných cvičení I: [určeno pro posl. pedag. fak.]*. 2. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 1994. ISBN 80-210-0838-5.
- 18) LEHMANN, F. *Biomechanical analysis of the javelin at the 2009 IAAF World Championships in Athletics*. IAAF. 2010, 25(3/4), 61-77.
- 19) LEIGH, S., H. LIU, S. LEIGH a B. YU. *Sequences of upper and lower extremity motions in javelin throwing*. Journal of Sports Sciences. 2010, 28(13), 1459-1467.
- 20) LIU, H., S. LEIGH a B. YU. *Comparison of sequence of trunk and arm motions between short and long official distance groups in javelin throwing*. Sports Biomechanics. 2014, 13(1), 17-32.

- 21) MAHERAS, A. V. *The Javelin: Basic javelin aerodynamics and flight characteristics*. Techniques for Track & Field and Cross Country. 2013, 7(1), 30-41.
- 22) MAHMUD, E. *Movement analysis for javelin throwers in the Qatar 2009 Championships* [online]. Marquette, Michigan, USA: ISBS - Conference Proceedings Archive, 2010 [cit. 2019-02-12]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <https://ojs.uib.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4557/4244>.
- 23) MANESH, K. M. M. M. a DR. M. R. DHINU. *Kinematic parameters assessment on the javelin release performed by under twenty indian athletes*. Kinesiologia Slovenica. 2016, 22(1), 27-36. ISSN 1318-2269.
- 24) MCGARRY, T., P. O'DONOGHUE a A. J. de E. SAMPAIO. *Routledge handbook of sports performance analysis*. New York: Routledge, c2013. ISBN 9780203806913.
- 25) MCGINNIS, P. M. *Biomechanics of sport and exercise*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, c2013. ISBN 0736079661.
- 26) MENZEL, H-J. K. *Biomechanics of javelin throwing*. New Studies in Athletics, 1986, 3, 85 – 98.
- 27) MERO, A., P. K. KOMI, T. KORJUS, E. NAVARRO a R. J. GREGOR. *Body segment contribution to javelin throwing during final thrust phases*. Journal of Applied Biomechanics, 1994, 10, 166 –177.
- 28) MONONEN, H. a K. NORVAPALO. *Release Parametr at the Foul Line and the Official Result in Javelin Throwing*. Sports Biomechanics. Finland, 2003, 2(1), 15-34. DOI: 10.1080/14763140308522805.
- 29) MORRISS, C., R. BARTLETT a N. FOWLER. *Biomechanical analysis of the javelin at the 1995 IAAF World Championships in Athletics*. IAAF. 1997, 12(2-3), 31-41.
- 30) MURAKAMI, M., S. TANABE, M. ISHIKAWA, J. ISOLEHTO, P. V KOMI a A. ITO. *Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics*. IAAF. 2006, 21(2), 67-80.
- 31) NIGG, B., K. ROETHLIN a J. W. ARTEN-WEILER : *Biomechanische Messungen beim Speerwerfen*. Jugend und Sport, Jg. 1974, 31, 6, 218-220.

- 32) NOVÁK, A. *Biomechanika tělesných cvičení: Základy obecné biomechaniky*. 2. vyd. Praha: SPN, 1970. Učebnice pro vysoké školy (Státní pedagogické nakladatelství).
- 33) NOVOTNÝ, M. *Biomechanická 3D analýza - hod oštěpem*. Brno, 2008.
Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Mgr. Martin Sebera.
- 34) OGIOLDA, P. *The Javelin Throw and the role of speed in throwing events*. IAAF. 1993, 8(3), 7-13.
- 35) PANOUTSAKOPOULOS, V. a I. A. KOLLIAS. *Kinematics of the delivery phase and release parameters of top female javelin throwers*. Kinesiologia Slovenica. 2013, 19(1), 32-43. ISSN 1318-2269.
- 36) PANOUTSAKOPOULOS, V., N. VUJKOV, M. C. KOTZAMANIDOU a S. VUJKOV. *Technique assesment of the javelin release performed by young serbian athletes*. Facta Universitatis - Physical Education and Sport. 2016, 14(2), 127-136.
- 37) PIVOŇKA, L. *Systém přípravy polských oštěpařů*. Atletika. 1977, 29(5), 18-19.
- 38) RANI, S a N.S. DEOL. *Biomechanical analysis of javelin throw*. International Journal of Physical Education, Sport and Health. 2015, 2(2), 19-20.
- 39) SALO, A. & J.T. VIITASALO. *Vergleich kinematischer Merkmale des Speerwurfs bei Werfern internationalen und nationalen Niveaus und bei Zehnkämpfern. [Comparison of the kinematic characteristics of the javelin throw in throwers of international and national level and of decathletes.] Leistungssport*, 1995, 5, 40-44.
- 40) SEGEŤOVÁ, J. *Atletika pro posluchače studující rehabilitaci na FTVS [fakulta tělesné výchovy a sportu]*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985.
- 41) SELIGER, V. a A. NOVÁK. *Biomechanika sportovního pohybu*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství, 1960.
- 42) ŠIMON, J. *Atletické vrhy a hody*. Praha: Olympia, 2004. Atletika. ISBN 80-7033-815-6.
- 43) ŠIMON, J. *Dvojitá opora při hodu oštěpem*. Atletika. 1981, 33(4), 13-15.

- 44) ŠIMON, J. *Trénink vrhu a hodů*. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-362-8.
- 45) TERAUDS, J. *Biomechanics of the javelin throw*. Del Mar, Calif. (Box 188, Del Mar 92014): Academic Publishers, c1985.
- 46) VALLEALA, R. *Javelin Throwing Technique and Biomechanics* [konference]. Oslo, KIHU – Research Institute for Olympic Sports, 6-8. 11. 2015. In: <http://www.trenerforeningen.org> [online]. [vid. 26. 3. 2019]. Dostupné z: http://www.trenerforeningen.org/Javelin%20Throwing%20Technique%20and%20Biomechanics_Valleala.pdf?fbclid=IwAR1BDk5ZAqhKawqvbW7vUtBKv5iiK3sPAYFL4KcUJlfP6CfCTJCDDeKXB58.
- 47) VOMÁČKA, V., HÁJEK, J. aj. ŠIMON, J., ed. *Hody a vrhy*. Praha: Olympia, 1980. Atletika do kapsy.
- 48) VŠOLÁKOVÁ, M. *2D kinematická analýza hodu oštěpem*. Olomouc, 2015. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury. Vedoucí práce Doc. Paer. Dr. František Langer, CSc.
- 49) WHITING, W. C., R. J. GREGOR a M. HALUSHKA. *Body Segment and Release Parameter Contributions to New-Rules Javelin Throwing*. International Journal of Sport Biomechanics. 1991, 7, 111-124.
- 50) XIE, W., K. C. TEH, J. TAN, M. KOH, M. S. YUSOFF, N. A. A. OSMAN. *Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 21st South East Asian Games* [online]. Cáceres, Spain: ISBS – Conference Proceedings Archive, 2002 [cit. 2019-02-12]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/637>.
- 51) YOUNG-SANG, B. *Biomechanics Research Project in the IAAF World Championships Daegu 2011: Javelin Throw Men – Final*. Korean Society of Sport Biomechanics. 2011, 1-5.
- 52) ZATSIORSKY, V. M. *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention*. Malden, MA, USA: Blackwell Science, c2000. Encyclopaedia of sports medicine, v. 9. ISBN 0632053925.
- 53) ZHOU, M. R. *Kinematics Analysis on the Cross Step Skills of Chinese Female Javelin Thrower Lv Huihui*. Chengdu, China: International Conference on Power Electronics and Energy Engineering (PEEE 2015). 2015, 151-152.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Pohyb po parabolické a balistické křivce, Sušanka (1990, str.43)...	19
Obrázek 2 - Šikmý vrh při odvrhové výšce h (Novák, 1970, str. 75)	20
Obrázek 3 - Příklad hodu vrchem (Zatsiorky, 2000, str. 366)	21
Obrázek 4 - Pametry vypuštění hodu oštěpem (Zatsiorky, 2000, str. 405).....	22
Obrázek 5 - Úhel polohy oštěpu (Terauds, 1985, str. 106).....	26
Obrázek 6 - Úhlové parametry při odhodu (Killing, 2011, str. 139)	28
Obrázek 7 - Finský způsob držení (vlastní zdroj)	32
Obrázek 8 - Švédský způsob držení (vlastní zdroj)	32
Obrázek 9 - Fáze napínání luku (Šimon, 2004, str. 31)	40
Obrázek 10 - Fáze spuštění luku (Šimon, 2004, str. 32).....	41
Obrázek 11 - Poloha ramene při odhodu (McGinnis, 2013, str. 354).....	42

8 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Vztah mezi vzdáleností hodů a rychlostí vypuštění (Murakami a kol., 2006, str. 70)	24
Graf 2 - Vztah mezi rychlostí vypuštění a dráhou odhodu (Valleala, 2015, str. 28)	25
Graf 3 - Vztah mezi vzdáleností hodů a rozběhovou rychlostí (Murakami a kol., 2006, str. 76)	34
Graf 4 - Znázornění doby trvání přeskočení a dvouoporového postavení (Valleala, 2015, str. 31)	36
Graf 5 - Vztah mezi dobou dvouoporového postavení a rychlostí vypuštění (Valleala, 2015, str. 30).....	36
Graf 6 - Vztah mezi úhlem předního kolene při odhodu a rychlostí vypuštění (Valleala, 2015, str. 22).....	38
Graf 7 - Vztah mezi vzdáleností hodů a úhlem předního kolene při odhodu (Murakami a kol., 2006, str. 78)	39
Graf 8 - Vztah mezi vzdáleností hodů a úhlem loktu při vypuštění oštěpu (Murakami a kol., 2006, str. 77)	44

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1- Četnost parametrů měřených při studiích.....	23
Tabulka 2 – Přehled četnosti parametrů ve studiích	I
Tabulka 3 – Přehled četnosti vzdálenostních parametrů ve studiích	II
Tabulka 4 – Přehled četnosti časových parametrů ve studiích	III
Tabulka 5 – Přehled četnosti rychlostních parametrů ve studiích	IV
Tabulka 6 – Přehled četnosti úhlových parametrů ve studiích	V
Tabulka 7 – Přehled četnosti parametrů vypuštění ve studiích.....	VI
Tabulka 8 - Přehled četnosti měřených mužů a žen ve studiích	VIII
Tabulka 9 - Přehled četnosti 2D a 3D analýz ve studiích	IX
Tabulka 10 - Přehled četnosti, při jaké příležitosti se analýza uskutečnila.....	X
Tabulka 11 - Přehled četnosti výkonnostní úrovně oštěpařů ve studiích.....	XI

10 PŘÍLOHY

Parametry / studie	točivost	sekvence pohybů	rotace boků	rotace ramen	CM-RF	LF-JC	TT-LTD	dráha pozice hlavy	plantární tlak
Studie č. 1									
Studie č. 2									
Studie č. 3									
Studie č. 4									
Studie č. 5									
Studie č. 6									
Studie č. 7			X	X					
Studie č. 8									
Studie č. 9									
Studie č. 10	X								
Studie č. 11									
Studie č. 12									
Studie č. 13									
Studie č. 14									
Studie č. 15					X	X	X	X	
Studie č. 16									
Studie č. 17			X	X					
Studie č. 18					X	X	X	X	
Studie č. 19									
Studie č. 20									
Studie č. 21									X
Studie č. 22									
Studie č. 23		X							
Studie č. 24									
Studie č. 25									
Celkem	1	1	2	2	2	2	2	2	1

Tabulka 2 – Přehled četnosti parametrů ve studiích

Parametry / studie	délka fází	dráha tažení oštěpu	délka závěrečného kroku	délka odhodu od čáry	délka přeskočku
Studie č. 1		X			
Studie č. 2			X	X	X
Studie č. 3	X				
Studie č. 4		X			
Studie č. 5					
Studie č. 6			X	X	
Studie č. 7	X				
Studie č. 8					
Studie č. 9				X	
Studie č. 10			X	X	
Studie č. 11			X	X	X
Studie č. 12					
Studie č. 13		X	X	X	
Studie č. 14		X	X	X	
Studie č. 15			X	X	X
Studie č. 16			X	X	X
Studie č. 17	X	X			
Studie č. 18			X	X	X
Studie č. 19					
Studie č. 20					
Studie č. 21					
Studie č. 22			X		
Studie č. 23					
Studie č. 24			X	X	X
Studie č. 25					
Celkem	3	5	11	11	6

Tabulka 3 – Přehled četnosti vzdálenostních parametrů ve studiích

Parametry / studie	čas tažení oštěpu	čas trvání jednooporového postavení	čas trvání dvouoporového postavení	čas od okamžiku dvouoporového postavení do okamžiku vypuštění	čas plantárního tlaku
Studie č. 1	X				
Studie č. 2		X			
Studie č. 3					
Studie č. 4		X	X		
Studie č. 5		X		X	
Studie č. 6					
Studie č. 7		X	X		
Studie č. 8					
Studie č. 9					
Studie č. 10		X	X		
Studie č. 11			X	X	
Studie č. 12					
Studie č. 13					
Studie č. 14					
Studie č. 15		X		X	
Studie č. 16				X	
Studie č. 17		X	X	X	
Studie č. 18		X		X	
Studie č. 19					
Studie č. 20					
Studie č. 21					X
Studie č. 22		X	X	X	
Studie č. 23					
Studie č. 24	X	X			
Studie č. 25					
Celkem	2	10	6	7	1

Tabulka 4 – Přehled četnosti časových parametrů ve studiích

Parametry / studie	rozběhová rychlost	rychlost zápěstí při odhodu	rychlost loktu při odhodu	rychlost ramene při odhodu	rychlost boků při odhodu	horizontální rychlost těžiště	vertikální rychlost těžiště	rychlost oštěpu
Studie č. 1	X							
Studie č. 2			X			X		
Studie č. 3								
Studie č. 4	X							
Studie č. 5	X	X	X	X				
Studie č. 6								
Studie č. 7								
Studie č. 8			X					
Studie č. 9								
Studie č. 10								
Studie č. 11								
Studie č. 12						X		
Studie č. 13								
Studie č. 14								
Studie č. 15	X					X	X	
Studie č. 16								
Studie č. 17						X	X	
Studie č. 18	X					X	X	
Studie č. 19								
Studie č. 20						X		
Studie č. 21								
Studie č. 22			X	X	X			X
Studie č. 23								
Studie č. 24								
Studie č. 25								
Celkem	5	1	4	2	1	6	3	1

Tabulka 5 – Přehled četnosti rychlostních parametrů ve studiích

Parametry / studie	úhel předního kolene v momentu vypuštění	úhel zadního kolene v momentu vypuštění	úhel loktu při dvouoporovém postavení	úhel loktu při jednooporovém postavení	úhel trupu při vypuštění	úhel ramene při vypuštění	úhel loktu při vypuštění	pozice boků (úhly)
Studie č. 1	X		X				X	
Studie č. 2	X		X	X		X	X	
Studie č. 3								
Studie č. 4	X		X	X			X	
Studie č. 5	X		X	X		X	X	X
Studie č. 6								
Studie č. 7	X							
Studie č. 8								
Studie č. 9								
Studie č. 10	X	X	X	X			X	
Studie č. 11								
Studie č. 12			X		X		X	
Studie č. 13								
Studie č. 14	X			X				
Studie č. 15	X				X	X		
Studie č. 16						X		
Studie č. 17	X	X	X	X			X	
Studie č. 18	X				X	X		
Studie č. 19								
Studie č. 20								
Studie č. 21								
Studie č. 22	X							
Studie č. 23								
Studie č. 24								
Studie č. 25								
Celkem	11	2	7	6	3	3	7	1

Tabulka 6 – Přehled četnosti úhlových parametrů ve studiích

Parametry / studie	úhel vypuštění	rychlost vypuštění	úhel nasazení	úhel bočního vytočení	úhel polohy oštěpu	výška vypuštění
Studie č. 1	X	X	X		X	
Studie č. 2	X	X		X	X	
Studie č. 3	X					
Studie č. 4	X				X	X
Studie č. 5		X	X	X		X
Studie č. 6	X	X	X		X	X
Studie č. 7	X		X			X
Studie č. 8						
Studie č. 9	X	X				X
Studie č. 10	X	X	X		X	X
Studie č. 11	X	X		X	X	
Studie č. 12						
Studie č. 13	X	X	X		X	X
Studie č. 14	X	X	X		X	X
Studie č. 15	X	X	X	X	X	X
Studie č. 16	X	X	X		X	X
Studie č. 17	X	X	X			X
Studie č. 18	X	X	X	X	X	X
Studie č. 19	X	X			X	
Studie č. 20						
Studie č. 21						
Studie č. 22	X	X	X		X	
Studie č. 23						
Studie č. 24	X	X	X		X	X
Studie č. 25	X	X	X			
Celkem	19	17	14	5	14	13

Tabulka 7 – Přehled četnosti parametrů vypuštění ve studiích

DEFINICE POJMŮ Z TABULEK:

- Rychlost vypuštění – výsledná rychlost oštěpu v bodě vypuštění.
- Výška vypuštění – svislá vzdálenost od uchopení k zemi při vypuštění.
- Úhel vypuštění – úhel mezi směrem oštěpu a horizontálou vypuštění
- Úhel polohy oštěpu – úhel mezi podélnou osou oštěpu a horizontálou vypuštění
- Úhel nasazení – rozdíl mezi úhlem vypuštění a úhlem sklonu při vypuštění
- Úhel bočního vytočení – úhel mezi směrem vektoru rychlosti při vypuštění a podélnou osou oštěpu (při pohledu zezadu)
- Úhel ramene při vypuštění – úhel mezi ramenem a horizontálou při vypuštění
- Úhel trupu při vypuštění – úhel mezi trupem a horizontálou při vypuštění
- Horizontální rychlost těžiště – anteroposteriorní rychlost tělesa těžiště při vypuštění
- Vertikální rychlost těžiště – vertikální rychlost těžiště těla při vypuštění
- Vzdálenost impulsního kroku – délka mezi předposledním kontaktem levé nohy a posledním kontaktem pravé nohy před vypuštěním
- Vzdálenost závěrečného kroku – vzdálenost mezi posledním kontaktem pravé nohy a posledním kontaktem levé nohy před vypuštěním
- Vzdálenost od čáry – horizontální vzdálenost přední propnuté nohy od čáry při vypuštění
- Doba trvání přeskočků – čas mezi posledním kontaktem pravé nohy a posledním kontaktem levé nohy před vypuštěním
- Doba trvání fáze vypuštění – čas mezi posledním kontaktem levé nohy a vypuštěním oštěpu
- Rychlost rozběhu – rychlost těžiště
- CM-RF – vzdálenost mezi těžištěm celého těla a těžištěm pravé nohy na začátku fáze přeskočků
- LF-JC – vzdálenost mezi bodem kontaktu levé nohy a místem úchopu oštěpu při odhodové fázi
- TT-LTD – úhel trupu vzhledem ke svislé ose na začátku fáze odhodu (při dvouoporovém postavení)

Studie	Muži	Ženy
Studie č. 1	X	
Studie č. 2	X	X
Studie č. 3	X	X
Studie č. 4	X	
Studie č. 5	X	
Studie č. 6	X	
Studie č. 7	X	
Studie č. 8	X	
Studie č. 9	X	
Studie č. 10	X	
Studie č. 11	X	X
Studie č. 12		X
Studie č. 13	X	
Studie č. 14		X
Studie č. 15	X	
Studie č. 16	X	
Studie č. 17	X	
Studie č. 18		X
Studie č. 19	X	X
Studie č. 20	X	X
Studie č. 21		
Studie č. 22	X	
Studie č. 23	X	X
Studie č. 24		X
Studie č. 25	X	X
Celkem	20	11

Tabulka 8 - Přehled četnosti měřených mužů a žen ve studiích

Studie	2D	3D
Studie č. 1		X
Studie č. 2		X
Studie č. 3	X	
Studie č. 4		X
Studie č. 5		X
Studie č. 6		X
Studie č. 7		
Studie č. 8	X	
Studie č. 9		X
Studie č. 10	X	
Studie č. 11		
Studie č. 12		X
Studie č. 13	X	
Studie č. 14	X	
Studie č. 15		X
Studie č. 16		
Studie č. 17		X
Studie č. 18		X
Studie č. 19	X	X
Studie č. 20		X
Studie č. 21	X	
Studie č. 22	X	
Studie č. 23		X
Studie č. 24	X	
Studie č. 25	X	
Celkem	10	13

Tabulka 9 - Přehled četnosti 2D a 3D analýz ve studiích

Událost/ studie	MS	republiková úroveň	Open	Cup	Games	European Team Championship	Tréninková jednotka
Studie č. 1	X	X					
Studie č. 2	X						
Studie č. 3							X
Studie č. 4							X
Studie č. 5	X						
Studie č. 6			X				
Studie č. 7		X					
Studie č. 8							X
Studie č. 9					X		
Studie č. 10						X	
Studie č. 11	X						
Studie č. 12		X					
Studie č. 13			X	X			
Studie č. 14							
Studie č. 15	X						
Studie č. 16	X						
Studie č. 17	X						
Studie č. 18	X						
Studie č. 19							X
Studie č. 20		X					
Studie č. 21							X
Studie č. 22							
Studie č. 23							X
Studie č. 24							X
Studie č. 25			X				
Celkem	8	4	3	1	1	1	7

Tabulka 10 - Přehled četnosti, při jaké příležitosti se analýza uskutečnila

Výkonnost / studie	>30 m	30–45 m	45-60 m	60-75 m	<75 m
Studie č. 1				X	X
Studie č. 2			W	X/W	X
Studie č. 3		X/W			
Studie č. 4				X	
Studie č. 5					X
Studie č. 6					X
Studie č. 7				X	X
Studie č. 8					
Studie č. 9				X	
Studie č. 10		X	X		
Studie č. 11				X	X
Studie č. 12					
Studie č. 13				X	
Studie č. 14			X	X	
Studie č. 15					X
Studie č. 16					X
Studie č. 17					X
Studie č. 18				X	
Studie č. 19			W	X	
Studie č. 20			W	X	X
Studie č. 21					
Studie č. 22				X	X
Studie č. 23			W	X	X
Studie č. 24	X	X	X	X	
Studie č. 25			W		X
Celkem	1	4	8	15	13

Tabulka 11 - Přehled četnosti výkonnostní úrovně oštěpařů ve studiích

Pozn.: Pokud v jedné studii byli měřeni muži i ženy, označení v tabulce je tedy X = muž, W = žena.

SEZNAM STUDIÍ

- 1) MURAKAMI, M, S TANABE, M ISHIKAWA, J ISOLEHTO, P. V KOMI a A ITO. Biomechanical analysis of the javelin at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. IAAF. 2006, 21(2), 67-80.
- 2) LEHMANN, F. Biomechanical analysis of the javelin at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. IAAF. 2010, 25(3/4), 61-77.
- 3) VŠOLÁKOVÁ, M. 2D kinematická analýza hodů oštěpem. Olomouc, 2015. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury. Vedoucí práce Doc. Paer. Dr. František Langer, CSc.
- 4) NOVOTNÝ, M. Biomechanická 3D analýza - hod oštěpem. Brno, 2008. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Mgr. Martin Sebera.
- 5) MORRISS, C, R BARTLETT a N FOWLER. Biomechanical analysis of the javelin at the 1995 IAAF World Championships in Athletics. IAAF. 1997, 12(2-3), 31-41.
- 6) GREGOR, R. J a M PINK. Biomechanical Analysis of a World Record Javelin Throw: A Case Study. INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORT BIOMECHANICS. 1985, 1, 73-77.
- 7) MAHMUD, E. Movement analysis for javelin throwers in the Qatar 2009 Championships [online]. Marquette, Michigan, USA: ISBS - Conference Proceedings Archive, 2010 [cit. 2019-02-12]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4557/4244>
- 8) RANI, S a N.S. DEOL. Biomechanical analysis of javelin throw. International Journal of Physical Education, Sport and Health. 2015, 2(2), 19-20.
- 9) XIE, W., K. C. TEH, J. TAN, M. KOH, M. S. YUSOFF, N. A. A. OSMAN. Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 21st South East Asian Games [online]. Cáceres, Spain: ISBS – Conference Proceedings Archive, 2002 [cit. 2019-02-12]. ISSN 1999-4168. Dostupné z: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/637>

- 10) PANOUTSAKOPOULOS, V., N. VUJKOV, M. C. KOTZAMANIDOU a S. VUJKOV. Technique assesment of the javelin release performed by young serbian athletes. *Facta Universitatis - Physical Education and Sport*. 2016, 14(2), 127-136.
- 11) HOMMEL, H. Biomechanical analyses of selectes events at the 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin 15-23 August 2009. *DLV*. 2009, 1-24.
- 12) ZHOU, M. R. Kinematics Analysis on the Cross Step Skills of Chinese Female Javelin Thrower Lv Huihui. Chengdu, China: International Conference on Power Electronics and Energy Engineering (PEEE 2015). 2015, 151-152.
- 13) MANESH, K. M. M. M. a DR. M. R. DHINU. Kinematic parameters assessment on the javelin release performed by under twenty indian athletes. *Kinesiologia Slovenica*. 2016, 22(1), 27-36. ISSN 1318-2269.
- 14) PANOUTSAKOPOULOS, V. a I. A. KOLLIAS. Kinematics of the delivery phase and release parameters of top female javelin throwers. *Kinesiologia Slovenica*. 2013, 19(1), 32-43. ISSN 1318-2269.
- 15) BENNETT, T., J. WALKER, A. BISSAS. Biomechanical report for the IAAF World Chamionships London 2017: Javelin Throw Men's. IAAF. 2017, 1-28.
- 16) Scientific Research Project Biomechanical Analyses at the IAAF World Championships Daegu 2011: Javelin Throw Men – Final. Korean Society of Sport Biomechanics. 2011, 1-5.
- 17) CAMPOS, J., G. BRIZUELA a V. RAMÓN. Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF World Championships in Athletics. IAAF. 2004, 19(21), 47-57.
- 18) BENNETT, T., J. WALKER, A. BISSAS. Biomechanical report for the IAAF World Chamionships London 2017: Javelin Throw Women's. IAAF. 2017, 1-27.
- 19) GONZALES, D. a G. DIETRICH. Three-dimensional kinematics analysis of javelin throw: from real situation to biomechanical model. *Science & Sports*. 2003, 18, 216-218.
- 20) LIU, H., S. LEIGH a B. YU. Comparison of sequence of trunk and arm motions between short and long official distance groups in javelin throwing. *Sports Biomechanics*. 2014, 13(1), 17-32.

- 21) BARTLETT, R., E. MÜLLER, C. RASCHNER, S. LINDINGER a C. JORDAN. Pressure Distributions on the Plantar Surface of the Foot During the Javelin Throw. *Journal of Applied Biomechanics*. Human Kinetics Publisher, 1995, 11, 163-176.
- 22) WHITING, W. C., R. J. GREGOR a M. HALUSHKA. Body Segment and Release Parameter Contributions to New-Rules Javelin Throwing. *International Journal of Sport Biomechanics*. 1991, 7, 111-124.
- 23) LEIGH, S., H. LIU, S. LEIGH a B. YU. Sequences of upper and lower extremity motions in javelin throwing. *Journal of Sports Sciences*. 2010, 28(13), 1459-1467.
- 24) ALEKSIĆ-VELJKOVIĆ, A., R. STANKOVIĆ, S. BUBANJ, A. RAKOVIĆ a D. STANKOVIĆ. Kinematic differences in parameters of elite foreign and elite serbian women javelin throwers. *Facta Universitatis - Physical Education and Sport*. 2012, 10(4), 329-337.
- 25) MONONEN, H. a K. NORVAPALO. Release Parameters at the Foul Line and the Official Result in Javelin Throwing. *Sports Biomechanics*. Finland, 2003, 2(1), 15-34. DOI: 10.1080/14763140308522805.