

MASARYKOVA UNIVERZITA  
FAKULTA SPORTOVNÍCH STUDIÍ

Katedra kineziologie

# **Biomechanická 3D analýza – hod oštěpem**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Martin Sebera

Vypracoval:

Bc. Martin Novotný

5. ročník UTV-TI

Brno, 2008

Dovoluji si tímto poděkovat především vedoucímu své práce Mgr. Martinu Seberovi za jeho neskonalou trpělivost při řešení problémů práce, odborné konzultace a neocenitelné rady,

Bc. Petru Zaoralovi a Petru Hutovi za spolupráci při získání podkladů a zpracování dat v softwaru SIMI Motion,

Janu Červenkově za spolupráci při pořizování videozáznamu,

Mgr. Leoně Ondráčkové za praktické rady a podněty při analýze oštěpařské techniky.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a na základě literatury uvedené v seznamu použité literatury. Souhlasím s tím, aby byla moje diplomová práce umístěna v knihovně Fakulty sportovních studií a byla tak zpřístupněna zájemcům o tuto problematiku.

.....

## **OBSAH:**

<b>Úvod.....</b>	<b>6</b>
<b>Seznam tabulek, obrázků a grafů.....</b>	<b>8</b>
<b>1 Teoretická východiska zkoumané problematiky.....</b>	<b>9</b>
1.1 Hod oštěpem.....	9
1.1.1 Charakteristika disciplíny.....	9
1.1.2 Historie, vývoj, pravidla.....	10
1.1.2.1 Historie.....	10
1.1.2.2 Vývoj.....	11
1.1.2.3 Pravidla.....	13
1.2 Technika hodu oštěpem.....	20
1.3. Biomechanická analýza hodu oštěpem.....	31
1.4 Analýza oštěpaře.....	37
<b>2 Cíl, úkoly.....</b>	<b>40</b>
2.1 Cíl práce.....	40
2.2 Varianta výzkumu.....	40
2.3 Úkoly práce.....	40
2.4 Použité metody.....	41
<b>3 Metodika sledování.....</b>	<b>42</b>
3.1 Charakteristika souboru.....	42
3.2 Metody zjišťování sledovaných ukazatelů.....	43
3.2.1 Kinematická analýza.....	43
3.2.2 Zpracování obrazu.....	43
3.2.3 Souřadnicový systém.....	44
3.2.4 Časové údaje.....	45
3.2.5 Dvou-a tří – rozměrné nahrávky.....	45
3.2.6 Problémy související s analýzou obrázku.....	46
3.2.7 Chyby a tolerance chyb.....	47
3.2.8 Zobrazení dat.....	47
3.2.9 Použití.....	49

<b>4 Získané výsledky a jejich interpretace.....</b>	<b>51</b>
<b>5 Diskuze.....</b>	<b>66</b>
<b>6 Shrnutí a závěry.....</b>	<b>68</b>
6.1 Shrnutí.....	68
6.2 Závěry pro teorii.....	69
6.3 Závěry pro praxi.....	69
<b>Resumé.....</b>	<b>71</b>
<b>Summary.....</b>	<b>72</b>
<b>Literatura.....</b>	<b>73</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>76</b>

## ÚVOD

Sport jako fenomén dvacátého a počátku jedenadvacátého století stojí před problémem, který může otřást samotnou podstatou profesionálního sportu jako takového. Fascinace mas, kterým sport na vrcholné úrovni přináší neopakovatelné zážitky, je vázána především na předvedený výkon, nasazení, napětí. Souboj, prastará lidská potřeba, která byla v průběhu věků uspokojována různými způsoby, se v dnešní zhumanizované době zúžila v „gladiátorská“ klání na sportovních kolbištích. Překonávání rekordů, posouvání lidských možností až na samotnou mez fyziologických schopností člověka, obdiv, uznání a výjimečnost, to vše jsou motivace špičkových sportovců, kteří denně podstupují tréninkovou dřinu pro běžného diváka zcela nepředstavitelnou, o to více fascinující.

V atletika hraje přímý kontakt se soupeřem nebo spoluhráčem podstatně menší roli než u týmových sportů, ovšem ve smyslu posouvání hranice lidských možností má zcela výjimečnou pozici.

Dál, výš, rychleji. Jednoduchá hesla, která jsou však alfou a omegou tohoto krásného a spravedlivého sportu. Disciplíny, které reprezentují celou škálu projevů přirozené lidské motoriky. Od jednoduchých cyklických běhů, přes skoky až po ty technicky nejsložitější vrhy, hody nebo skok o tyči. Každý centimetr hraje roli, zlomky vteřiny rozhodují o úspěchu či neúspěchu...

Ovšem způsoby jak dosáhnout vyšší výkonnosti se na přelomu tisíciletí zdají být takřka vyčerpány. Moderní tréninkové postupy založené na fyziologických procesech lidského organismu jsou propracovány k dokonalosti. Každá disciplína má do detailů propracovaný systém výběru talentů, proti sobě se utkávají špičkově připravení sportovci, v optimální kondici, psychicky dokonale odolní, rozumně motivováni, ideálních somatických parametrů, s technickým vybavením z materiálů určených pro let do vesmíru.

Kde tedy hledat rezervy v samotném výkonu? Co je příčinou rozdílu, který se projeví na cílové pásce nebo při měření vzdálenosti vrhačského pokusu? Tím zásadním rozdílem je technické provedení daného pohybového úkolu. O teoriích sportovního výkonu a správné techniky jednotlivých disciplín se popsalo mnoho knih. Žádný převratný vývoj se v této oblasti čekat nedá a všechna biomechanická

měření dávají stávajícím technikám zapravdu. Ano, právě takto učebnicově realizovaný pohyb je v ideálním případě tím neefektivnějším způsobem jak dosáhnout maximálního výkonu. Míra odchylek od ideálního modelu je potom také příčinou rozdílů mezi jednotlivými sportovci. Každá individualita však techniku své disciplíny absorbuje podle svých možností a předpokladů, podle zažitých pohybových stereotypů. Vytvoří tak svůj osobitý, zcela unikátní styl.

Transformace tohoto stylu v techniku blížící se ideálu je právě tím problémem se kterým se potýká prakticky každý sportovec a právě tímto problémem se budu zabývat i já v této práci.

Hod oštěpem je jednou z technicky nejsložitějších atletických disciplín. O výkonu zde rozhoduje celá řada faktorů a z biomechanického hlediska se jedná o komplex působících sil, který nemá v jiné atletické disciplíně obdoby. Několika sekundový let oštěpu, který nezřídka atakuje hranici devadesáti metrů je doslova hypnotizující zážitek nejen pro diváky, ale i pro oštěpaře samotného.

Já sám jsem kouzlu této disciplíny propadl a již několik let se hodu oštěpem aktivně věnuji. Své dosud nabitě poznatky se snažím předávat dál mladým atletům, a proto jsem uvítal možnost orientovat svoji diplomovou práci právě na pohybovou analýzu této disciplíny. Katedra kineziologie na fakultě sportovních studií (FSpS) Masarykovy univerzity disponuje systémem SIMI Motion, určeného k trojdimenzionální kinematické analýze snímaného pohybu, mi tak poskytla nezbytné zázemí pro realizaci tohoto projektu. Neocenitelná byla také spolupráce s oštěpařem Janem Červenkou (71,14 m) a jeho trenérkou Mgr. Leonou Ondráčkovou při natáčení videomateriálu určeného k analýze.

## SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ

### Seznam tabulek

Tab. 1	Váha náčiní.....	13
Tab. 2	Parametry oštěpu.....	19
Tab. 3	Vybrané osobní rekordy sledovaného atleta.....	42
Tab. 4	Tabulka sledovaných parametrů.....	52
Tab. 5	Odhodové parametry.....	57
Tab. 6	Přehled všech analyzovaných dat.....	65

### Seznam obrázků

Obr. 1	Rozběhová dráha pro hod oštěpem.....	15
Obr. 2	Oštěp.....	20
Obr. 3	Poslední 4 kroky rozběhu, odhod a přeskok.....	22
Obr. 4	Finský způsob držení oštěpu.....	23
Obr. 5	Švédský způsob držení oštěpu.....	23
Obr. 6	Nápřahový pohyb paže.....	25
Obr. 7	Odhodová fáze oštěpaře.....	27
Obr. 8	Poloha oštěpu při odhodu.....	29
Obr. 9	Křivky dráhy letu.....	33
Obr. 10	Tvar dráhy těžiště (resp. náčiní) při různém úhlu vzletu těžiště.....	34
Obr. 11	Biomechanické schéma vrhu.....	34
Obr. 12	Síly působící na atleta v okamžiku odhodu.....	36
Obr. 13	Schéma struktury sportovního výkonu.....	37
Obr. 14	Výkonový faktor kondice u vrhu a hodů.....	38
Obr. 15	Kalibrační kvádr - definuje souřadnicový systém 3D Videozáznamu.....	44
Obr. 16	Schéma rozmístění dvou kamer pro zachycení obrazu v 3D síti.....	46
Obr. 17	Ilustrace zobrazení modelu atleta v 3D prostoru charakterizovaném osami x - horizontální směr, y - boční, z – vertikální.....	48
Obr. 18	Reflexní body umístěné na hlavních kloubech atleta a zobrazené trackovacím systémem softwaru SIMI Motion..	49
Obr. 19	Časové body t1, t2 a t3.....	54
Obr. 20	<^ - graf úhlu vzletu; >^ - snímek kamery 1; <v – schéma vzletu oštěpu a dráhy odhodu; >v – graf odhodové rychlosti.....	56
Obr. 21	Akcelerační dráha v časech t1 a t2.....	62

### Seznam grafů

Graf.1	Čas přípravné (t1-t2) a odhodové fáze (t2-t3).....	55
Graf 2	Úhel v koleni levé nohy v čase t2, při maximální flexi a čase t3.....	59
Graf 3	Úhel v lokti odhodové ruky v časech t1, t2 a t3.....	61
Graf 4	Akcelerační dráha v čase t1 a t2.....	63



# 1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ZKOUMANÉ PROBLEMATIKY

## 1.1 Hod oštěpem

### 1.1.1 Charakteristika disciplíny

Hod oštěpem patří k nejkrásnějším, ale zároveň k nejtechničtějším atletickým disciplínám. Pohybově je velmi náročný. Dosažení dobrých výsledků v této disciplíně vyžaduje od oštěpaře rychlost, výbušnost, sílu, dobrou pohybovou koordinaci, obratnost, pružnost a vytrvalost. Technická náročnost této disciplíny vyplývá z toho, že pohyby musí následovat poměrně rychle za sebou a musí být spojeny rytmicky v jeden nepřerušovaný celek od začátku rozběhu až po odhod. Tato souhra je základní činitel úspěchu hodu. K dosažení dobrého výkonu nestačí jen přirozený švih paží, jak se někteří začátečníci mylně domnívají. Je dost příkladů toho, že mnozí atleti, kteří mají výborný švih paží i potřebnou sílu a kteří dovedou tyto vlastnosti uplatnit při hodu kamenem, míčkem nebo granátem, neumějí je v plné míře uplatnit při hodu oštěpem. Vyplývá to především z toho, že neznají všechny biomechanické zákonitosti pohybů těla a aerodynamické zákonitosti pohybu oštěpu nebo nevědí, jak je uplatnit. Výborný švih paží však může být dobrý základ pro uplatnění v hodu oštěpem (Kuchen, 1971).

Součinnost celého těla je zde (jako u všech vrhačských disciplín) důležitým a základním činitelem. Házíme sice paží, ale ta má téměř do poslední chvíle úlohu pasivní. Vede a udržuje náčiní v nejvhodnější poloze, sama však zatím nepřispívá k jeho zrychlení. Je ramenem dlouho jenom tažena; tělo přitom prochází postupnou prací příslušných svalových skupin jakousi pohybovou vlnou, postupující zespodu; výsledkem je tzv. oštěpařský luk. Napětí, které tak vznikne, závisí na pohybových vlastnostech, je mírou součinnosti těla a nezbytnou podmínkou úspěšného provedení hodu. Jedině tímto napětím je umožněna bleskurychlá práce paže, končící švihem předloktí, jež uděluje náčiní konečné a největší zrychlení (Kněnický, 1977).

## 1.1.2 Historie, vývoj, pravidla

### 1.1.2.1 Historie

Hod oštěpem je z atletických hodů pravděpodobně nejstarší. Svůj původ odvozuje z dávných dob. Již pravěký člověk používal přirozeného pohybu - házení - při lovu zvěře k obstarávání potravy. Pro větší účinnost nasazoval později na rovné klacky, jimiž házel, ostré hroty (kost, pazourek apod.), a tu je již možno mluvit o oštěpu. Toto náčiní se stalo samozřejmě též bojovým prostředkem a provázelo člověka, stále více zdokonalováno, celým jeho dalším vývojem až do objevení účinnějších zbraní.

Se sportovním prováděním hodu oštěpem se setkáváme ve starém Řecku, kde byl zařazen do programu olympijských her nejdříve jako samostatná disciplína a od 18. olympijských her (r. 708 př. n. l.) jako součást atletického pětiboje - pentathlonu. Řekové házeli oštěpem na dálku i na cíl a rozeznávali dvojí způsob provádění: lovecký a atletický. Oštěp se držel uprostřed v dlani a byl opatřen poutkem („ankylé“), které bylo obtočeno kolem dřevce a do něhož oštěpař vkládal dva prsty. Při odhodu byl odvinutím poutka dán oštěpu také rotační pohyb. Starořecký oštěp byl kratší než dnešní (měřil asi dva metry) a byl těžší. Jakých výkonů Řekové dosahovali, není přesně známo. Z různých náznaků lze usuzovat, že v pětiboji bylo házeno na dálku asi 1/4 stadiónu, což je kolem 48 m. Ještě za říše římské byl hod oštěpem v oblibě jako sportovní disciplína. Z historických záznamů se zjistilo, že svého času byl vynikajícím oštěpařem císař Commodus (ve 2. stol. n. l.) (Kněnický, 1977).

Po zániku olympijských her se hod oštěpem objevuje jen jako lovecký a bojový prostředek, který je vyhrazen jen privilegovaným vrstvám. Zprávy o sportovním házení oštěpem máme pak až z druhé poloviny 19. století. Házel se nejdříve řeckým způsobem (oštěp s poutkem uprostřed) na dálku i na cíl, přímým hodem nebo obloukem, pak s držením na konci a konečně s držením v těžišti, za vinutí (švédský způsob). První výkony z té doby jsou zaznamenány ve Švédsku, kde r. 1886 hodil A. Uligert 35,81 m. Do programu novodobých olympijských her

byl hod oštěpem zařazen až r. 1908 v Londýně, kde byly ještě vypsány dvě samostatné soutěže: hod volným způsobem (s držením na konci) a švédským způsobem. V obou zvítězil Švéd Lemming výkony 54,43 m a 54,83 m (Kněnický, 1977).

Od registrování výkonů v hodů oštěpem obouruč (tj. součtu výkonů pravou a levou rukou) se během doby upustilo. Ještě na OH v roce 1912 zvítězil v této soutěži Fin Saaristo výkonem 109,42 (61,00-48,42 m) (Kampmiller, 1999).

Od olympijských her v Londýně nastává mohutný rozmach hodu oštěpem. Švédský způsob držení se ukázal výhodnější než hod s držením na konci, stal se oficiálním způsobem a zůstalo se při něm dodnes. Držením v těžišti byl také jednoznačně usměrňován vývoj techniky, ve kterém můžeme rozlišit tři stupně, které blíže probereme v odstavci „vývoj“.

#### **1.1.2.2 Vývoj**

1. Švédský způsob, u něhož se náprah prováděl přenesením oštěpu vzad nad ramenem současně se záklonem a „zkřížným“ krokem; házelo se ze záklonu. Představitelem tohoto způsobu byl Švéd E. V. Lemming, který v letech 1899-1912 dosahoval nejlepších výkonů a první překročil hranice 50 a 60 m.

2. Původní finský způsob přinesl od r. 1913 změnu ve vedení oštěpu a náprahu. Jeho objevitel, Fin J. Myyra, nepřenášel oštěp nazad těsně před hodem, nýbrž během dvou předcházejících kroků. Trup otáčel k oštěpu, který nechával více stranou. To umožňovalo bezpečnější akci a delší působení síly na oštěp. Tento způsob zvýšil výkonnost na celém světě. Řada oštěpařů překročila hranici 60 m. Myyra sám dosáhl výkonu 68,55 m v roce 1925.

3. Nový finský způsob znamenal od r. 1927 další zdokonalení techniky. Byli to Finové E. Pentilla a M. Jarvinen, kteří ještě více prodloužili působení síly na oštěp úklonem k házející paži, plně zapojili do hodu nohy a trup a plynule spojovali rozběh s odhodem se stupňováním rychlosti. Výkonnostní vývoj oštěpařů se tímto způsobem podstatně uspil. Oba Finové překonali hranici 70 m a mnoho dalších hranici 65 m po poměrně kratším tréninku než dříve.

Postupem doby nebyly sedmdesátimetrové hody žádnou zvláštností, zatímco švédským způsobem se dostal za tuto hranici jediný Lundquist (Kněnický, 1977).

Současná technika hodu oštěpem je v podstatě stejná jako Jarvinenova. Liší se jen v některých detailech: oštěp v náprahu není nesen tak nízko pod ramenem, zátah je prováděn při malém odhodovém úhlu a nohy se podílejí výraznějším způsobem při odhodu. Vrcholné výkony přesáhly hranici 90 m. Jsou výsledkem jednak účinnějších tréninkových metod ve vztahu k rozvoji speciálních vlastností a jednak výsledkem dokonalého zvládnutí vědecky podložené techniky plně respektující individuální předpoklady oštěpaře. Výkony jsou významně ovlivňovány kvalitou náčiní (Kněnický, 1977).

Svoje zvláštnosti do techniky hodu oštěpem přinesly také polská, sovětská a maďarská škola. Přelomem ve vývoji disciplíny byl světový rekord Uwe Hohna 104,80 m z roku 1984, po kterém bylo pravidly upraveno těžiště oštěpu. Československo bylo reprezentováno skvěle především dvěma atlety. Olympijskou vítězkou z roku 1952 v Helsinkách a držitelkou světového rekordu Danou Zátopovou v roce 1958 výkonem 56,67 m a olympijským vítězem z roku 1992 v Barceloně a světovým rekordmanem Janem Železným – 95,66 m (Luža, 1995).

Jan Železný v roce 1996 posunul hranici svého osobního maxima a zároveň světového rekordu na 98,48 m. Prvenství na olympijských hrách obhájil také v roce 1996 v Aténách a roku 2000 v australském Sydney a stal se tak žijící legendou tohoto sportu.

Pro úplnost je třeba se zmínit ještě o jednom způsobu hodu oštěpem. Je to hod s použitím diskařské otočky, se kterým 49letý Španěl Erausquin způsobil v olympijském roce 1956 malou revoluci v oštěpařském světě. Hodil 83,40 m a brzy jiní, kteří ho napodobili, házeli tímto způsobem více než dosavadním klasickým způsobem. Bylo dosahováno výkonů i přes 100 m; vynikali zde zvláště

diskaři. Tehdejší mezinárodní pravidla hod s otočkou ve skutečnosti nevylučovala. Avšak ještě před olympijskými hrami r. 1956 bylo Mezinárodní lehkootletickou federací rozhodnuto neuznávat hod s otočkou a pravidla byla v tomto smyslu zpřesněna (Kněnický, 1977).

### 1.1.2.3 Pravidla hodu oštěpem

#### PRAVIDLO 187 – Všeobecná ustanovení

##### Úřední nářadí a náčiní

1. Nářadí a náčiní používané při všech mezinárodních soutěžích musí odpovídat předpisům IAAF. Lze používat pouze nářadí a náčiní, které je držitelem platného certifikátu IAAF. Váhy náčiní pro jednotlivé kategorie jsou následující (viz. tab. 1)

**Tab. 1 - Váha náčiní**

	<b>ženy všechny kategorie</b>	<b>Muži</b>	<b>junioři</b>	<b>dorostenci</b>
<b>Oštěp</b>	<b>600 g</b>	<b>800 g</b>	<b>800 g</b>	<b>700 g</b>

2. Vyjma dále uvedených ustanovení, veškeré nářadí a náčiní musí poskytnout Organizační výbor.

Technický delegát může, na základě příslušných řádů každé soutěže, dovolit soutěžícím použít vlastní nebo dodavatelem dodaná náčiní, pokud takové náčiní má certifikát IAAF, bylo zkontrolováno a označeno jako schválené pořadatelem a bylo dáno k dispozici všem soutěžícím. Nebude ale přijato náčiní, které je na seznamu pořadatelem poskytnutého náčiní.

3. V průběhu soutěží nelze náčiní jakkoliv upravovat.

*POZN.: Obdobné ustanovení jako v odstavcích 2 a 3 výše, platí pro soutěže CAS.*

*Závodníci smějí používat vlastní náčiní ve vrhačských disciplínách (vrhu koulí, hodu diskem, kladivem a oštěpem), před soutěží však musí své náčiní předložit určenému rozhodčímu ke schválení. Rozhodčí označí náčiní značkou, prokazující jeho regulérnost (Pravidla atletiky, 2006).*

### **Osobní zabezpečení**

4. a) Závodníci nesmějí používat žádných pomůcek, které by jim při pokusu pomohly, např. stažení dvou nebo více prstů, či závaží upevněného na těle. Bandáž nebo náplast na ruce smí být použita pouze k nutnému zakrytí otevřené řezné nebo jiné rány. Nicméně při hodu kladivem je dovolena bandáž jednotlivých prstů. Bandážování musí být před započítáním soutěže ověřeno vrchníkem.
- b) Závodníci nesmějí mít při pokusu na ruku rukavice. Výjimkou je hod kladivem, kdy rukavice musí mít na obou stranách hladký povrch a špičky prstů rukavice, kromě palců, musí být odstřižené.
- c) Pro snazší držení náčiní smějí závodníci nanášet na ruce, avšak pouze na ně, vhodnou hmotu. Navíc kladiváři mohou použít takovou hmotu na svých rukavicích a koulaři ji smějí nanést i na krk.
- d) Pro ochranu páteře před možným zraněním smějí závodníci nosit na těle pás z kůže nebo z jiného materiálu.
- e) Při vrhu koulí může mít závodník na zápěstí bandáž pro ochranu před možným zraněním.
- f) Při soutěži v hodu oštěpem závodník může nosit ochranu lokte.
- g) Soutěžící mohou nosit další ochrany, např. fixace kolene, pokud je taková ochrana schválena IAAF pro použití při soutěžích.

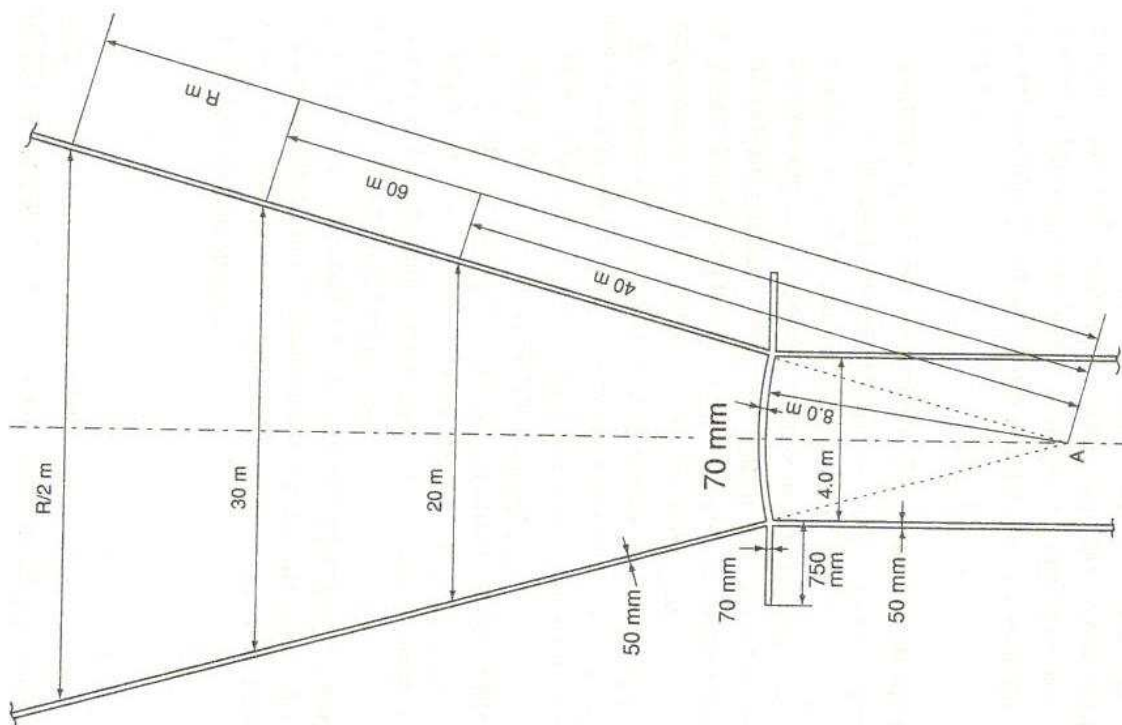
*POZN.: Rukou se rozumí úchopová část končetiny, prsty a dlaň, nikoliv zápěstí a předloktí, či paže (Pravidla atletiky, 2006).*

### **Rozběhová dráha pro hod oštěpem**

5. Rozběhová dráha musí být dlouhá nejméně 30,0 m (dovolují-li to podmínky alespoň 33,5 m) a nejvýše 36,5 m. Musí být podélně vyznačena dvěma

rovnoběžnými čarami širokými 50 mm, vzdálenými od sebe 4,0 m. Hod musí být proveden před kruhovým obloukem o poloměru 8,0 m. Oblouk musí být vyznačen bílou čarou širokou 70 mm nebo stejně širokým, bíle natřeným břevnem ze dřeva, zapuštěným do úrovně okolní půdy. Na obou koncích oblouku musí být vyznačeny bílé čáry široké 70 mm a dlouhé 750 mm (měřeno od vnitřní hrany postranních čar rozběhové dráhy), vedené kolmo na podélné čáry rozběhové dráhy.

Sklon rozběhové dráhy nesmí překročit hodnotu 1:100 v příčném směru a hodnotu 1:1000 ve směru rozběhu (Pravidla atletiky, 2006). (obr. 1)



**Obr. 1 – Rozběhová dráha pro hod oštěpem**

### **Výseč pro dopad náčiní**

6. Výseč musí být tvořena plochou pokrytou škvárou, trávou nebo jiným vhodným materiálem, na němž náčiní zanechá stopu.

7. Nejvyšší sklon plochy výseče pro dopad náčiní ve směru vrhu nesmí překročit hodnotu 1:1000.

8. a) Výseč pro dopad náčiní při vrhu koulí a hodech diskem

nebo kladivem musí být vyznačena bílými čarami širokými 50 mm, jejichž prodloužené vnitřní hrany se protínají ve středu kruhu a svírají spolu úhel  $34,92^\circ$ . *POZN.: Výseč lze přesně vytýčit vyznačením dvou bodů na oblouku o poloměru 20 m, soustředném s kruhem, jejichž vzájemná vzdálenost je 12,00 m. Tato vzdálenost se na každý další m vzdálenosti od středu kruhu zvětšuje o 0,60 m.* b) Výseč pro dopad náčiní při hodu oštěpem musí být vyznačena bílými čarami, jejichž vnitřní hrany musí procházet průsečíky odhodového oblouku s rovnoběžnými postranními čarami, jež vymezují rozběhovou dráhu a v prodloužení se musejí protínat ve středu křivosti odhodového oblouku (viz náčrtek). Čáry, jež vyznačují výseč, tak svírají úhel asi  $29^\circ$  (Pravidla atletiky, 2006).

## **Pokusy**

9. Při vrhu koulí, hodu diskem a hodu kladivem se náčiní vypouští z kruhu, při hodu oštěpem z rozběhové dráhy. Pokusy prováděné z kruhu musí být zahájeny z klidového postavení uvnitř kruhu. Závodník se smí dotknout vnitřní stěny obruče, při vrhu koulí i vnitřní plochy zarážecího břevna.

10. Pokus je nezdařený, jestliže závodník během pokusu

- a) vypustí náčiní způsobem v rozporu s pravidly;
- b) poté, co vstoupil do kruhu a zahájil pokus, se kteroukoliv částí těla dotkne země vně kruhu, horního okraje a/nebo horní plochy obruče;
- c) při vrhu koulí se dotkne horního okraje a/nebo horní plochy zarážecího břevna;
- d) při hodu oštěpem se kteroukoliv částí těla dotkne čar, které vymezují rozběhovou dráhu, nebo terénu mimo ni.

*POZN.: Pokud se po vypuštění disk nebo kterákoliv část kladiva dotkne klece, nepovažuje se to za nezdařený pokus.*

11. Pokud v průběhu soutěže nebyla výše uvedená pravidla porušena, závodník může již započatý pokus přerušit, položit náčiní do kruhu nebo mimo něj



a opustit kruh. Kruh nebo rozběhovou dráhu přitom musí opustit způsobem popsáným v odstavci 17. Pak se může vrátit do výchozího klidového postavení a pokus znovu zahájit.

12. Za nezdařený musí být považován pokus, kdy se disk, kladivo nebo špička oštěpu při prvním kontaktu se zemí dotkne čáry vymezující sektor pro dopad náčiní nebo země vně její vnitřní hrany (Pravidla atletiky, 2006).
13. Závodník nesmí opustit kruh nebo rozběhovou dráhu dříve, než se náčiní dotkne země.

Při pokusech prováděných z kruhu, se závodník při opouštění kruhu smí poprvé dotknout horního okraje obruče nebo terénu vně kruhu pouze v místě, které leží zcela před (ve směru pokusu) bílou čarou vyznačenou po obou stranách kruhu v úrovni jeho středu. Při hodu oštěpem musí závodník opustit rozběhovou dráhu tak, že jeho první kontakt s čarami vymezujícími tuto dráhu nebo se zemí mimo ní musí být zcela před (ve směru hodu) bílými čarami odhodového oblouku vedenými kolmo na podélné čáry rozběhové dráhy.

14. Po provedeném pokusu v soutěži ve vrhu koulí nebo hodu diskem, kladivem nebo oštěpem, se náčiní musí zpět ke kruhu nosit nebo vracet vhodným zařízením, nikdy se nesmí zpět házet (Pravidla atletiky, 2006).

## **Měření**

15. Při vrhu koulí, hodu diskem, hodu kladivem a hodu oštěpem se naměřené vzdálenosti, pokud nejsou v celých centimetrech, musí zaznamenat s přesností na nejbližší nižší hodnotu v setinách metru.
16. Délka každého pokusu se musí měřit ihned po provedení pokusu
  - od nejbližšího místa dopadu koule, disku nebo hlavice kladiva k vnitřní hraně obruče kruhu, po přímce probíhající od místa dopadu náčiní ke středu kruhu;
  - od místa, kde se hrot kovové hlavice oštěpu poprvé dotknul země, k vnitřní hraně odhodového oblouku, po přímce probíhající od místa dopadu náčiní do středu křivosti odhodového oblouku.

*POZN.: Místo dopadu náčiní určuje rozhodčí (Pravidla atletiky 2006)..*

## PRAVIDLO 193 – Hod oštěpem

### Způsob hodu

1. a) Závodník musí oštěp držet za vinutí. Oštěp musí být hozen přes rameno nebo přes horní část házející paže, nesmí být vržen ani mrštěn. Neortodoxní styly jsou zakázány (Pravidla atletiky, 2006).  
b) Hod je zdařený pouze tehdy, když se hrot kovové hlavice oštěpu dotkne země dříve, než jakákoliv jiná část náčiní.  
c) V celém průběhu pokusu, až do vypuštění oštěpu z ruky, se závodník nesmí zcela otočit tak, aby byl zády k odhodovému.
2. Jestliže se kdykoliv v průběhu hodu oštěp zlomí, nesmí být takový pokus považován za nezdařený, pokud byl proveden v souladu s pravidly. Pokud přitom závodník ztratí rovnováhu a poruší některé ustanovení tohoto pravidla, musí to být považováno za neplatný pokus a závodník má právo na opakování pokusu (Pravidla atletiky, 2006).

### Náčiní

3. *Konstrukce.* Oštěp se skládá ze tří hlavních částí - hlavice, těla a vinutí úchopu. Tělo oštěpu může být plné nebo duté a musí být zhotoveno z kovu nebo jiného vhodného materiálu jako pevný, nedělitelný celek. K tělu musí být připevněna kovová hlavice zakončená ostrým hrotem.  
Povrch těla oštěpu nesmí mít žádné jamky, hrbolky, rýhy nebo plastické švy, díry nebo zdrsnění a jeho plocha musí být hladká (viz P 188.4) a po celé délce jednotná. Celá hlavice oštěpu musí být zhotovena z kovu. Na její konec může být navařen zesílený hrot z jiného kovu, a to jen tehdy, pokud je celá hlavice celistvá a má hladký povrch.
4. Vinutí musí překrývat těžiště náčiní a nesmí zvětšovat průměr těla o více než 8 mm. Může mít pravidelně vzorovaný, neklouzavý povrch, ale bez držáků, zářezů či prohlubní jakéhokoli druhu. Vinutí musí mít všude stejnou tloušťku.
5. Průřez oštěpu musí být po celé délce kruhový (viz *POZN. 1*). Největší průměr těla oštěpu musí být bezprostředně před vinutím. Střední část těla oštěpu, včetně části pod vinutím, může být válcová nebo se mírně zužovat směrem dozadu,

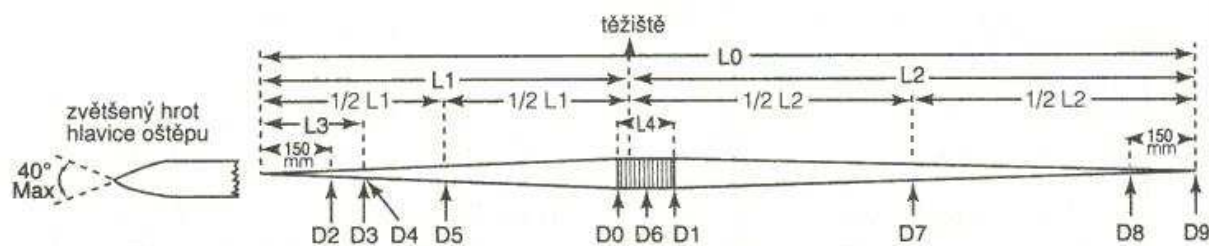
avšak zmenšení průměru od bezprostředního počátku vinutí po jeho konec nesmí v žádném případě být větší než 0,25 mm. Od vinutí se oštěp musí pravidelně zužovat směrem ke hrotu i směrem ke konci. Podélný profil od vázání po hrot najednou straně a ke konci na druhé straně musí být přímý nebo mírně konvexní (vypouklý) (viz *POZN. 2*). Po celé délce oštěpu se jeho průměr nesmí náhle měnit, vyjma bezprostředně za hlavicí a před i za vinutím. Na konci hlavice se průměr nesmí zmenšit o více než 2,5 mm a tato odchylka smí být jen do vzdálenosti 300 mm od hlavice (Pravidla atletiky, 2006).

6. Oštěp musí mít následující parametry (viz. tab. 2)

**Tab. 2 – Parametry oštěpu**

Kategorie	muži, junioři	dorostenci	žáci, ženské složky
Hmotnost (g) pro připuštění k soutěži	800	700	4,000
Hmotnost (g) pro dodání k soutěži	805 - 825	705- 725	605 - 625
Rozměry (mm)			
celková délka LO	2600 - 2700	2300 - 2400	2200 - 2300
délka hlavice L3	250 - 330	250 - 330	250 - 330
vzdálenost od hrotu k těžišti L1	900 - 1060	860 - 1000	800 - 920
průměr těla v nejtlustším místě 00	25-30	23-28	20-25
délka vinutí L4	150-160	150-160	140-150

7. Oštěp nesmí mít žádné pohyblivé části nebo zařízení které by při hoďu mohlo změnit polohu těžiště oštěpu nebo jeho letové vlastnosti.
8. Zúžení oštěpu ke hrotu kovové hlavice musí byt takové, ze 'vrcholový úhel na hrotu hlavice není větší než 40°. Průměr těla oštěpu ve vzdálenosti 150 mm od hrotu nesmí překročit hodnotu 80 % maximálního průměru těla oštěpu. V poloviční vzdálenosti mezi hrotem a těžištěm oštěpu nesmí průměr těla oštěpu překročit hodnotu 90 % jeho maximálního průměru.
9. Zúžení těla oštěpu směrem ke konci musí být takové, že průměr těla uprostřed mezi těžištěm a koncem oštěpu nesmí být menší než je hodnota 90 % jeho maximálního průměru. Ve vzdálenosti 150 mm od konce nesmí být průměr těla oštěpu menší než 40 % jeho maximálního průměru, Průměr těla oštěpu na samém konci nesmí být menší než 3,5 mm (obr. 2) (Pravidla atletiky, 2006).



Obr. 2 – Oštěp

## 1.2 Technika hodu oštěpem

Délka hodu oštěpem závisí v první řadě na rychlosti, kterou je náčiní vypuštěno do vzduchu, pak na úhlu odhodu a také na úhlu, pod kterým je, jak říkáme, oštěp „položen“ do vzduchu, tedy na úhlu, který svírá podélná osa oštěpu s horizontální rovinou v okamžiku odhodu; dále závisí ještě délka hodu na využití rozběhu. Všichni uvedení činitelé ovlivňují výkon, nikoli však stejnou měrou; technika musí dbát všech stejně, aby bylo dosaženo jejich optimálních hodnot. Tyto hodnoty určují předem fyzikální zákony, jimiž se řídí pohyb každého hmotného tělesa, a individuální anatomicko-fyziologické předpoklady oštěpaře. Počáteční rychlost letu oštěpu je koncovou rychlostí pohybu zrychleného, jímž se pohybuje náčiní, pokud naň působí svalová síla atleta. Fyzikálně lze odvodit, že větší odhodové rychlosti je možno dosáhnout prodloužením dráhy, po které působíme na oštěp silou svých svalů, nebo působením větší síly, případně i v kratším čase. Přitom se nesmí přerušit působení síly, aby se zrychlení udrželo (když ne zvýšilo) a rychlost narůstala do maxima. Proto jednotlivé pohybové fáze musí na sebe plynule navazovat (Kněnický, 1977).

Úhel odhodu nemá ve srovnání s odhodovou rychlostí takovou důležitost pro výkon, ale dokonalá technika s ním musí počítat. Při jeho zanedbání nebylo by nikdy možno dosahovat maximálních délek. Optimální úhel odhodu se pohybuje kolem 40°, ale mění se s působením větru (proti větru je menší než po větru) (Kněnický, 1977).

Úhel „položení“ oštěpu do vzduchu je důležitý vzhledem k značné délce náčiní. Odpor vzduchu vznikající při velké odhodové rychlosti nabývá při špatném položení oštěpu značných hodnot. Aby byl co nejmenší a nedocházelo k brzdění rychlosti oštěpu ihned po odhodu, musí se úhel „položení“ shodovat s úhlem odhodu. Odpor vzduchu je v tom případě minimální a počáteční rychlost se zmenšuje pomaleji. Na polohu oštěpu při vypuštění má vliv vedení oštěpu již při náprahu a pak samozřejmě v průběhu celého odhodu (Kněnický, 1977).

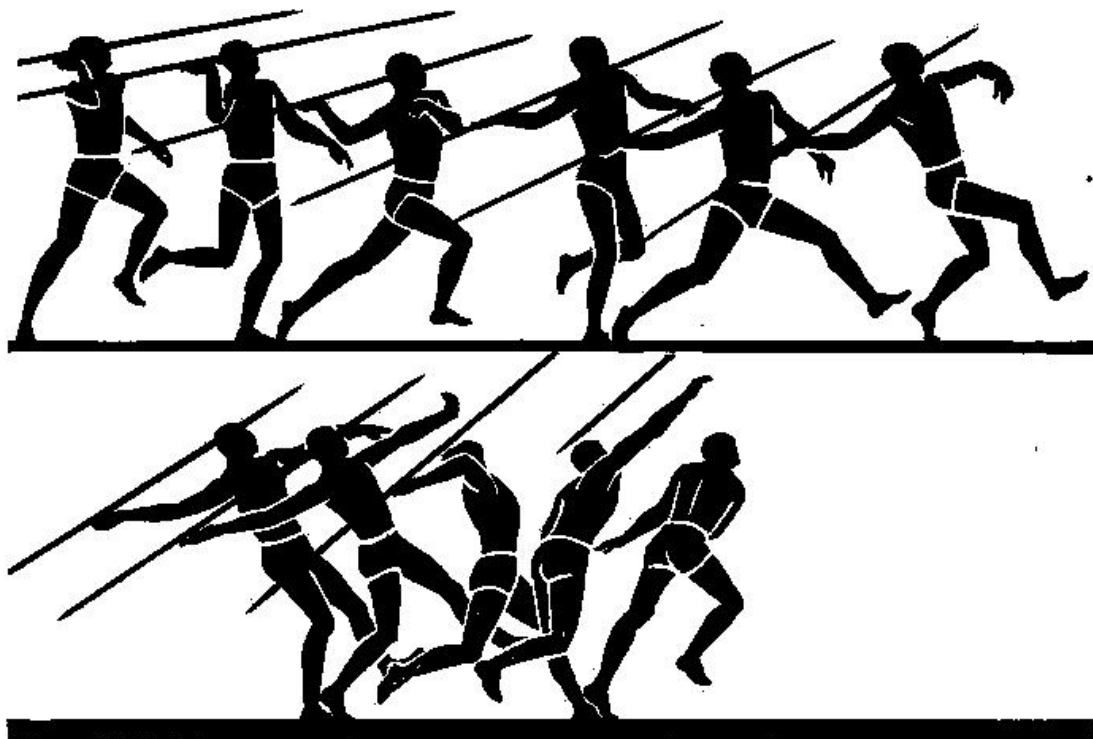
Hod oštěpem má tři základní pohybové fáze:

1. rozběh
2. vlastní hod
3. přeskok

- ale pro popis techniky je výhodnější následující rozdělení:

- a) držení oštěpu**
- b) nesení oštěpu a rozběh**
- c) náprah a přechod do odhodového postavení**
- d) odhod**
- e) vypuštění a let oštěpu**
- f) přeskok**

Všechny fáze na sebe plynule navazují tak, že následující začíná již před dokončením předcházející fáze (obr. 3) (Bartušek, 1968).



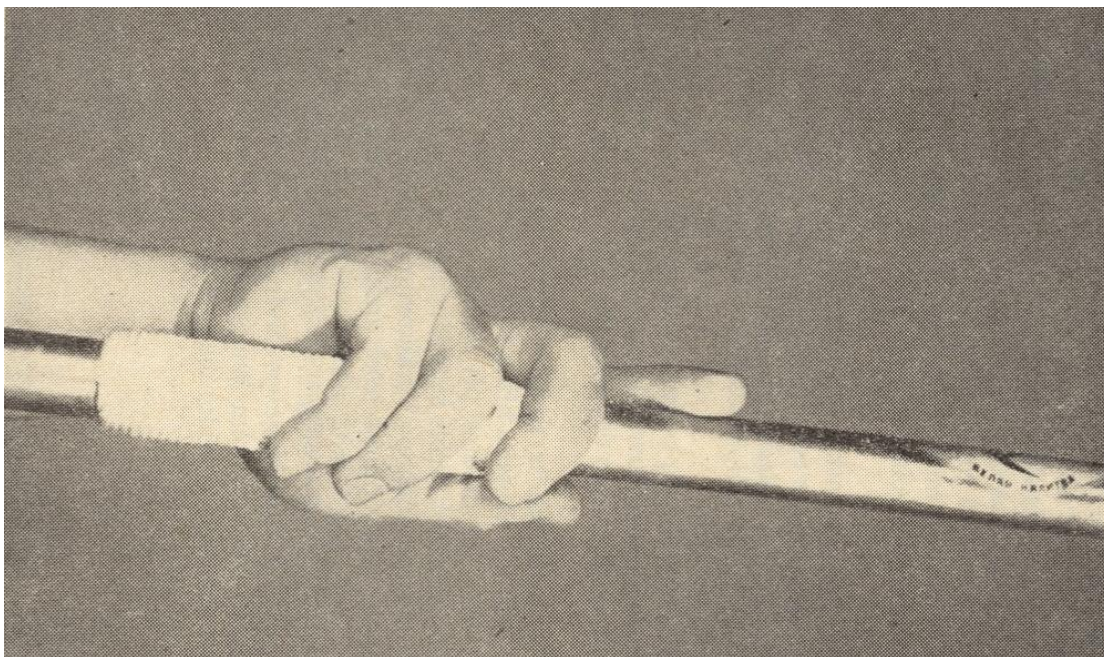
**Obr. 3 – Poslední 4 kroky rozběhu, odhod a přeskok**

#### **a) Držení oštěpu**

Při správném držení náčiní jde o maximální využití délky házející paže a síly prstů. U nejběžnějších variant úchopu se dodržuje jedna společná zásada: vinutí leží vždy v celé dlani tak, že vychází žlábkem u zápěstí a palec s dalším prstem jsou zaklesnuty za konec vinutí proti sobě. Prst proti palci se především podílí na rotačním impulsu pro pohyb oštěpu kolem podélné osy. Nejčastěji jsou používány dva způsoby držení:

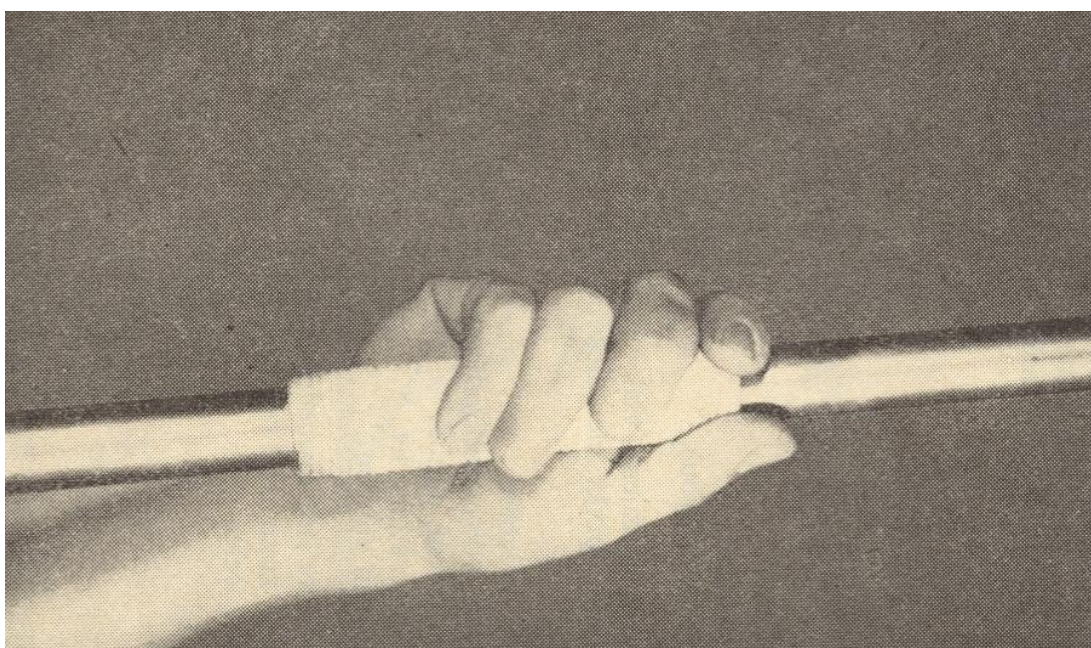
- původní způsob finský byl částečně upraven (obr. 4). Palec a prostředník se opírají o konec vinutí, ukazovák je stranou pod oštěpem, částečně přiložen k prostředníku a podílí se nejen na stabilizaci polohy oštěpu v náprahu, ale je i částečně zapojen do zátahu (Kněnický, 1977);





**Obr. 4 – Finský způsob držení oštěpu**

- při druhém způsobu se palec a ukazovák opírají o konec vinutí. Ukazovák - nejaktivnější prst ruky je plně využit k závěrečnému odhodovému impulsu a k rotaci (obr. 5).



**Obr. 5 – Švédský způsob držení oštěpu**

Při obou variantách se snaží oštěpař oštěp jakoby navinout a vytáčí přitom v náprahu hřbet ruky vně. Při přenesení oštěpu do náprahu a především při zátahu musí být úchop pevný, nikoli křečovitý. Proti nežádoucímu sklouznutí si oštěpaři zlepšují pevnost úchopu práškovitou kalafunou, lepidlem, lakem apod.

Pro úplnost ještě zmínka o méně používaném úchopu „vidličkou“, kde oštěp prochází mezi ukazovákem a prostředníkem. Tento úchop usnadňuje držení oštěpu ve směru rozběhu. Častěji je používán při rehabilitaci poraněného lokte. Jsou při něm zaměstnány jiné svalové skupiny a mění se charakter odhodového pohybu (Kněnický, 1977).

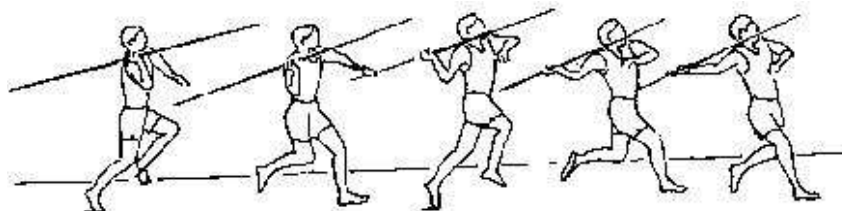
#### **b) Nesení oštěpu a rozběh**

Délka rozběhu je v průměru 26-30 m u mužů, u žen je to přibližně o 3 m méně. Rychlost rozběhu v jeho závěrečné části se pohybuje u mužů v rozmezí 6-8 m/s. Rozběhová rychlost u žen je nižší. Rozběh musí být přesně vyměřen. Oštěpaři zpravidla umísťují u rozběžiště dvě značky - na začátku rozběhu výběhovou a ve vzdálenosti 7-12 m od břevna náprahovou. Při délce rozběhu 30 m připadá na úvodní část rozběhu 20-22 m, tj. v průměru 7-11 nebo 8-12 běžeckých kroků. Záleží na tom, kterou nohou oštěpař vybíhá. Vzdálenost náprahové značky od břevna je závislá na počtu předodhodových kroků a rychlosti lokomoce oštěpaře. Rozběh se plynule zrychluje od výběhové k náprahové značce. S rostoucí rychlostí se mění délka a frekvence kroků. Oštěpař dosahuje zpravidla optimální rychlosti přibližně dva kroky před náprahovou značkou. V následujících fázích hodu se snaží tuto rychlost udržet, popřípadě ji ještě vystupňovat. Na úroveň náprahové značky došlapuje buď levou nebo pravou nohou. Velmi často je začátek náprahové značky signalizován zdůrazněním odrazu na této značce (Šimon, 2004).



### c) Náprah a přechod do odhodového postavení

Způsob provedení náprahu je vázán na rytmitizaci předodhodových kroků. Nejpoužívanější a také nejjednodušší je přenesení oštěpu do náprahu způsobem přímo nazad na dva kroky (obr. 6). Další dvě krajní varianty jsou dnes používány velmi zřídka: náprah horním obloukem nazad používají spíše začátečníci, náprah spodním obloukem používal kdysi sovětský oštěpař Lusiš v začátku své kariéry. Náprah spodním obloukem je koordinčně složitější. Je proveden na tři kroky. V jeho průběhu ale nutně dochází dočasně k „rozpletení“ či k uvolnění úchopu (Šimon, 2004).



**Obr. 6 – Náprahový pohyb paže**

Náprahový pohyb je spojen s rotací ramen a s posunutím oštěpu za rovinu ramen. Pro každý z uvedených způsobů náprahu platí některé společné charakteristické znaky. Především to je stabilní sklon oštěpu (jeho podélné osy) k horizontále od dokončení náprahu k začátku zátahu. S tím nutně souvisí stabilita polohy ruky. Ruka drží vinutí oštěpu pevně, ne však křečovitě, přibližně v úrovni ramene. Odhodová paže je uvolněně napjatá do začátku zátahu. Osa ramen odpovídá podélné ose oštěpu, tzn., že „zavření“ ramen k oštěpu je také po celou dobu předodhodových kroků stabilní (Šimon, 2004).

V následující části se omezíme na popis nejpoužívanějšího a technicky nejméně náročného hodu při tzv. čtyřkrokovém (pětidobém) rytmu předodhodových kroků s výraznější rytmitizací z levé nohy.

„První krok“ začíná výraznějším odrazem levé nohy na druhé značce a zrychleným vysunutím pravé nohy kupředu. U některých oštěpařů má charakter přeskočení. Současně s výkrokem pravé nohy se začínají ramena vytáčet vpravo

stranou a oštěp je přenášen nejkratší cestou přímo nazad do náprahu. Levá paže, poohnutá v lokti, koná vyrovnávací pohyby a postupně se zvedá.

„Druhý krok“ z pravé na levou je delší než krok předchozí. Je charakterizován snížením těžiště, dokončením náprahu při vytočení trupu vpravo stranou nazad. Osa ramen a podélná osa oštěpu jsou přibližně rovnoběžné. Oštěp svírá s paží malý úhel a spodní okraj náčiní je asi 10 cm nad úrovní ramene nebo mírně pod ní.

„Třetí krok“ - přeskok je spojovacím článkem rozběhu s odhodem. Je zahájen ještě výraznějším odrazem z levé nohy. Po odrazu následuje bleskové přemístění pravé nohy daleko vpřed se snahou o největší předběhnutí trupu a paže s oštěpem. Předběhnutí napomáhá zvýšení úklonu trupu s vytaženou paží nazad. Chodidlo pravé nohy směřuje patou k zemi a staví se na zem přes vnější část. Pravá noha aktivně přejímá váhu těla, rychle prodlužuje pohyb vpřed bez přerušení do odhodového postavení (Kněnický, 1977).

Dokrok musí být proveden pružně s chodidlem buď ve směru osy rozběhu, nebo je vytočeno mírně vpravo stranou (maximálně do úhlu  $45^\circ$  od osy rozběhu). S vytočením chodidla stranou souvisí i velikost vytočení pánve. Při vytočení chodidla a pánve stranou je dána možnost většího zapojení rotačních svalů trupu a delší dráha zátahu. Výhodou polohy chodidla pravé nohy v ose rozběhu bez vytočení, nebo jen s malým vytočením pánve, je větší bezprostřednost spolupráce nohou při vlastním odhodu. Při dřívějším způsobu provedení, kdy současně s vytáčením ramen se vytáčely boky vpravo stranou a kdy došlo k překřížení pravé nohy s levou, se nazývala tato fáze zkříženým krokem. Dnešnímu rychlejšímu provedení rozběhu, kdy pánev je vytáčena jen mírně vpravo stranou, vyhovuje lépe název přeskok.

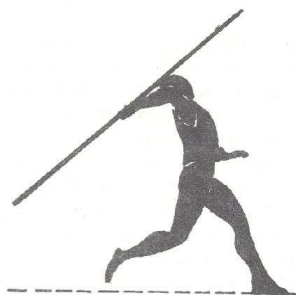
Kvalita přeskoku značně ovlivňuje úspěšnost hodu. Častou chybou je přerušení pohybu při dokroku na pravou nohu při ukončení přeskoku. K přerušení zpravidla dochází při vysokém přeskoku s toporným dokrokem na pravou nohu se značným vytočením chodidla vpravo (někdy až při úhlu vytočení  $90^\circ$  i více od osy rozběhu). Technický nedostatek je nejenom příčinou snížení výkonu, ale často i příčinou poranění kloubu kolenního, hlezenního nebo i třísla (Kněnický, 1977).

#### d) Odhod

„Čtvrtý krok“ je charakteristické odhodové postavení. Levá noha po ukončeném odrazu do přeskočce se co nejrychleji přemísťuje nízko nad zemí do opory. Časový interval mezi dokrokem pravé nohy a zapřením levé nohy o zem musí být co nejmenší a ve značné míře rozhoduje o kvalitě finální fáze hodů. Mezitím pokračuje plynule pohyb těla vpřed přes pravou nohu. V jeho průběhu nemá dojít ke zdvihu těžiště. Po přechodu těla přes oporu na pravé noze dochází k jejímu náponu se současným protlačováním pánve kupředu. Přitom se pravé koleno vytáčí buď vlevo mírně dolů dovnitř a pata ven, nebo zůstávají koleno s chodidlem v ose rozběhu. Dokrok levé nohy se uskutečňuje přes patu s okamžitým sešlápnutím chodidla na zem. Koleno levé nohy je mírně pokrčeno v okamžiku, kdy koleno pravé nohy přešlo do polohy souhlasné s rovinou hodu (Kněnický, 1977).

Trup se dostává nad levou nohu (pravá je již tažena za tělem špičkou po zemi), následuje prudké trnutí trupu vpřed a pravého ramene vzhůru vpřed, tj. oštěpař se dostal pod oštěp a tlačí hrudník vpřed jako když se do oštěpu zavěsí, hlava pomáhá přirozeným držením - nesmí se zaklonit! Tímto pohybem - nejrychlejším ze všech - je stržena pravá paže k provedení bleskového švihů. Loket je vytočen pod oštěp do směru hodu, švihnutí končí prudkým sklopením ruky v zápěstí.

Levá paže pomáhá celému pohybu, prudkým pohybem vlevo dolů „otevívá“ trup, pohyb končí u levého boku (nikdy nepokračuje vzad); Celá levá strana tvoří pevný blok, o který se házející paže opírá (obr. 7) (Bartušek, 1968).



**Obr. 7 – Odhodová fáze oštěpaře**

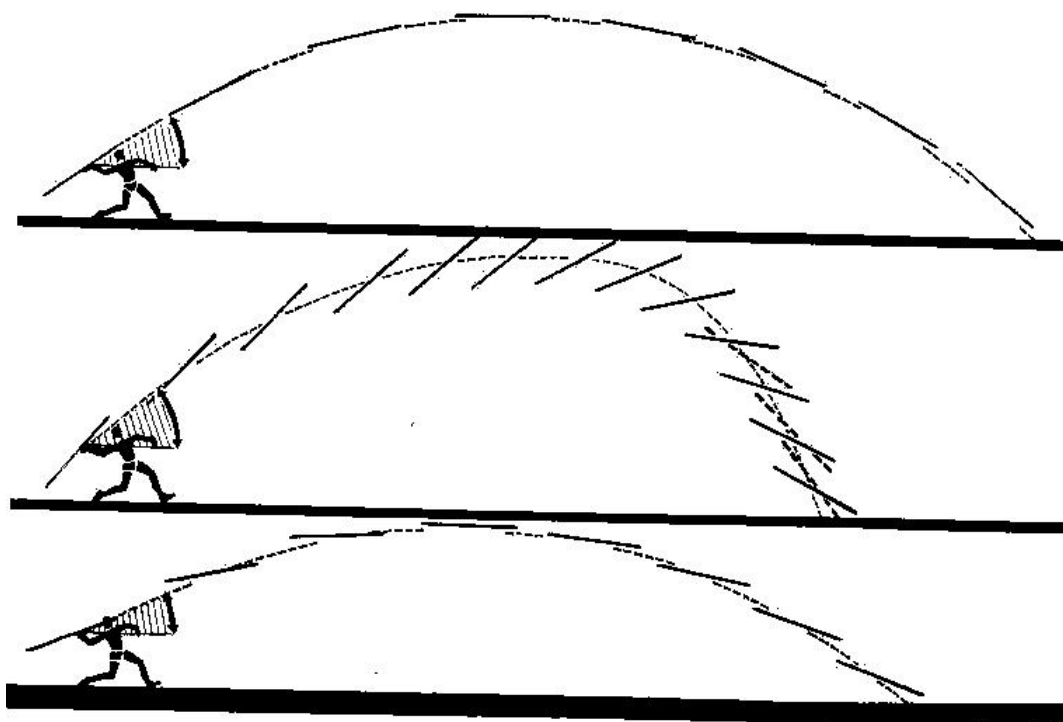
### e) Vypuštění a let oštěpu

Aby byl oštěp správně vypuštěn, musí výslednice sil působit ve směru osy oštěpu; osa oštěpu se pak nesmí vychýlit z vertikální roviny, jež prochází pravým ramenem ve směru rozběhu. Úhel odhodu je u hodu oštěpem ve skutečnosti vždy menší než úhel teoretický. Pro maximální délku šikmého hodu nám fyzikální zákony určují jako nejpříznivější úhel  $45^\circ$ , odhodový úhel oštěpu je však vždy, jak je potvrzeno skutečností, pod  $42^\circ$ . Proč ten rozdíl? Příčiny jsou dvě:

1. Počátek dráhy letu oštěpu je výše než její konec, tj. vodorovná rovina odhodu a dopadu není tatáž, je mezi nimi vzdálenost více než 2 m (podle tělesné výšky atleta). V takovém případě je i teoreticky vypočtený odhodový úhel pro dosažení největší délky hodu vždy menší než  $45^\circ$ .
2. Nejzávažnější činitel, který má vliv na délku hodu, je odhodová rychlost. Každá změna této rychlosti má pro výkon daleko větší význam než procentuálně stejná změna úhlu (Kněnický, 1977).

V odhodové fázi může oštěpař působit svou silou na oštěp daleko účinněji ve směru vodorovném než ve směru vzhůru. Počáteční rychlost letu oštěpu je výslednicí (je určena směrem i velikostí) vektorového součtu dvou složek: vodorovné a svislé. Zvětšení kterékoli složky znamená též zvětšení výslednice, ale nese s sebou také změnu velikosti odhodového úhlu. Působíme-li při odhodu na oštěp více směrem dopředu než vzhůru, zvýšíme tím odhodovou rychlost a zmenšíme odhodový úhel. Zvýšení rychlosti však představuje přírůstek výkonu, který daleko převažuje ztrátu způsobenou zmenšením úhlu. Zmenšení odhodového úhlu se tedy vyplatí, je však možné jen do určité hranice. Příliš malý úhel způsobuje stržení oštěpu a plochou dráhu jeho letu. Při větším než optimálním úhlu letí oštěp do zbytečné výšky, jeho dráha je strmá. Oba hody jsou nehošpodárné, výkon neodpovídá vynaloženému úsilí. Úhel odhodu měníme někdy záměrně ještě z jedné příčiny. Je to vítr, který není však stálým činitelem. I jeho vliv je proměnlivý, neboť záleží na jeho rychlosti a směru, kterým vane vzhledem k směru házení. S oštěpy, které mají dobré letové vlastnosti, je lépe házet proti mírnému větru a nižší hody. Obtížné je házení při silném protivětru

nebo s bočním větrem. Let oštěpu, resp. dráha jeho těžiště ve vzduchoprázdnu, by byla parabolou, jejíž tvar by neměnitelně určovali odhodoví činitelé, rychlost a úhel. Vlivem odporu vzduchu se však rychlost stále zmenšuje, sestupná část dráhy je kratší, parabola se mění v balistickou křivku. Délka hodu je pak menší. Podle zákonů mechaniky se může dráha pohybujícího se tělesa změnit jen působením vnější síly. Vnější sílu představuje za letu kromě tíže odpor vzduchu, jeho působení však bylo zatím stále uváděno ve smyslu negativním. U hodu oštěpem však můžeme využít odporu vzduchu k prodloužení dráhy letu, a tím získat dalšího činitele, který může mít kladný vliv na výkon. Je to umožněno tvarem oštěpu a jeho poměrně malou vahou. Odpor vzduchu roste se čtvercem rychlosti, závisí na tvaru tělesa a na průřezu kolmém ke směru pohybu. Vzhledem k tomu vzniká při letu oštěpu nejmenší odpor tehdy, je-li při vypuštění jeho osa přesně ve směru odhodového úhlu. Oštěp letí potom přesně ve směru dráhy špičky téměř v teoretické balistické křivce (obr. 8) (Kněnický, 1977).



**Obr. 8 – Poloha oštěpu při odhodu**

Po dosažení vrcholu dráhy letu se špička stáčí k zemi a opisuje sestupnou část křivky, která, jak víme, klesá prudčeji. Je-li úhel položení větší než úhel odhodový, tj. špička oštěpu je příliš zvednutá, je oštěp závodníkem podtržen. Značný odpor vzduchu způsobuje, že rychlost letu se prudce snižuje. Tlak vzduchu na plochu oštěpu je velký a na jeho překonání se spotřebuje velká část kinetické energie. Oštěp stoupá do větší výšky, ztrácí však brzy rychlost, převažuje se špičkou k zemi a padá téměř svisle dolů. Dráha letu tvoří nepravidelnou křivku. Vychýlení oštěpu při odhodu do strany zkracuje rovněž délku hodů (Kněnický, 1977).

#### **e) Přeskok**

Setrvačností rozběhu a závěrečného pohybu trupu pokračuje oštěpař přes vzpírající levou nohu dál, až do výskoku. Přepadávající tělo podchytí pravá noha vzpříčeně postavená. Výskok se mění v přeskok, levá noha zanožuje a spolu s levou paží pomáhá udržet rovnováhu. Rozběh musí být vyměřen tak, aby přeskok nebyl prováděn příliš blízko u odhodového břevna - obavy z přešlápnutí by se nepříznivě projevíly při odhodu. Také ale ne příliš daleko, hod se měří až od oblouku a závodník by se poškozovalo. Nejlépe je to ve vzdálenosti 2- 2,5m od oblouku.

Znovu je třeba zdůraznit, že nejen technika jednotlivých pohybů, ale především jejich rytmus je rozhodující. Všechny pohyby musí být postupně zrychlovány. Oštěpař před odhodem má rychlost asi 5 - 7m za vt., ale počáteční rychlost oštěpu je 25 – 30 m za vt. (Bartušek, 1968).

### 1.3 Biomechanická analýza hodu oštěpem

Považuji za nezbytné definovat některé základní biomechanické a fyzikální pojmy, které budeme následně v rámci kinematické analýzy oštěpaře hojně využívat.

#### ZÁKLADNÍ POJMY

##### Vektory a skaláry

Fyzikální veličiny lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- a) Skaláry
- b) Vektory

Skaláry jsou plně určeny pouze svou velikostí. Např. čas, hmotnost, práce, energie, výkon...

Vektory jsou jednoznačně určeny velikostí, směrem, působištěm a orientací. Např. rychlost, zrychlení, síla, moment síly, hybnost...

Vektory kreslíme do obrázku jako šipku v určitém směru a délce. Délka šipky představuje velikost vektoru (v určitém zvoleném měřítku) (Vindušková, 2003).

Pohyb lidského těla, event. lidského těla + náčiní lze zjednodušit na pohyb hmotného bodu, nejčastěji těžiště (používá se pro situace, kdy odporové síly prostředí jsou malé a není nutno je uvažovat), tělesa (uvažujeme tvar tělesa a odporové síly prostředí) nebo soustavy těles (uvažujeme navíc vztahy mezi jednotlivými prvky soustavy) (Vindušková, 2003).

##### Těžiště

Střed hmotnosti (těžiště) těla je (myšlený) bod, o němž předpokládáme, že je v něm soustředěna hmotnost celého tělesa. Těžiště tělesa nemusí nutně ležet uvnitř tohoto tělesa. Pro lidské tělo platí, že těžiště není pevný bod umístěný

v určité části těla. Jak se mění poloha těla, mění se i umístění těžiště. Ve stoji spojeném s připažením je těžiště člověka přibližně ve výši 2. křížového obratle (to záleží m. j. na somatotypu dané osoby). Při vzpažení se posouvá vzhůru, při upažení jedné paže do strany. Pokud se nakloníme stranou nebo se předkloníme, těžiště se ocitne mimo tělo.

Pojem těžiště je důležitý, protože se k němu vztahují mnohé fyzikální zákony, např. zákon o zachování hybnosti izolované soustavy neboli zákon o zachování pohybu těžiště izolované soustavy. Při hladkých bězích a zejména při bězích přes překážky je důležité, aby celkové těžiště těla měnilo svou výšku co nejméně (Vindušková, 2003).

## **Vrhy a hody**

Vrhy, hody jsou z biomechanického hlediska pokládány za podobné pohyby – jedná se o posuvný pohyb označovaný jako šikmý vrh. Cílem přípravné fáze (před vlastním odvrhem) je, aby těleso (náčiní nebo vlastní tělo) získalo co největší hybnost. Hybnost je vektor a je definovaná jako součin hmotnosti a okamžité rychlosti. Rychlost, s níž sportovec opouští při odraze podložku (resp. náčiní ruku sportovce) nezávisí pouze na velikosti působící síly, ale na působení této síly. Při sportovních disciplínách, kdy cílem je získat co největší hybnost náčiní, se musíme snažit působit silou na náčiní po co nejdelší dráze (co nejdelší dobu), aby byl impuls síly co největší. (Vrábel, 1990)

Lze zapsat :  $\mathbf{F} \cdot \mathbf{t} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{v}$

Kde  $F$  = Síla ,  $t$  = čas ,  $m$  = hmotnost ,  $v$  = okamžitá rychlost

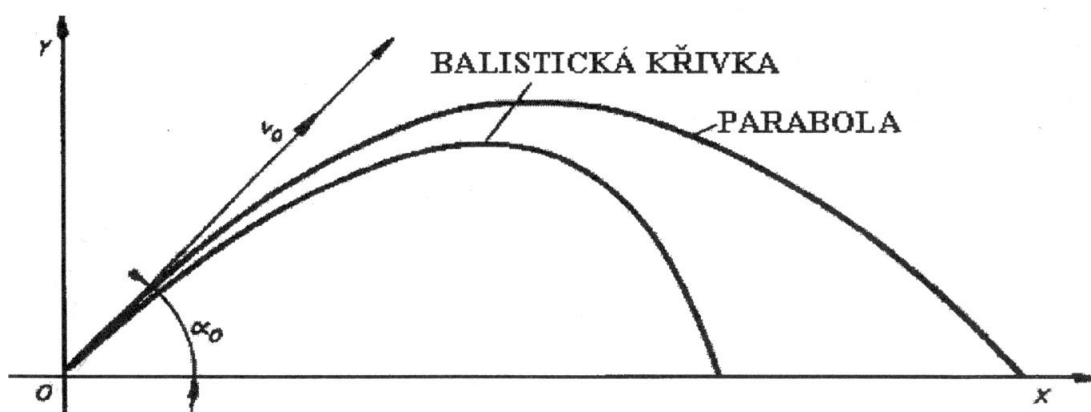
Impuls síly (levá strana rovnice) považujeme za příčinu, hybnost pak za důsledek (Kuchen, 1977).

V okamžiku, kdy těleso (sportovec nebo náčiní) opouští podložku nebo ruku vrhače, je rozhodnuto o dráze, kterou se bude těžiště tělesa nebo soustavy



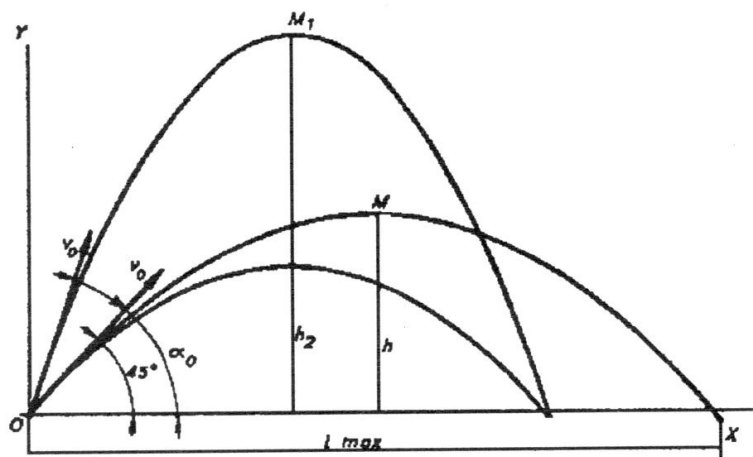
pohybovat. Platí totiž tzv. zákon o zachování hybnosti izolované soustavy, jinak zvaný též zákon o zachování pohybu těžiště. Po odraze, daném určitou svalovou silou a časem, se soustava segmentů zvaná člověk pohybuje určitou hybností, kterou již nemůže vnitřními (svalovými) silami změnit. Po odraze již žádný pohyb sportovce nemůže ovlivnit dráhu letu jeho těžiště. Změny polohy jednotlivých částí těla mohou pouze změnit polohu těžiště těla vzhledem k těmto částem těla, ale těžiště pokračuje v letu po parabolické křivce, která je určena odrazem. Na zem dopadne díky stále působící tíhové síle (Vindušková, 2006).

Na let člověka či náčiní po odrazu (odvrhu) má vliv pouze velikost a směr odvrhové rychlosti, tíhová síla, popř. odporové síly prostředí (hlavně u hodu oštěpem a diskem). Teoretická křivka letu je symetrická (osa symetrie prochází vrcholem paraboly) a nazývá se parabola, uvažujeme-li vliv odporových sil prostředí, mění se na balistickou křivku (obr. 9) (Vindušková, 2003).



**Obr. 9 – Křivky dráhy letu**

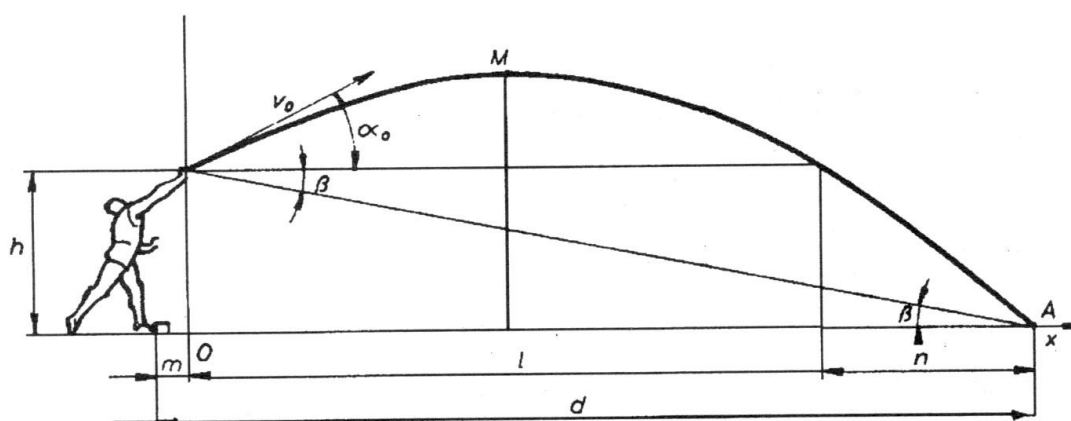
Optimální úhel odvrhu náčiní by byl 45 stupňů, pokud by místo odvrhu bylo stejně vysoko jako místo dopadu. Na obrázku znázorňuji, že úhly výrazněji větší či menší mají za následek kratší délku dopadu (obr. 10) (Vindušková, 2003).



**Obr.10 - Tvar dráhy těžiště (resp. náčiní) při různém úhlu vzletu těžiště**

V atletických disciplínách je nutno vždy brát v úvahu i výšku sportovce) přesněji výšku, z níž náčiní opouští jeho ruku) a fakt, že optimální úhel je tedy menší než 45 stupňů. Pokud zvýšíme místo odvrhu, zvětší se automaticky délka dopadu. Platí následující vztahy (obr. 11):

- optimální úhel odvrhu náčiní se snižuje se vzrůstající výškou, z níž je náčiní vrženo.
- pro hod oštěpem se uvádí jako optimální úhel okolo 30 -35 stupňů.
- se zvyšující se výškou odvrhu se automaticky zvyšuje délka (vodorovná vzdálenost) dopadu náčiní. To znamená, že vrhači vyšší postavy mají automaticky výhodu oproti menším. (Vindušková, 2003)



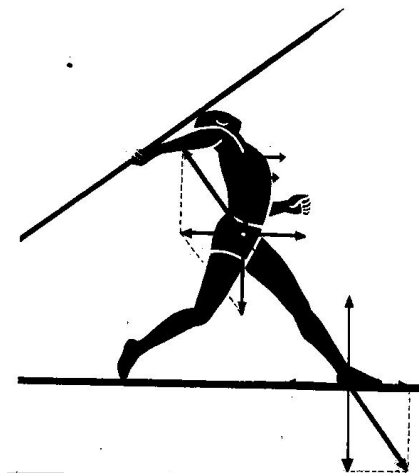
**Obr. 11 - Biomechanické schéma vrhu**

Výkon při všech atletických hodech a vrzích je dán délkou hodu (vrhu). Ta je určena především odhodovou rychlostí, pak úhlem odhodu a výškou, z níž bylo

náčiní vypuštěno. Odhodová rychlost je rozhodujícím činitelem délky hodu, ve vztahu k ostatním veličinám je v dvojmoci, s jejím přírůstkem tedy stoupá délka hodu geometricky. Úhel odhodu závisí na poměru odhodové výšky a délky hodu (Kuchen, 1977).

Svalová síla je vektor působící v pákovém systému lidského těla. Jde o to, aby její výslednice, která je vektorovým, tedy málo efektivním, součtem dílčích sil, působila v rozhodujícím okamžiku (v závěru uzlové fáze) směrem co nejbližším směru pohybu těžiště atleta nebo náčiní, tehdy jde o zrychlující funkci svalstva a je účelné vynaložit síly co nejvíce. V jiných pohybových prvcích aktivních fází je účelné vynakládat jen tolik svalové síly, kolik je k pohybu třeba. Jde o opornou (zadržení těžiště těla nebo náčiní před ztrátou výšky) a převodovou funkci svalstva (převedení kinetické energie rozběhu nebo otočky do směru odrazu nebo odhodu) (Karas, 1990).

Svaly, které jsou na pohybu kinematického řetězce zúčastněny, nepracují současně, ale postupně. Svalové skupiny jednoho článku začínají svou práci dříve, než skupiny článku začínající svou práci dříve, než skupiny článku sousedního a většinou také dříve svou práci končí. Pohyb začíná vždy článek vzdálenější od místa odporu. U pohybu, kde jsou dva odpory (hody a vrhy – země a náčiní), začíná pohyb. Článek nejbližší k těžišti soustavy vrhač – náčiní, a to směrem k odporu většímu (k zemi – tedy odraz). Po posunu těžiště navazuje na pohyb druhá větev kinematického řetězce (odhod). Tato struktura pohybu umožňuje efektivnější sečítání zrychlení jednotlivých článků (obr. 12) (Karas, 1990).



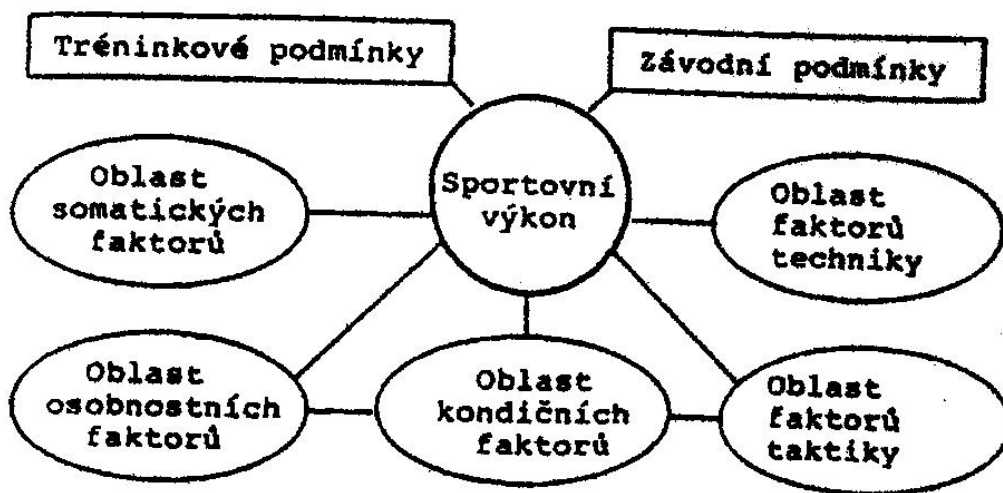
**Obr. 12 – Síly působící na atleta v okamžiku odhodu**

Ekonomičtější je vždy pohyb rovnoměrný než pohyb, jehož rychlost kolísá, nebo jehož směr se mění. Také nabývání rychlosti při konstantním zrychlení je úspornější, než při zrychlování nepravidelném, nárazovém nebo stupňovaném. Jde tu o uplatňování principu setrvačnosti. Víme také, že velikost impulsu síly se zvětšuje se vzrůstem působící síly i s prodloužením jejího působení. Režim svalové práce nedovoluje zvětšovat hodnoty absolutní síly přes individuální mez a ve svalových stazích blížících se maximu pracuje sval s enormním výdejem energie. Často je proto výhodnější působit menší silou po delší čas. Kriteřiem je zachování maximálního zrychlení v konečné fázi odrazu nebo odhodu (Vindušková, 2003).

Rychlost, kterou oštěpař nabyt rozběhem, se sčítá s rychlostí švihu. Ve švihu se uplatňují všechny pohybové složky. Oštěpař nemůže sice beze zbytku využít svých běžeckých možností, přesto dosahuje rychlostí až  $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Oštěp má odhodovou rychlost až  $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Odpor vzduchu se při letu uplatňuje jen málo, protože oštěp má malou čelnou plochu a doutníkový tvar. Byl-li však oštěp špatně vypuštěn, tedy svírá-li jeho podélná osa se směrem pohybu úhel, odpor vzduchu značně vzroste, tím se sníží rychlost pohybu a délka hodu klesne. K tomu vede zejména předčasné nebo pozdní vypuštění oštěpu. Správné „položení“ oštěpu, tj. mírné zvednutí hrotu, má za následek vztlak a „plachtění“ oštěpu podobně jako při hodu diskem (Kovařík, Langer, 1975).

## 1.4 Analýza oštěpaře

Struktura sportovních výkonů jednotlivých vrhačských disciplín je dána víceméně stabilním komplexem faktorů. Představuje jakousi síť vztahů a vazeb mezi podstatnými faktory. Faktory se vzájemně prolínají, spolupůsobí nebo ohraničují. Sportovní výkony ve vrhu a hodech v podstatě determinují stejné podstatné faktory, které jsou obdobným způsobem uspořádány. Makrostrukturu sportovního výkonu formálně znázorňuje obr. 13 (Vindušková, 2003).



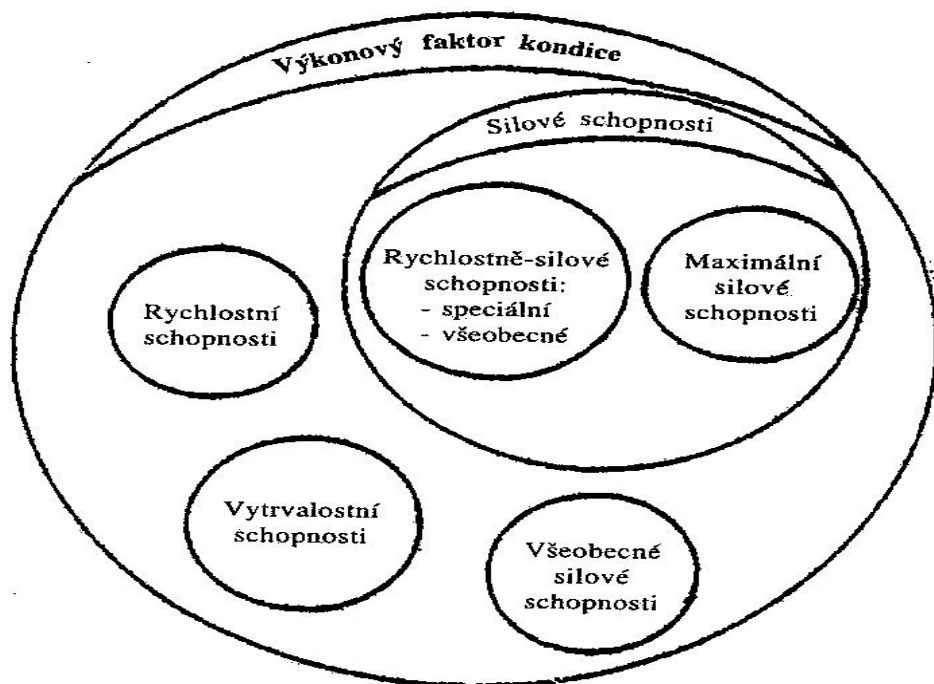
Obr. 13 – Schéma struktury sportovního výkonu (Choutka, Dovalil, 1991)

Vnější faktory charakterizované tréninkovými resp. závodními podmínkami nejsou v rámci analýzy oštěpaře podstatné.

### a) Kondiční faktory

Představují silové schopnosti a jejich diferenciaci, která odpovídá specifickým požadavkům disciplíny viz. obr. 14. Silové schopnosti jsou pro vrhače dominující. Diferencují se na rychlostně silové a maximální. Rozvoj maximálních silových schopností přitom podmiňuje úroveň rozvoje rychlostně silových schopností. Další kondiční faktory vyjádřené rychlostními, vytrvalostními a všeobecně silovými schopnostmi mají rovněž důležitý podíl na sportovním výkonu. Vymezené oblasti faktorů se promítají do úkolů kondiční přípravy vrhačů, která se rozděluje na všeobecnou a speciální. Ve speciální

kondiční přípravě se klade důraz na rozvoj těch vlastností a schopností, které jsou pro danou disciplínu rozhodující. Jsou předpokladem pro rozvoj technických dovedností, jejichž momentální stav vždy závisí na stavu kondičních schopností (Vindušková, 2003).



**Obr. 14 – Výkonový faktor kondice u vrhu a hodů**

U základních kondičních požadavků na oštěpaře podle (Bartůšek, 1968) převažuje požadavek rychlosti. Spojitě s rychlostí musí rozvíjet sílu, výsledkem má být získání dynamické a výbušné síly všech svalů. Křivky rozvoje síly a rychlosti jsou v průběhu roku protichůdné, křivka rychlosti stoupá, křivka rozvoje síly klesá. Obratností získává oštěpař celkovou pružnost, schopnost vést pohyb v maximálním rozsahu a nervosvalovou koordinací. Speciální vytrvalost potřebuje oštěpař pro zvládnutí tréninkové námahy a je podmínkou rychlejšího zdokonalování v technice.

Oštěpař se musí výborně orientovat v prostoru, musí umět koordinovat pohyby a kontrolovat polohu oštěpu a velmi rychle reagovat na každou vnější i vnitřní změnu (Vacula, 1975).

## **b) Faktory techniky**

Obsahují prvky modelu techniky a dominující pohybové schopnosti ze skupiny koordinačních schopností (Vindušková, 2003).

Vzhledem ke struktuře pohybu při hodu oštěpem musíme věnovat technice velkou pozornost. Zdokonalování prvků techniky musí prolínat činností každého tréninkového období. Zdokonalování techniky je základním předpokladem pro zvyšování výkonnosti (Vacula, 1975).

## **c) Somatické faktory**

Jsou chápány jako součásti tělesné stavby, která zahrnuje tělesnou výšku, tělesnou hmotnost a některé další důležité charakteristiky jako např. šířku ramen, rozpětí paží, poměr tělesných pák a segmentů těla (Vindušková, 2003).

Relevantní somatické předpoklady podle Kuchena, 1987:

Tělesná výška (muži 180—190 cm, ženy 165-175 cm),

tělesná hmotnost (muži 80—90 kg, ženy 65-75 kg),

proporce těla: rozpětí paží, šířka ramen, délka dolních končetin.

## **d) Osobnostní faktory**

Představují především schopnosti vrhače mobilizovat všechny funkce organismu bezprostředně před výkonem a při výkonu. Pohybový úkol vyžaduje od vrhače vysokou úroveň rozvoje schopnosti koncentrace, rozvoje senzomotorických schopností a prostorovou orientaci (Vindušková, 2003).

## **e) Faktory taktiky**

Těm je věnována zvláštní pozornost v zaměřovacím tréninku na závod a ve specifickém způsobu rozcvičení před závodem. Do faktorů taktiky spadají schopnosti vrhače přizpůsobit se změnám podmínek soutěže a jejímu průběhu (Vindušková, 2003).

## **2 CÍL, ÚKOLY**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem je vytvořit, popsat a analyzovat 3D model atletické disciplíny – hod oštěpem.

S drtivým nástupem a rozvojem videotechniky a dostupností výpočetní techniky spolu se stříhovými programy je zřejmý i posun ve sportu a využití techniky při tréninkovém procesu. Na FSpS je k dispozici systém SIMI pro 3D modelování pohybu. Pro své přednosti je vybrán k atletickým disciplínám. Na základě měření provedeme individuální popis techniky závodníka širší české špičky a jeho třech tréninkových pokusů (osobní rekord závodníka je přes 71 m) a spolu s trenérkou upozorníme na chyby při provádění hodu oštěpem.

### **2.2 Variantu výzkumu**

Použili jsme případovou studii, kterou charakterizujeme jako rozbor stavu, vývoje a interakcí s prostředím jednoho nebo více jedinců, skupin, komunit a institucí, operačních jednotek, ale i programů, které se pozorují, dokumentují a analyzují, aby se popsaly a vysvětlily jejich stavy a vztahy k interním a externím ovlivňujícím faktorům. Případová studie tedy zahrnuje zaměřené pozorování v přirozených podmínkách, interview, kvalitativní analýzu a narativní styl podávání zprávy (Hendl, 1999). Předmětem navržené případové studie je hodnocení vybraných kinematických parametrů v atletické disciplíně hodu oštěpem.

### **2.3 Úkoly práce**

- Zaznamenat v systému SIMI vybraného závodníka a jeho pokusy v hodu oštěpem
- Provést 3D analýzu videozáznamu
- Analyzovat jednotlivé technické aspekty
- Vyhodnotit sledované parametry a poskytnout závodníkovi a trenérovi zpětnou vazbu



- Vyhodnotit závěry a převést je v doporučení pro teorii a praxi

## 2.4 Použité metody

Zpracování problematiky práce a použité metody plynou z okolností, že člověka považujeme za bytost jedinečnou – bytost bio-psycho-sociální nadanou schopností regulovat sebe i své okolí, učit se určitému řešení pohybového úkolu a jeho výsledek interpretovat ve sportovních činnostech. V práci používáme metody (obecně), jejich techniky a procedury vymezené jako: analýza a syntéza, modelování, pozorování, měření.

- Předmětem modelování jsou vybrané činnosti v atletické disciplíně hodu oštěpem. Modelové řešení činností je východiskem pro nalezení pohybových prostředků
- Rozhodující pro definování modelu je vymezení obsahu příslušných subsystémů technického základu pohybu. Nalezení a zdůvodnění příčinných pohybových aktů a operací, jenž vedou k realizaci konkrétní pohybové činnosti.
- Předmětem analýzy a syntézy byla určena část pohybového obsahu hodu oštěpem. Soustředili jsme se na pohybový obsah. Pro vymezení strukturálně podobných vrhačských dovedností, profilujících pohybových činností a jejich technických základů pohybu jsme použili kinematicko-geometrickou analýzu. Zdrojovým materiálem byl počítačově zpracovaný videozáznam. Videozáznam byl zpracován programem SIMI Motion, který umožňuje 3D analýzu.

### 3 METODIKA SLEDOVÁNÍ

#### 3.1 Charakteristika souboru

V rámci naší analýzy jsme se rozhodli podrobit rozboru techniku brněnského oštěpaře Jana Červenky. Jan se věnuje atletice a vrhům již 14 let.

Poslední 4 roky působí v extraligovém družstvu University Brno a stejně dlouhou dobu je o jeho další výkonnostní rozvoj postaráno ve vrhačské tréninkové skupině zmiňovaného oddílu pod vedením trenérky Mgr. Leony Ondráčkové.

Osobní rekord 25 letého Červenky zapsán roku 2007 je 71,40 m. Jan se již několik sezon tabulkově pohybuje v nejlepší desítce republikových oštěpařů.

Červenkovi somatické parametry nejsou ideální, ale váha 95 kg a výška 183 cm poukazují na rychlostní a výbušný typ oštěpaře.

Jan je výborně fyzicky vybaven, což dokazuje tabulka č. 3, která shrnuje osobní rekordy oštěpaře ve vrhačsky relevantních „disciplínách“.

Při analýze naměřených dat jsme brali v úvahu problémy s meniskem pravé nohy, které Jana trápily v době pořizování videozáznamu.

**Tab. 3 - Vybrané osobní rekordy sledovaného atleta**

<b>„disciplína“</b>	<b>výkon</b>
Hod oštěpem	71,40 m
30 m	3,96 s
Skok z místa	295 cm
Žabák	290 cm
Hod 3kg medicinbalem (autové vhazování)	18,6 m
Hod 3kg medicinbalem z nároku	20,20 m
Vrh koule obouruč přes hlavu	22 m

## **3.2 Metody zjišťování sledovaných ukazatelů**

### **3.2.1 Kinematická analýza**

Pohyb je z fyzikálního hlediska chápán jako změna souřadnic v určitém časovém rozpětí. Tento souřadnicový systém může být nejprve libovolně zvolen a následně upraven.

Jsou zde však dva základní požadavky:

- souřadnicový systém
- časové údaje

### **3.2.2 Zpracování obrazu biomechanické 3D analýzy**

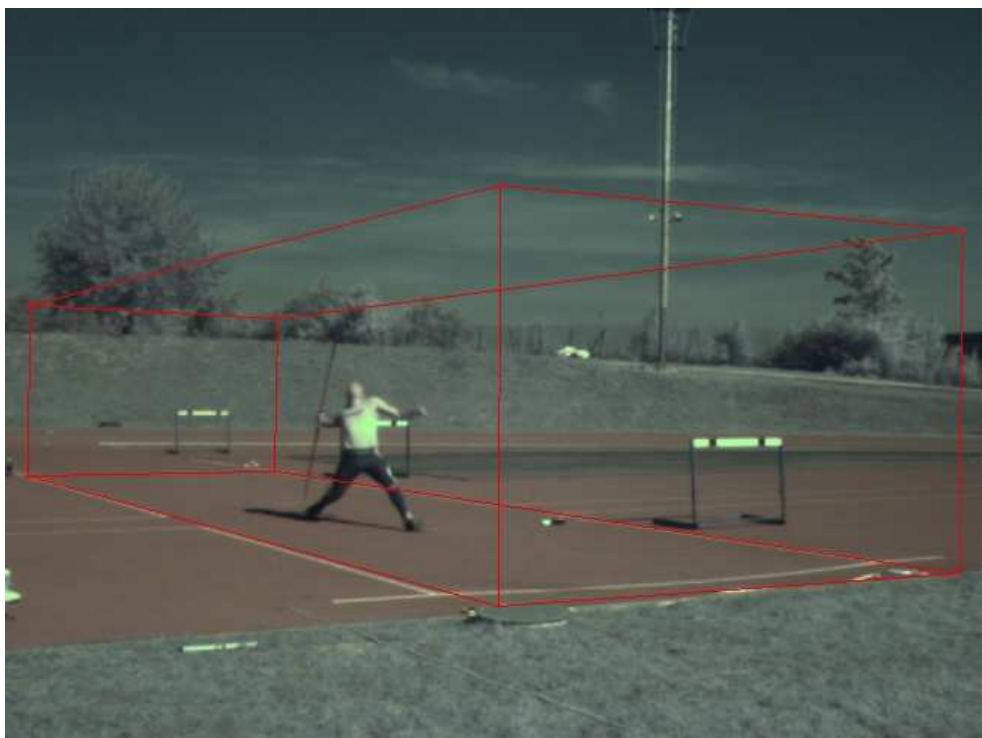
Ve srovnání s většinou ostatních metod měření má analýza obrazu tu výhodu, že nemá přímý negativní dopad. To znamená, že stanovení kvantitativních rozměrů prostřednictvím měřicího systému nemá žádný dopad na chování měřeného objektu, protože samotné měření není prováděno na konkrétním objektu, ale na jeho obrazu.

Při použití nejjednodušší měřicí techniky představuje tento fakt jednu nevýhodu: trojrozměrný objekt je zobrazen ve dvou dimenzích. Tato nevýhoda je akceptovatelná, jestliže máme zájem pouze o dvě dimenze (2D analýza), např. pro určení nejvyššího místa ve skoku, rozběhové rychlosti při skoku dalekém nebo odrazového úhlu. Při nahrávání těchto pohybů je důležité, aby byly kompletně popsány v jedné rovině. Abychom se vyhnuli chybám plynoucím z toho, že se určité části těla pohybují mimo rovinu pohybu, kamera by měla být umístěna dostatečně daleko od této roviny. Fyzikální rozměry zaznamenané tímto měřením jsou v první řadě kinematografickými rozměry (vzdálenost, čas, rychlost, zrychlení, úhly) (Sebera, 2006).

### 3.2.3 Souřadnicový systém

Slouží ke stanovení vztahu mezi aktuálními (reálnými) řádkovými hodnotami, přičemž záběr je vyhodnocen později. Pojem souřadnicový systém se stejně jako pojem kalibrační systém běžně vyskytuje v literatuře pojednávající o zpracování obrazu. Tyto dva pojmy spolu souvisejí. Kalibrační systém vymezuje prostor (ve tří-dimenzionální analýze) nebo plochu (ve dvoudimenzionální analýze), kde se odehrává pohyb. Souřadnicový systém je matematický prostředek, pomocí něhož je možné vypočítat skutečné prostorové rozměry.

Pro osobu provádějící měření není vztah mezi kalibračním a souřadnicovým systémem důležitý. Tento vztah je pevně stanoven softwarem, který zpracovává prvotní data. Jako kalibrační systém lze použít dvě měřicí tyče známé délky, které jsou navzájem kolmé a dobře viditelné na záběru. Měly by samozřejmě být na místě (nebo přinejmenším v bezprostřední blízkosti místa), kde se daná akce odehrává. Je dostačující, pokud je kalibrační systém viditelný pouze na jednom obrázku, jestliže je zajištěno, že po nastavení kamery (ohnisková vzdálenost, pozice, zaostření, ohnisková rovina) už toto nebude změněno (obr. 15).



## **Obr. 15 – Kalibrační kvádr –definuje souřadnicový systém 3D videozáznamu**

### **3.2.4 Časové údaje**

Sdělují nám detaily o tom, kdy byl záběr pořízen. Tato informace může být uvedena buď jako absolutní hodnota (např. 3. ledna 2007 ve 4:27, 12 sekund a 312 milisekund) nebo jako relativní hodnota (0,01 s po předchozím záběru). Pro většinu otázek týkajících se kinematické analýzy je důležitější relativní časová hodnota. Je to dáno frekvencí snímků použitého nahrávacího systému. Pro běžné videonahrávání se jedná o 25 kompletních snímků za sekundu nebo 50 políček za sekundu (PAL) nebo 30/60 (NTSC). Pro nahrávání pohybu je možné použít vysokorychlostní kameru s frekvencí až 500 snímků za sekundu. Systém SIMI Motion nabízený Fakultou sportovních studií MU umožňuje snímání pohybu frekvencí až 500 snímků / s-

### **3.2.5 Dvou- a třírozměrné nahrávky**

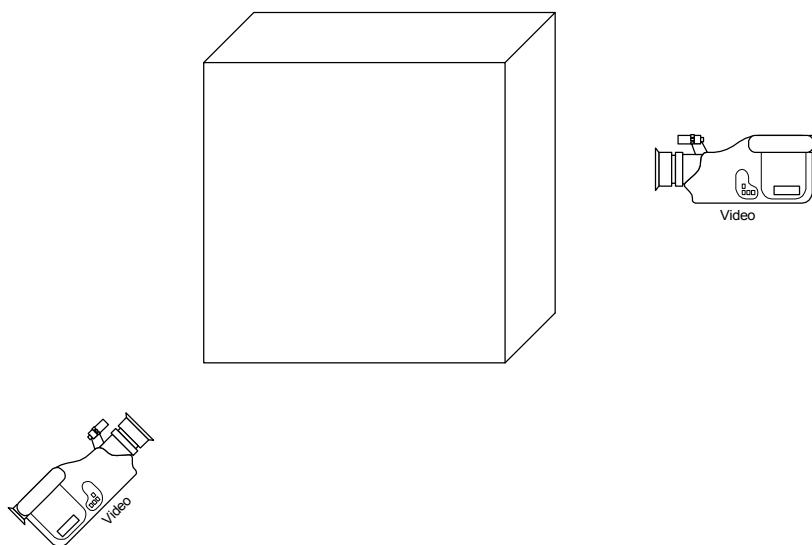
Jestliže je pohyb nahráván pouze jednou kamerou, může být uspokojivých výsledků dosaženo pouze ve dvourozměrné rovině. Úsilí spojené se získáním třírozměrných výsledků je značné a musí být splněny jisté předpoklady, což může vést k podstatnějším nepřesnostem.

K řešení problémů ve 2D je nutné následující vybavení:

- jedna kamera
- kalibrační systém, který se skládá ze dvou měřicích tyčí známé délky, které jsou vzájemně v pravém úhlu

K řešení problémů ve 3D je nutné následující vybavení:

- nejméně dvě kamery, jejichž optické osy by měly být v úhlu mezi 60 a 120 stupni (obr. 16)
- tyto dvě kamery by měly být schopny současného snímání záběrů
- kalibrační systém, který je tvořen prostorovým 3D objektem (kvádr, jehlan, krychle atd.). Pozice rohů tohoto 3D objektu musí být známá



**Obr. 16 – Schéma rozmístění dvou kamer pro zachycení obrazu v 3D síti**

### **3.2.6 Problémy související s analýzou obrazu**

Poté co byl pohyb nahrán, můžeme záběr analyzovat. Abychom analýzu mohli provést, musí být určeny body na těle a nebo body, které jsou určitým způsobem důležité pro vykonání pohybu. Použitými body na těle jsou většinou průsečíky kloubních os nebo jejich středy. Při tomto určování můžeme narazit na tři hlavní zdroje chyb:

- osy kloubů nemohou být jasně definovány
- průsečíky os nelze na záběru jasně rozlišit
- průsečíky jsou skryty za ostatními částmi těla a na záběru nejsou viditelné

### **Řešení**

- tuto chybu může minimalizovat pouze precizní znalost anatomie
- průsečíky lze označit jasně kontrastní barvou
- střed kloubů musí být interpolován, popřípadě odhadnut

### 3.2.7 Chyby a tolerance chyb

Při analýze rozeznáváme tyto chyby a nedostatky:

- chyby v určování časového rozpětí mezi jednotlivými snímky záznamu
- chyby v určování pozice měřených bodů
- kumulativní chyby, které nastanou, když k výpočtům použijeme nesprávné hodnoty, např. rychlost = vzdálenost / čas, přičemž naměřené hodnoty vzdálenosti i času jsou nepřesné.

Rozsah těchto chyb může být vyjádřen jako matematická funkce citlivosti použitého filmu, přesnosti snímací metody, přesnosti určení ohniskových bodů při měření, chyb vzniklých při zaznamenávání času atd. Různorodost těchto faktorů ukazuje, jak komplikované mohou výpočty být.

V praxi je dostačující, že tolerance chyb jsou zjištěny s odvoláním na známé vnější hodnoty. Jestliže je například známá hodnota vzdálenosti mezi vrchním hlezenním kloubem a kolenním kloubem, potom musíme dospět ke stejné hodnotě i po sejmutí obrazu a provedení výpočtů.

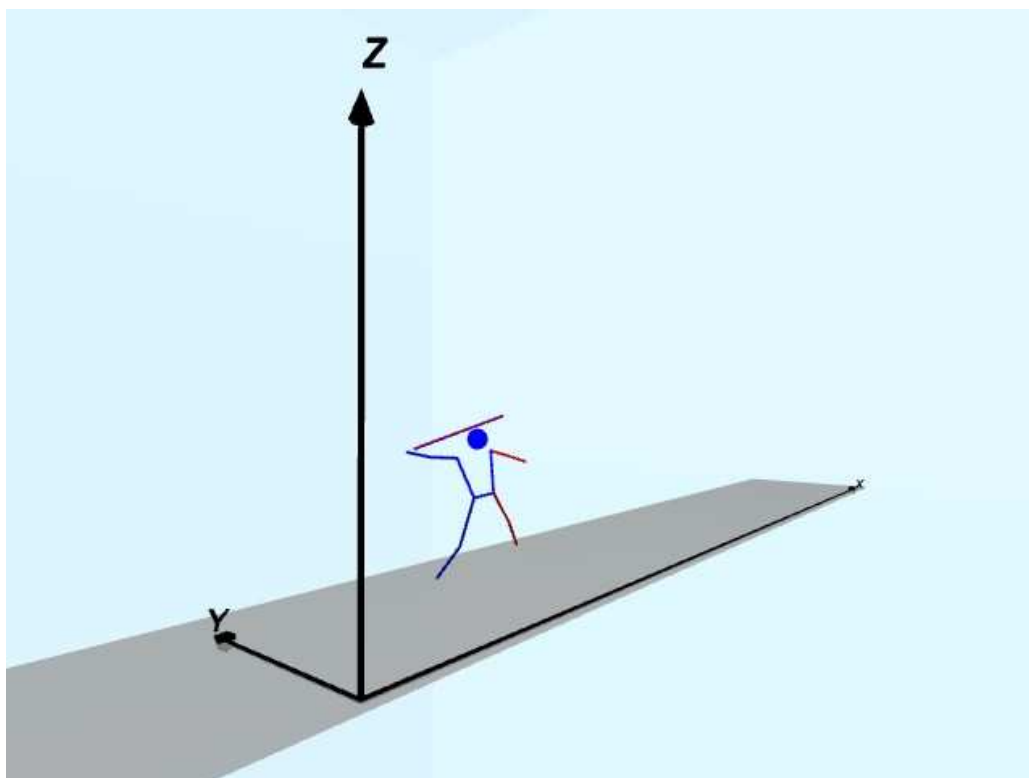
### 3.2.8 Zobrazení dat

Sledovat lze jednotlivý bod, spojnice bodů a těžiště. Je možné zvýraznit tyto spojnice a sledovat je během pohybu. Například spojnice mezi kyčlí a kolenem může být v průběhu určité fáze pohybu vyobrazena v jiné barvě. Existují různé typy těžiště pro různé pohybové sekvence. Pro každý model je požadován určitý počet bodů. To znamená, že body specifikace musí být nejprve přiřazeny k bodům daného modelu.

Určování těžiště je matematickým odhadem a je založeno na zkušenostech a naměřených hodnotách. Přesné parametry pro výpočet těžiště jsou pro každého člověka rozdílné, takže s použitím jednoho modelu pro různé typy lidí

(muži/ženy, dospělí/děti, sprinteři/vytrvalci) by se mělo zacházet opatrně. Je možné chybu minimalizovat pomocí softwarového doplňku, umožňuje získání parametrů určité osoby na základě individuálních měření (váha, výška, velikost hrudního koše, šíře zad, délka nohy atd.). Při našich analýzách jsme při sledování změn těžiště atleta vždy uvažovali tzv. Gübitzův model pro výpočet těžiště. Tento model pracuje pozicí s následujícími částmi atletova těla – kotníky, kolena, kyčle, ramena, lokte, dlaně a pozicí hlavy.

Následné zobrazení modelovaných dat v libovolné ose  $x$ ,  $y$ ,  $z$  třírozměrného prostoru spolu se sledováním jednotlivých charakteristik – vzdálenosti, rychlosti, zrychlení, úhly se sledováním vlastního provedení sportovního výkonu trenérovi dává do rukou velmi účinný nástroj na posouzení individuální technické vyspělosti atleta (obr. 17).



**Obr. 17 – Ilustrace zobrazení modelu atleta v 3D prostoru charakterizovaném osami  $x$  - horizontální směr,  $y$  - boční,  $z$  - vertikální.**



### 3.2.9 Použití

#### Identifikace bodů

3D biomechanickou analýzu lze provést v reálném závodě i na tréninku. Pro lepší identifikaci tzv. bifurkačních bodů jsou atletovi připevněny na vybrané části těla reflexní body, které budou sloužit jednak pro snazší rozpoznání pohybu jednotlivých segmentů z videozáznamu, jednak pro výpočet těžiště. Gubitzův model výpočtu těžiště vyžaduje informace o těchto bodech: hlava, levé a pravé rameno, levý a pravý loket, levé a pravé zápěstí, levý a pravý kyčel, levé a pravé koleno, levý a pravý kotník (obr.18). V závodě není možné na atleta připevnit žádné reflexní body, vyhodnocení je posléze pracnější, není možné využít automatického trackování a automatického rozpoznání pomocí specializovaného softwaru (manuál SIMI Motion).



**Obr. 18 – Reflexní body umístěné na hlavních kloubech atleta a zobrazené trackovacím systémem softwaru SIMI Motion**

## **Vyhodnocení**

Provádíme s trenérem, k dispozici máme velké množství informací:

- délkové, úhlové, časové a rychlostní charakteristiky jednotlivých segmentů těla, resp. těžiště
- jsme schopni sledovat úhly a postavení jednotlivých segmentů před, při a po odhodu, úhly vzletu a položení náčiní, postavení a vzájemnou polohu segmentů
- dráhu těžiště, resp. jednotlivých segmentů v průběhu celého hodu
- poklesy rychlosti před během zaujímání odhodového postavení
- dráhy, rychlosti a zrychlení v jednotlivých osách X, Y a Z

## **Výsledek analýzy**

- 3D model pohybu s možností náhledů a podhledů z jakékoliv perspektivy
- individuální biomechanická charakteristika vrhače
- možnost srovnání konkrétního analyzovaného oštěpaře s absolutní světovou špičkou, hledání jeho silných a slabých stránek
- možnost duálního porovnání parametrů výkonu, např. v přípravném a závodním období
- hledání výrazných odchylek od ideálního technického provedení
- kinogram (Manuál SIMI Motion).

## 4 ZÍSKANÉ VÝSLEDKY A JEJICH INTERPRETACE

Při sledování nezávisle proměnných aspektů vrhačského výkonu jsme se zaměřili na objektivně měřitelné parametry, jejichž hodnoty jsou k dispozici také u špičkových světových oštěpařů. Při porovnávání těchto proměnných jsme tak nebyli omezeni pouze hodnotami výsledovanými v rámci našeho měření, ale mohli jsme je okamžitě analyzovat i ve vztahu k nejlepším světovým výkonům.

Pro začátek si uvedeme seznam parametrů výkonu, které jsme sledovali v rámci třech pokusů hodu oštěpem u oštěpaře Jana Červenky (tab. č. 4):

délka měřeného hodu, trvání přípravné fáze, trvání odhodové fáze, úhel v lokti odhodové ruky v momentu ukončení impulsního kroku, úhel v lokti odhodové ruky v momentu zaujetí dvouoporového postavení, úhel v lokti odhodové ruky momentu odhodu, úhel v koleni levé nohy v momentu zaujetí dvouoporového postavení - tzn. po dokroku levé nohy, maximální hodnota flexe v koleni levé nohy od zaujetí dvouoporového postavení do momentu odhodu, úhel v koleni levé nohy v momentu odhodu, odhodová rychlost, výška odhodu, odhodový úhel, úhel vzletu oštěpu, položení oštěpu, akcelerační dráha v momentu ukončení impulsního kroku, akcelerační dráha v momentu zaujetí dvouoporového postavení, náběhová rychlost, výška těžiště při zaujetí dvouoporového postavení, výška těžiště v momentu odhodu, délka posledního kroku, míra ukročení při zaujetí dvouoporového postavení, vzdálenost od břevna při zaujetí dvouoporového postavení, absolutní posun těžiště od ukončení impulsního kroku po zaujetí dvouoporového postavení (akcelerační dráha)

Pro větší přehlednost jsme se rozhodli získané výsledky interpretovat v rámci tématických odstavců, které vždy měřený parametr výkonu zhodnotí v rámci vztahu k ideálnímu provedení, v rámci třech různých pokusů Jana Červenky a také ve vztahu k pojetí špičkových oštěpařů. Vyhodnotíme slabiny a přednosti Janovi techniky. V závěrečném shrnutí se pokusíme odhalit příčiny nedostatků a najít možnosti jejich eliminace.

**Tab. 4 - Tabulka sledovaných parametrů**

č.	nezávislé proměnné	formulace	jedn.	DOP	P1	P2	P3	ods.č.
1	délka měřeného hodu		m	max	58,6	56,4	52,1	
2	trvání přípravné fáze (t1 - t2)	<i>čas od dopadu pravé do zaujetí dvouoporového postavení</i>	s	min	0,28	0,29	0,27	a
3	trvání odhodové fáze (t2 - t3)	<i>čas od zaujetí dvouoporového postavení po okamžik odhodu</i>	s	min	0,11	0,09	0,12	
4	úhel v lokti odhodové ruky v momentu dokroku pravé nohy - ukončení impulsního kroku (L.u - t1)	<i>úhel tvořen třemi body: zápěstí/loket/rameno</i>	°	max	159,4	171	152	d
5	úhel v lokti odhodové ruky v momentu zaujetí dvouoporového postavení - tzn. po dokroku levé nohy (L.u - t2)	<i>úhel tvořen třemi body: zápěstí/loket/rameno</i>	°	max	134	112	148	
6	úhel v lokti odhodové ruky momentu odhodu (L.u - t3)	<i>úhel tvořen třemi body: zápěstí/loket/rameno</i>	°		130	144	125	
7	úhel v kolenní levé nohy v momentu zaujetí dvouoporového postavení - tzn. po dokroku levé nohy (K.u - t2)	<i>úhel tvořen třemi body: kotník/koleno/kyčel</i>	°	max	168,5	148	143	c
8	maximální hodnota flexe v kolenní levé nohy od zaujetí dvouoporového postavení - tzn. po dokroku levé nohy do momentu odhodu (K.u max flex - t2-t3)	<i>úhel tvořen třemi body: kotník/koleno/kyčel</i>	°	min	121,1	128	107	
9	úhel v kolenní levé nohy v momentu odhodu (K.u - t3)	<i>úhel tvořen třemi body: kotník/koleno/kyčel</i>	°	max	121,1	131	108	
10	odhodová rychlost (v.o. - t3)	<i>rychlost náčiní v momentu odhodu</i>	m/s	max	27,7	33,2	29,7	b
11	výška odhodu	<i>vzdálenost odhodového zápěstí od roviny xy</i>	m		2,2	2,46	2,3	
12	odhodový úhel	<i>tvořen dvěma body a rovinou: 1/2 oštěpu t3/1/2 oštěpu t4/rovina xy</i>	°	32-42	33,9	31	32,5	
13	úhel vzletu oštěpu	<i>tvořen dvěma body a rovinou: hrot oštěpu/ 1/2 oštěpu/rovina xy</i>	°	32-42	43,2	42,6	44,4	
14	položení oštěpu	<i>13-12</i>	°	0	9,3	11,6	11,9	

15	akcelerační dráha v momentu dopadu pravé nohy (akc. dr. - t1)	<i>vzdálenost úchopu oštěpu od pravého boku na ose x</i>	m	max	1,14	1,1	1,14	e
16	akcelerační dráha v momentu zaujetí 2opo postavení (akc. dr. - t2)	<i>vzdálenost úchopu oštěpu od pravého boku na ose x</i>	m	max	0,89	0,89	1,17	
17	náběhová rychlost	<i>max. rychlost těžiště na ose x</i>	m/s	max	9,1	8,96	8,7	f
18	výška těžiště při zaujetí dvouoporového postavení (Tz - t2)	<i>vzdálenost těžiště od podložky na ose z</i>	m	min	1,05	1,04	1,08	
19	výška těžiště v momentu odhodu (Tz - t3)	<i>vzdálenost těžiště od podložky na ose z</i>	m	max	1,05	1,07	1,08	
20	délka posledního kroku	<i>vzdálenost pravého a levého kotníku při zaujetí 2opor. postavení</i>	m		1,6	1,43	1,6	
21	míra ukročení při zaujetí 2 opor postavení	<i>vzdálenost pravého a levého kotníku při zaujetí 2opor. postavení na ose y</i>	m		0,41	0,31	0,38	
22	vzdálenost od břevna při zaujetí 2 opor postavení		m	2 - 2,5	4,8	5,1	5,3	
23	absolutní posun těžiště od dopadu pravé po zaujetí 2 opor postavení (akcelerační dráha) (Tx - t1-t2)	<i>délka dráhy těžiště v daném čase na ose x</i>	m	max	10,57 - 12,74 =2,17	2,2	2	

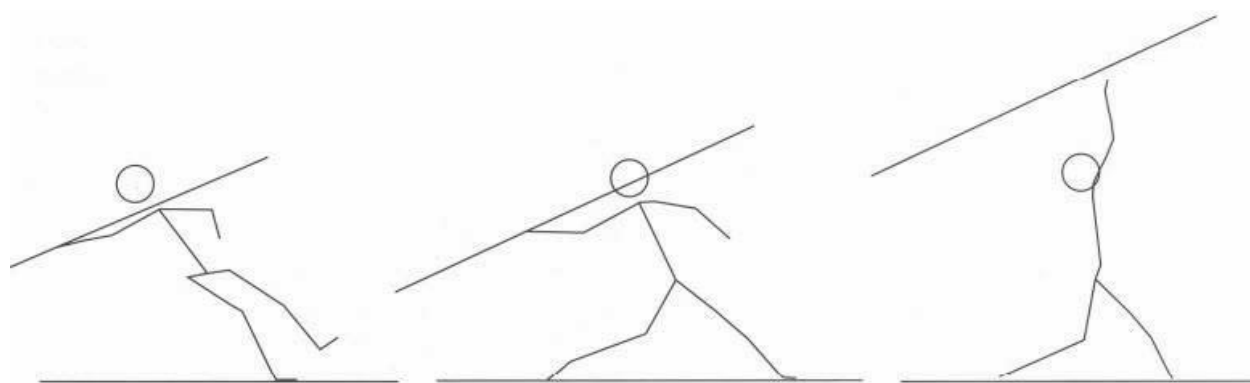
### Legenda:

DOP	- doporučená hodnota
P1,2,3	- pokus číslo 1,2,3
ods.	- odstavec, kde jsou dané proměnné analyzovány
t1	- okamžik došlapu pravé nohy na podložku – začátek přípravné fáze pro pravoruké oštěpaře (jednooporové postavení)
t2	- okamžik došlapu levé (oporné) nohy na podložku – zaujetí dvouoporového postavení
t3	- okamžik odhodu
L.u	- úhel v lokti (pravém)
K.u	- úhel v koleni (levém)
K.u max flex	- maximální hodnota flexe v koleni
Tx	- posun těžiště
Tz	- výška těžiště
x, y, z	- viz. obr. 17

Vlastní biomechanickou analýzu Janovy techniky jsme zaměřili především na přípravnou a odhodovou fázi hodu. Právě tyto fáze jsou nejdůležitější ve vztahu ke konečnému výkonu a umožňují nám tak nejlépe porovnávat jeho technické provedení se styly špičkových atletů.

Jako hlavní časové body jsme stanovili následující (obr. 19):

- **t1** – došlap pravé nohy – ukončení impulsního kroku a zaujetí jednooporového postavení pro pravoruké oštěpaře; začátek přípravné fáze
- **t2** – došlap levé nohy – zaujetí dvouoporového postavení pro pravoruké oštěpaře; začátek odhodové fáze
- **t3** – oštěp je vypuštěn – okamžik odhodu



**Obr. 19 – Časové body t1, t2 a t3**

#### **a) Délka trvání přípravné a odhodové fáze**

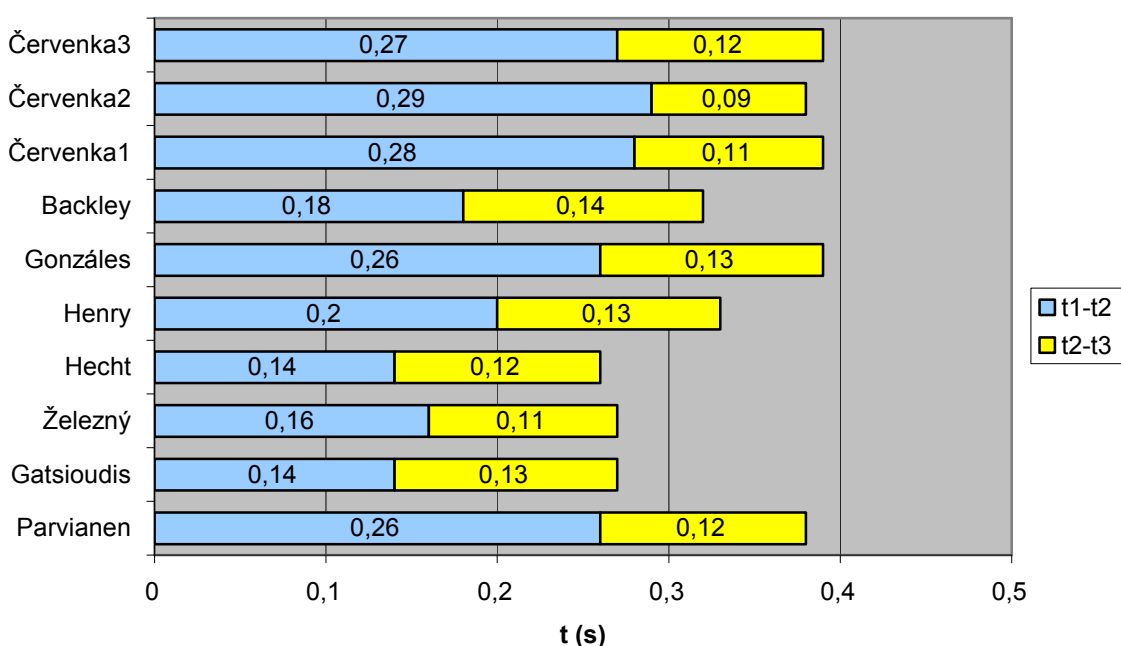
Tyto parametry přímo vychází z časových bodů t1, t2 a t3 zmíněných výše

- Přípravná fáze: doba mezi t1 a t2
- Odhodová fáze: doba mezi t2 a t3

Největší rozdíly můžeme zaznamenat při porovnávání délky trvání přípravné fáze, která vyjadřuje rychlost zaujetí dvouoporového postavení. Podle (Kněnický, 1977), levá noha po ukončeném odrazu do přeskočce se co nejrychleji přemísťuje nízko nad zemí do opory. Časový interval mezi dokrokem pravé nohy

a zapřením levé nohy o zem musí být co nejmenší a ve značné míře rozhoduje o kvalitě finální fáze hodu.

Všechny pokusy Červenky se vyznačují dlouhou dobou zaujetí dvouoporového postavení 0,27 s - 0,29 s, oštěpař tak ztrácí horizontální rychlost a je tak negativně ovlivněn výsledný výkon. Rychlost provedení odhodové fáze je však na velmi vysoké úrovni 0,9s - 0,11 s, což však může být důsledkem krátké dráhy, po kterou v odhodové fázi na oštěp působí.



**Graf 1 - Čas přípravné (t1-t2) a odhodové fáze (t2-t3)**

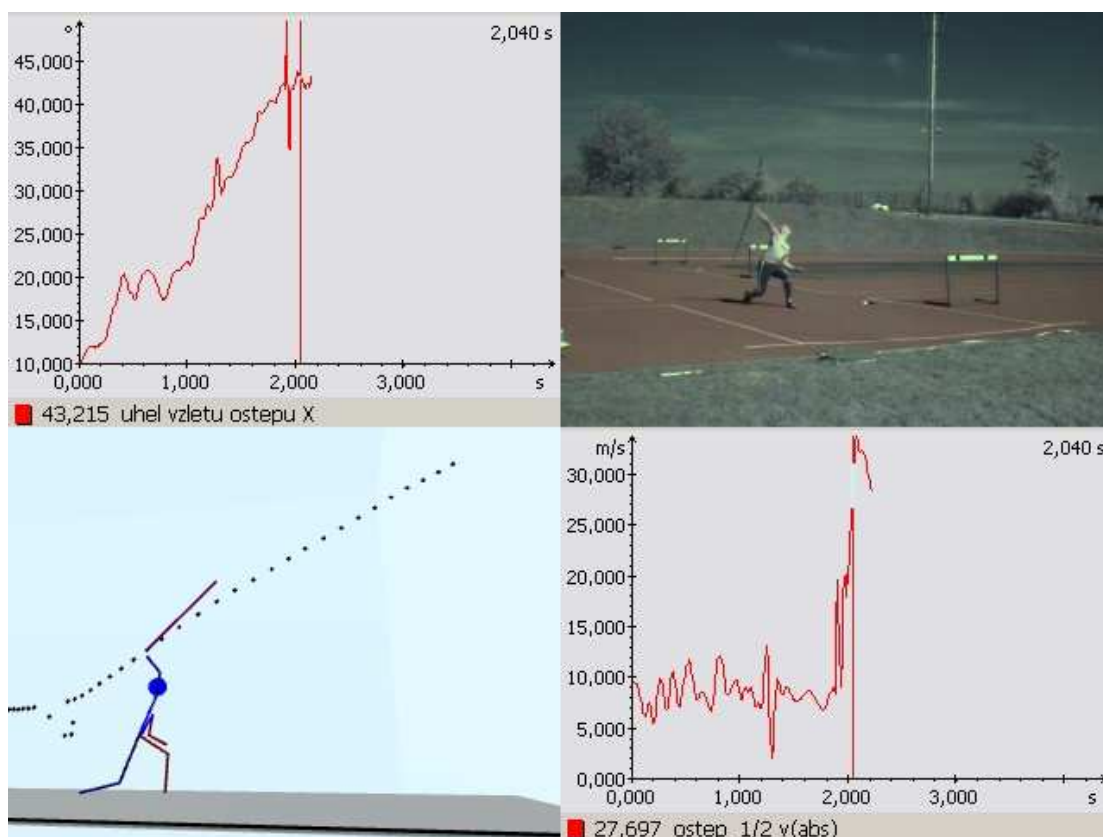
- rychlost zaujetí dvouoporového postavení
- + rychlost provedení odhodu

#### **b) Parametry odhodu (výška odhodu, odhodový úhel a položení oštěpu)**

Výška odhodu je jedním z parametrů, který ovlivňuje výslednou letovou dráhu oštěpu. Je závislá na výšce oštěpaře, boční stabilizaci trupu a úhlu v kolenní přední oporové nohy v momentu odhodu. Oštěpaři by se měli snažit odhazovat oštěp co možná nejvýš, ovšem vždy musí udržovat kontakt s podložkou [ 38 ].

Výška odhodů u Červenky dosahovala v porovnání se světovými oštěpaři extrémních hodnot 2,20 m – 2,46 m. Při třetím pokusu (2,30 m) je příčinou pravděpodobně nezvládnutá předodhodová fáze, kdy se v momentu vypuštění dostává takřka do jedooporového postavení, při absenci opory na zadní pravé noze. To v kombinaci s úhlem v lokti odhodové paže (viz. odstavec d) a ztrátou stability, která zapříčinila vychýlení na levý bok umožnilo vypustit oštěp v relativně velké výšce.

Podle (Vindušková, 2003), pokud zvýšíme místo odvrhu, zvětší se automaticky délka dopadu. Se zvyšující se výškou odvrhu se automaticky zvyšuje délka (vodorovná vzdálenost) dopadu náčiní. To znamená, že vrhači vyšší postavy mají automaticky výhodu oproti menším.



**Obr. 20 - <^ - graf úhlu vzletu; >^ - snímek kamery 1; <v – schéma vzletu  
oštěpu a dráhy odhodu; >v – graf odhodové rychlosti**



Dalšími parametry ovlivňujícími vzdálenost hodu jsou odhodový úhel, úhel vzletu oštěpu a konečně položení oštěpu, které závisí na předchozích dvou proměnných. Odhodový úhel je dán vektorem rychlosti a horizontální rovinou a položení oštěpu tak znamená rozdíl mezi úhlem odhodu a úhlem vzletu oštěpu.

Podle (Kněnický, 1977) pro maximální délku šikmého hodu nám fyzikální zákony určují jako nejpříznivější úhel  $45^\circ$ , odhodový úhel oštěpu je však vždy, jak je potvrzeno skutečností, pod  $42^\circ$ . Zmenšení odhodového úhlu se tedy vyplatí, je však možné jen do určité hranice. Příliš malý úhel způsobuje stržení oštěpu a plochou dráhu jeho letu. Při větším než optimálním úhlu letí oštěp do zbytečné výšky, jeho dráha je strmá. Oba hody jsou ne hospodárné, výkon neodpovídá vynaloženému úsilí.

Teoretické odhodové úhly by se měly pohybovat mezi  $32^\circ$  -  $37^\circ$  a úhel položení by neměl přesáhnout  $+8^\circ$ . Červenka při svém nejdelším pokusu odhazoval pod úhlem  $33,9^\circ$  což se pozitivně promítlo do výkonu, ovšem úhel položení  $+9,3^\circ$  již naznačuje přílišné podržení oštěpu. Další pokusy se vyznačují příliš nízkým odhodovým úhlem, při druhém pokusu dokonce  $31^\circ$ . Třetí pokus vykazuje úhel položení až  $+11,9^\circ$ , což je příčinou velmi neefektivní letové dráhy a velkého odporu prostředí působícího na plochu oštěpu [ 38 ].

**Tab. 5 – Odhodové parametry**

Atlet	Výkon	Rychlost Odhodu	Výška Odhodu	Úhel Vzletu	Odhodový Úhel	Položení Oštěpu
	(m)	(m/s)	(m)	(°)	(°)	(°)
Parvianen	89,52	29,7	2,14	35,7	36,6	-0,9
Gatsioudis	89,18	29,6	1,90	37,5	31,6	5,9
Železný	87,67	29,2	1,80	36,9	31,1	5,8
Hecht	85,24	28,5	2,09	41,7	40,1	1,6
Henry	85,43	28,1	1,99	25,3	32,1	-6,8
Gonzáles	84,32	29,4	1,83	36,5	27,7	8,8
Backley	83,84	28,5	2,08	40,8	35,3	5,5
Červenka1	58,60	27,7	2,20	43,2	33,9	9,3
Červenka2	56,40	33,2	2,46	42,6	31,0	11,6
Červenka3	52,10	29,7	2,30	44,4	32,5	11,9

Nejzávažnější činitel, který má vliv na délku hodu, je odhodová rychlost. Každá změna této rychlosti má pro výkon daleko větší význam než procentuálně stejná změna úhlu (Kněnický, 1977).

Horizontální složka odhodové rychlosti má ve vztahu k výsledné délce hodu nejvyšší korelační součinitel ze všech měřených parametrů. Podle (Kravcev, 1974 in Šimon, 2004) až  $r = 0,871$ .

Červenka dosahuje špičkových hodnot odhodové rychlosti – při druhém pokusu dokonce 33,2 m/s, ovšem vzhledem k jeho pojetí přílišného strhávání oštěpu lze vyvozovat, že převážná část výsledné rychlosti je tvořena složkou vertikální. Celkové srovnání odhodových parametrů můžete vidět v tabulce č. 5 a ilustrační záběry vyhodnocování jednotlivých proměnných (konkrétně nejdelší pokus – 58,60 m, čas  $t_3$ ) na obrázku 20.

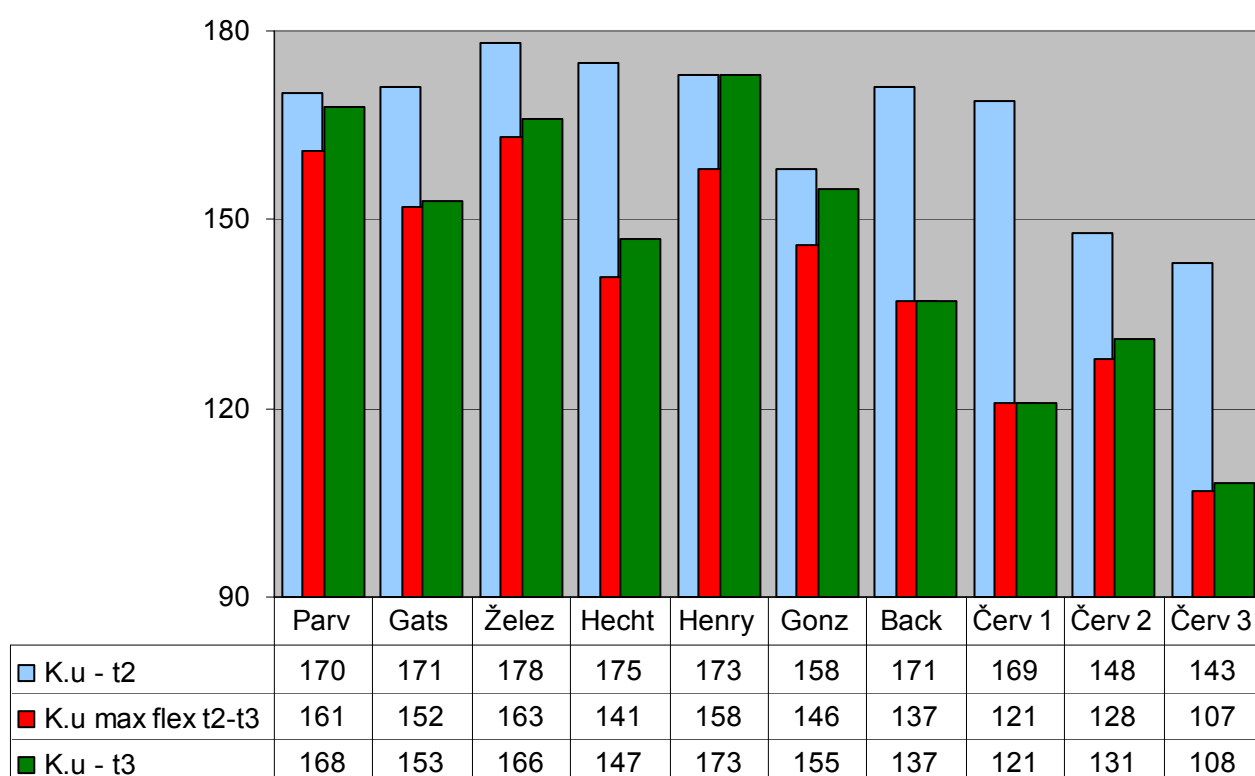
- přílišné položení oštěpu resp. úhel vzletu, vysoký podíl vertikální rychlosti při odhodu
- + výška odhodu, rychlost odhodu

### c) Úhel v kolenní levé oporné (brzdící) nohy

Brzdící a oporná funkce levé nohy při zaujetí dvouopornového postavení a samotné fázi odhodu je nezbytná pro dosažení maximální odhodové rychlosti. Umožňuje efektivní přenesení horizontální rychlosti nabyté atletem v rozběhu do rychlosti kinetické působící na oštěp. Schopnost realizovat tento transfer je dobře patrná právě na úhlu oštěpařova brzdícího kolene. Právě tato akce se zdá být rozhodující složkou výkonu vzhledem k faktu, že 60 % kinetické energie oštěpu je generováno v posledních 50 ms před odhodem [ 38 ].

Koleno levé nohy je mírně pokrčeno v okamžiku, kdy koleno pravé nohy přešlo do polohy souhlasné s rovinou hodu. Zapřením levé nohy je zajištěna fixace levé strany oštěpařova těla (Kněnický, 1977).

Teoretická východiska efektivity hodu vycházejí z principu zachování maximální extenze v kolením kloubu levé oporné nohy, který by měl svírat úhel v rozmezí 160°-180°, přičemž maximálních hodnot extenze je třeba dosáhnout v okamžiku odhodu. Levá noha tak funguje jako jakási páka. Graf č. 2 poukazuje na úhel v koleni levé nohy v čase t2, při maximální flexi během odhodové fáze a v čase t3.



**Graf 2 - Úhel v koleni levé nohy v čase t2, při maximální flexi a čase t3**

Červenka má v této složce výkonu velké nedostatky. Přes 160° extenze se dostal pouze při svém nejdelším pokusu a to jen v momentu zaujetí dvouoporového postavení (169°). Ostatní hodnoty jsou velmi tristní, především fakt, že největší míra flexe v kolením kloubu je prakticky vždy shodná s hodnotou flexe v momentě odhodu. Tento fakt poukazuje na velmi špatný přenos energie

atleta do oštěpu. Při nejkratším pokusu dosáhla flexe v koleni při odhodu dokonce  $108^\circ$ , což oštěpaři v podstatě nedovoluje zapojit opornou nohu do pákové systému energetického transferu. Nikdo ze světové špičky nemá hodnotu maximální flexe shodnou s flexí v momentu odhodu. Výjimkou je Backley, ovšem i ten je schopný hod realizovat s extenzí větší řádově o  $10^\circ$  než Červenka. Osobně se domnívám, že tento faktor je největší slabinou Janovy výkonnosti.

- prakticky celá práce oporné nohy

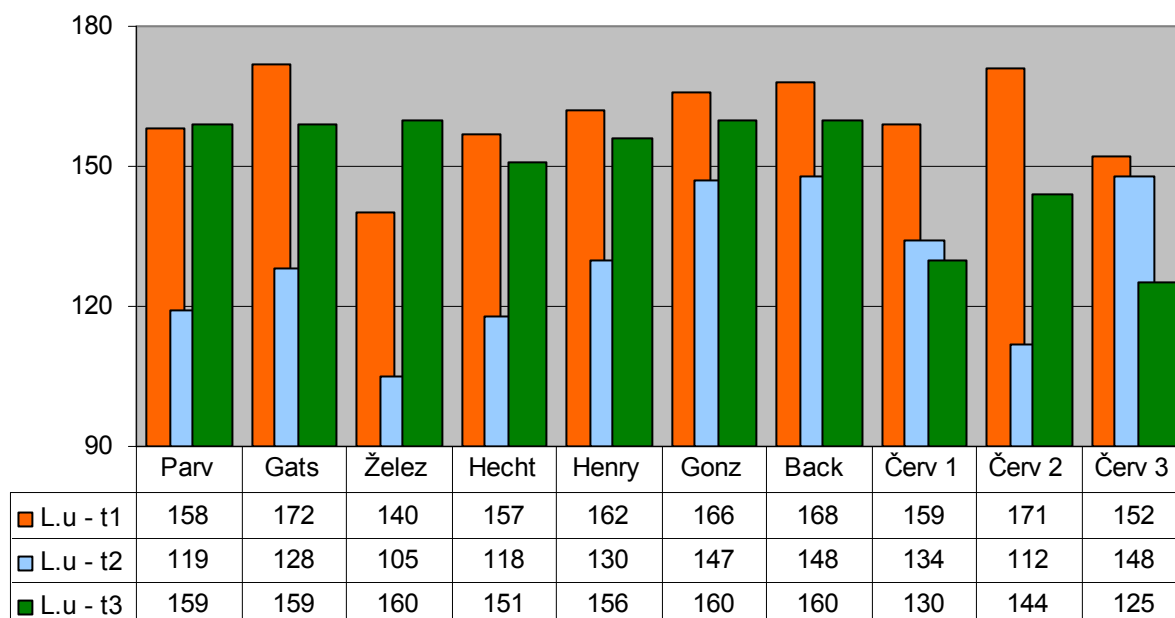
+ ???

#### **d) Úhel v lokti pravé (odhodové) paže**

Úhel svírající loket odhodové paže je v odborné literatuře často zmiňovaným parametrem výkonu a faktorem ovlivňujícím přenos kinetické energie na oštěp. Z pohledu oštěpařské techniky by odhodová paže měla dosahovat maximální extenze až do chvíle  $t_2$  (zaujetí dvouoporového postavení) s ohledem na snahu dosáhnout maximálního zrychlení náčiní v odhodové fázi. Čím napjatější paže je, po tím delší dráze atlet na oštěp působí a tím větší zrychlení mu udílí.

Klíčový činitel je práce pravé paže, která byla až dosud pasivní a snažila se jen udržet oštěp v přímém směru a pod příslušným úhlem. Pravá paže zůstává co nejdéle a nejdále vzadu. I když je napjata, hod se neprovádí napjatou paží. Záleží na individuálních schopnostech, dokdy má být napjata. Oštěpaři s uvolněným pletencem ramenním ji mohou mít napjatou déle, „tvrdší“ musí začít s pohybem dříve (Kuchen, 1969).

Při pozorování extenze v loketním kloubu odhodové paže jsme se opět soustředili na hodnoty ve třech časových bodech  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ . Nejvyšší hodnoty extenze v čase  $t_1$  dosáhl Červenka při svém druhém nejdelším pokusu -  $171^\circ$ , ale při tomto pokusu měla míra extenze v čase  $t_2$  zároveň hodnotu nejmenší -  $112^\circ$ .



**Graf 3 - Úhel v lokti odhodové ruky v časech t1, t2 a t3**

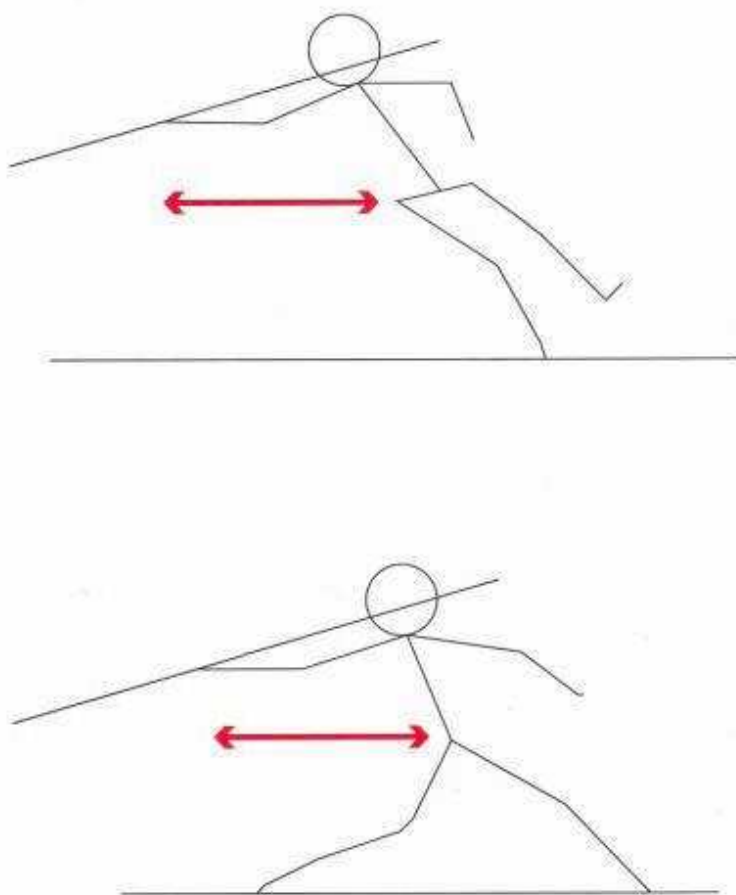
Při porovnání hodnot v časech t1 a t2 se světovou špičkou nejsou Červenkovi parametry významněji rozdílné. Rozpětí hodnot extenze špičkových oštěpařů se pohybuje od 140° do 172° - t1 resp. 105° - 147° - t2. Červinka potom 152° - 171° - t1 a 112° - 148° - t2. Obrovský rozdíl však můžeme registrovat v čase t3. Červenkovi hodnoty 130°, 144° a 125° jsou výrazně nižší než „světový průměr“ přesahující 156° (graf 3). Přílišné pokrčení lokte při odhodu tak opět zamezuje dostatečnému kinetickému přenosu a výrazně zmenšuje poloměr otáčení, po kterém paže jako páka udává oštěpu zrychlení.

- míra flexe v čase t3
- + extenze v časech t1 a t2

### e) Akcelerační dráha

Akcelerační dráha oštěpu bývá zmiňována jako významný výkonnostní ukazatel atleta. Dlouhá dráha usnadňuje optimální působení sil na oštěp a umožňuje uskutečnit efektivněji proces smrštění zapojených svalových skupin. Důležitost délky působení na náčiní je zdůrazňováno v literatuře, včetně dvou různě definovaných parametrů souhrnně nazývaných „Akcelerační dráha“. Ta je definována jako horizontální vzdálenost pravého boku oštěpaře od těžiště oštěpu v momentu zaujetí jednooporového postavení –  $t_1$ . Nebo také jako horizontální vzdálenost pravého boku oštěpaře od středu vynutí oštěpu v momentu zaujetí dvouoporového postavení –  $t_2$  [ 38 ].

Vzhledem k tomu, že obě definice hovoří o okamžicích, které v našich měřeních využíváme, rozhodli jsme se pro analýzu obou akceleračních drah, tedy vzdálenosti pravého boku od středu vynutí v časech  $t_1$  a  $t_2$  (obr. 21).

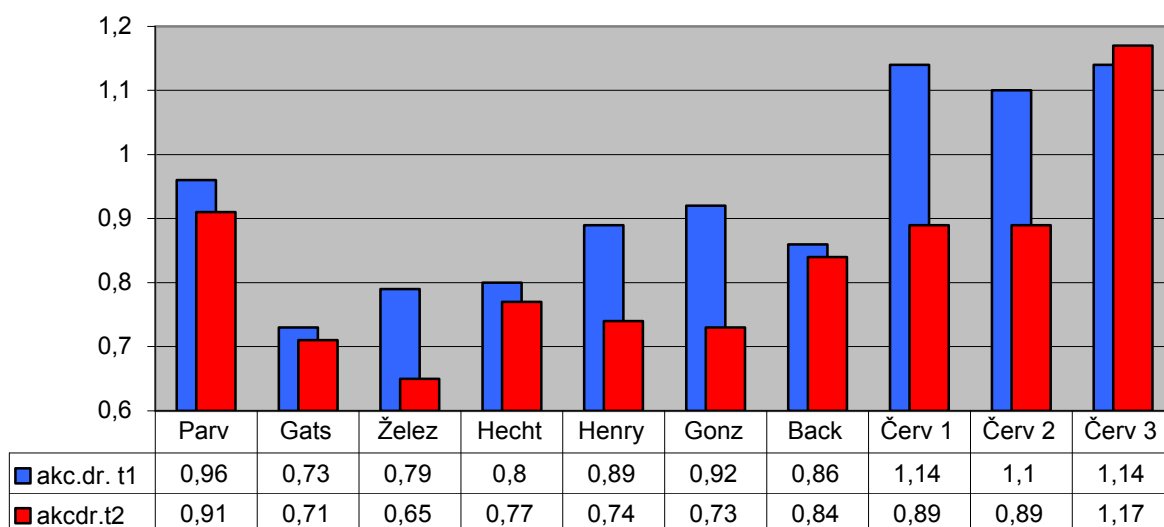


**Obr. 21 – Akcelerační dráha v časech  $t_1$  a  $t_2$**

Světový oštěpaři se zde pohybují v intervalu  $t_1 - 0,73 \text{ m} - 0,96 \text{ m}$ ;  $t_2 - 0,65 \text{ m} - 0,91 \text{ m}$ . Platí pravidlo, že všichni dosahují delší akcelerační dráhy v čase  $t_1$ . Červenka v tomto parametru dosahuje extrémních hodnot a paradoxně při svém nejhorším pokusu také popírá pravidlo kratší dráhy v momentě zaujetí dvouoporového postavení (graf. 4). V čase  $t_1$  dosahuje vzdálenost jeho pravého boku od středu vynutí oštěpu 1,14 m a v čase  $t_2$  dokonce maxima 1,17 m.

Příčiny tohoto zjištění můžeme hledat v kvalitním impulsním kroku a také ve snaze o maximální délku posledního kroku (dvouoporového postavení), který může definovanou akcelerační dráhu absolutně prodloužit (viz. následující odstavec).

Jak víme z předchozího, extenze v lokti odhodové paže nehraje v délce akcelerační dráhy významnou roli, jelikož je v případě Červenky prakticky srovnatelná s úrovní ostatních oštěpařů.



**Graf 4 - Akcelerační dráha v čase  $t_1$  a  $t_2$**

Obecně vzato je tento parametr výsledkem komplexní technické a fyziologické úrovně oštěpaře a výsledné hodnoty je třeba analyzovat s ohledem na předchozí zjištění [ 38 ].

- delší akcelerační dráha v čase  $t_2$  pravděpodobně není žádoucí
- + výjimečně dlouhé hodnoty akceleračních drah

#### **f) Další relevantní parametry ovlivňující výkon**

Velký rozsah pohybů Červenka deklaroval již v odstavci akceleračních drah a potvrdil jej i při měření absolutního posunu těžiště v době  $t_1 - t_2$ , tzn. během kroku zaujímání dvouoporového postavení. Hodnota dráhy těžiště dosahovala v maximu 2,2 m.

Rozběh musí být vyměřen tak, aby přeskok nebyl prováděn příliš blízko u odhodového břevna - obavy z přešlápnutí by se nepříznivě projevíly při odhodu. Také ale ne příliš daleko, hod se měří až od oblouku a závodník by se poškozovalo. Nejlépe je to ve vzdálenosti 2 - 2,5 m od oblouku (Bartušek, 1968).

Červenka při všech měřených pokusech odhazoval výrazně daleko od odhodového břevna (4,8 m, 5,1 m, 5,3 m). Jeho opatrnost však byla poměrně zbytečná, neboť výška těžiště v odhodové fázi dosahovala velmi nízkých hodnot (viz. dále) a umožňovala mu tak pohodlné tlumení horizontální rychlosti.

Rychlost rozběhu v jeho závěrečné části se pohybuje u mužů v rozmezí 6-8 m/s (Šimon, 2004)

Červenka dosahoval špičkových hodnot maximální dosažené horizontální rychlosti. Hodnoty kolem 9 m/s poukazují na obrovský fyzický a výkonnostní potenciál oštěpaře, pokud bude schopný přenést horizontální rychlost a kinetickou energii získanou náběhem do oštěpu pomocí dostatečných pák levé nohy a pravé paže.

Chodidlo levé nohy došlapuje asi na šířku stopy až ramenou vlevo od pravého chodidla (Kuchen, 1969).

Míra ukročení na ose y v čase  $t_2$  zcela odpovídá požadavkům na oštěpařskou techniku 0,41 m; 0,31 m; 0,38 m.

Výška těžiště při zaujetí dvouoporového postavení a výška těžiště v momentu odhodu byla prakticky při všech pokusech shodná a pohybovala se okolo 1,05m. Ovšem podle (Kuchen, 1969) by oštěpař měl zvednout těžiště těla přes levou nohu vzhůru a vypustit oštěp nad levou nohou.



Červenka se však dle mého snaží o příliš dlouhý poslední krok a „dlouhé“ zaujetí dvouoporového postavení. Neúměrně předkopává levou oporovou nohu a prodlužuje tak délku posledního kroku (1,6 m; 1,43 m; 1,6 m) ze kterého není schopný udržet optimální uhel v koleni a využít tak pákového principu hodů. Příliš dlouhý krok je také příčinou neschopnosti zvednout těžiště při odhodové fázi a aktivně tak působit na dráhu oštěpu.

Nakonec v tabulce 6 uvádíme všechna data, která byla porovnávána s výkony nejlepších světových oštěpařů:

**Tab. 6 – Přehled všech analyzovaných dat**

atlet	výkon	t1-t2	t2-t3	rychlost odhodu	výška odhod	úhel vzletu oštěpu	odhodový úhel	položení oštěpu
Parvianen	89,52	0,26	0,12	29,7	2,14	35,7	36,6	-0,9
Gatsioudis	89,18	0,14	0,13	29,6	1,90	37,5	31,6	5,9
Železný	87,67	0,16	0,11	29,2	1,80	36,9	31,1	5,8
Hecht	85,24	0,14	0,12	28,5	2,09	41,7	40,1	1,6
Henry	85,43	0,2	0,13	28,1	1,99	25,3	32,1	-6,8
Gonzáles	84,32	0,26	0,13	29,4	1,83	36,5	27,7	8,8
Backley	83,84	0,18	0,14	28,5	2,08	40,8	35,3	5,5
Červenka1	58,6	0,28	0,11	27,7	2,20	43,2	33,9	9,3
Červenka2	56,4	0,29	0,09	33,2	2,46	42,6	31	11,6
Červenka3	52,1	0,27	0,12	29,7	2,30	44,4	32,5	11,9

atlet	výkon	K.u - t2	K.u max flex t2- t3	K.u - t3	L.u - t1	L.u - t2	L.u - t3	akcdr. t1	akcdr. t2
Parvianen	89,52	170	161	168	158	119	159	0,96	0,91
Gatsioudis	89,18	171	152	153	172	128	159	0,73	0,71
Železný	87,67	178	163	166	140	105	160	0,79	0,65
Hecht	85,24	175	141	147	157	118	151	0,8	0,77
Henry	85,43	173	158	173	162	130	156	0,89	0,74
Gonzáles	84,32	158	146	155	166	147	160	0,92	0,73
Backley	83,84	171	137	137	168	148	160	0,86	0,84
Červenka1	58,6	169	121	121	159	134	130	1,14	0,89
Červenka2	56,4	148	128	131	171	112	144	1,1	0,89
Červenka3	52,1	143	107	108	152	148	125	1,14	1,17

## 5 DISKUZE

V předchozí kapitole jsme porovnali několik aspektů techniky Jana Červenky s vrcholovými oštěpaři, kteří svoji výkonnost dlouhodobě dokazují výkony atakujícími devadesátimetrovou hranici. Nejeden výsledek našeho rozboru byl poměrně zajímavý. Můžeme konstatovat, že v mnoha parametrech sportovního výkonu a pojetí techniky se Červenka naprosto vyrovnává oštěpařské elitě a v některých faktorech je dokonce schopný ji předčit.

Hod oštěpem však představuje velmi komplexní a náročný pohybový úkol a sladění všech faktorů technického provedení je nezbytné pro dosažení špičkového výkonu. Slabiny, které se v našem porovnávání objevily mají obrovský vliv na výkonnost oštěpaře, přestože mnoho ostatních parametrů se může jevit jako nadprůměrné.

Největší Červenkovou předností je velký fyzický potenciál a pohybový rozsah. Je velmi dobře silově a rychlostně vybaven a má veškeré předpoklady k dosažení vrcholných výkonů.

Nezbytné však bude odstranit několik technických chyb, které celkový výkon velice sráží. Nejpodstatnějšími nedostatky jsou velké rezervy ve využívání „pákových“ principů přenosu kinetické energie z horizontální formy tvořené rozběhem do kinetické energie oštěpu. Snaha o protažení posledního kroku a příliš dlouhý postoj v dvouoporovém postavení zabraňuje oštěpaři zaujmout výhodnou pozici přední oporné nohy s maximální možnou extenzí v koleni. Naopak zde dochází k výrazné flexi, která způsobuje ztrátu horizontální rychlosti kumulované rozběhem a znemožňuje plynulý pohyb vpřed z dvouoporového postavení. Pokrčené koleno nepouští zbytek těla vpřed, kyčel tak nemůže přes napnuté koleno urychlovat tělo v horizontálním směru. Z pokrčeného kolene, které se postupně napíná se velká část energie transformuje především v energii vertikální, což není při hodu oštěpem žádoucí. V návaznosti na tuto skutečnost pak oštěpař v odhodové fázi příliš ohýbá loket a tato flexe odhodové paže se opět negativně promítá do celkové zrychlení, které má paže oštěpu udělit. V konečném důsledku tak přebytek vertikální složky odhodové rychlosti působí nepříznivě také na

položení oštěpu při odhodu. Nezřídka dochází k přílišnému podtržení oštěpu v odhodové fázi. Oštěp tak při letu opisuje neefektivní dráhu, stoupá příliš vysoko a pak prudce klesá. Vzhledem k položení náčiní při odhodu na něj tak působí velký odpor vnějšího prostředí a zpomaluje jej.

Je třeba si uvědomit, že při takto položeném oštěpu, působí značná část horizontální složky odhodové rychlosti do vynutí oštěpu, ovšem takřka kolmo na směr odhodu. V takovém případě dochází ke známému „rozvibrování“ hrotů oštěpu, zhoršují se letové charakteristiky náčiní a značná část odhodového úsilí tak přichází vniveč.

Menším nedostatkem je pak příliš velká vzdálenost od odhodového břevna v okamžiku vypuštění oštěpu resp. při zaujetí dvouoporového postavení. Pohyb těla vzhůru způsobený napínáním kolene přední nohy, z původně výrazné flexe působí jako výskok z podřepu a znesnadňuje oštěpaři zvládnout doznění horizontální energie na kratším prostoru.

Vyřešení problému s nedostatečnou extenzí v levém koleni by tak mělo vyřešit i problém přílišné rezervy určené k přeskoku a doznění odhodu.

## 6 SHRUTÍ A ZÁVĚRY

### 6.1 Shrnutí

Cílem diplomové práce bylo analyzovat biomechanické a pohybové pojetí techniky oštěpaře. Za pomoci speciálního systému umožňujícího snímat a zaznamenávat pohyb v trojdimenzionálním prostoru jsme změřili tři pokusy konkrétního oštěpaře a porovnali je s:

- daty dostupnými v literatuře
- jednotlivé pokusy mezi sebou
- díky všeobecně platným proměnným také s charakteristikami špičkových oštěpařů

V teoretické části jsem si osvětlil historii, vývoj a pravidla hodů oštěpem. Objasnili jsme si techniku správného provedení a poukázali na složitost pohybového úkolu, jakým hod oštěpem je. Zdůraznili jsme některé biomechanické zákonitosti a zajímavosti pojící se k této disciplíně a popsali osobnost oštěpaře, jeho nezbytné předpoklady pro dosažení vysoké výkonnosti, ať už fyzické, somatické nebo osobnostní.

Popsali jsme si principy fungování systému pro snímání pohybu – SIMI - Motion, zásady jeho používání a s jeho pomocí vytvořili model oštěpaře, který jsme podrobili rozboru.

Při samotné analýze jsme se snažili najít příčiny výkonnostních rozdílů, nedostatky v pojetí techniky, slabiny z nich vyplívající, ale také vyzvednout přednosti a silné stránky osobitého pojetí techniky.

## 6.2 Závěry pro teorii

Způsob získávání videozáznamu je poměrně časově a technicky náročný, nehledě na vysokou cenu technického vybavení a samotného softwaru, pro zpracování záznamu. Další překážkou jsou nároky na uživatele tohoto softwaru, který pro rozsáhlost možností jež nabízí není pro začátečníka příliš srozumitelný a vyžaduje čas jej kompletně obsáhnout.

Za další obecnou nevýhodu tohoto systému se dá považovat nemožnost provádět měření v závodních nebo zápasových podmínkách. Snímací kamery, které obsáhnou jen určitý prostor a nutnost sportovce mít na velkých kloubech, hlavě a sportovním náčiní reflexní body jsou příčinou proč jsou nároky na přesné měření splněny pouze v podmínkách tréninkového charakteru, což je samo o sobě limitujícím faktorem výkonu.

Z teoretického hlediska však mají tyto kinetické analýzy obrovský význam a mohou se stát vodítkem pro trenéry a jejich svěřence, kteří hledají příklad modelové situace použitelný pro řešení jejich pohybového úkolu.

Z našich analýz vyplynulo, že míra snížení těžiště při zaujetí dvouoporového postavení nemá zásadní vliv na výsledný výkon – viz. snížení Červenky. Nejdůležitější se zdá být změna výšky těžiště během fáze odhodu.

## 6.3 Závěry pro praxi

Tento způsob pohybové analýzy je velkým přínosem pro kohokoliv, kdo potřebuje mít komplexní představu o jakékoliv kinetické činnosti. V podmínkách sportu je využití samozřejmě nasnadě, ovšem limitujícím faktorem objektivitu zobecňování získaných výsledků je možnost provádět měření v pokud možno konstantních podmínkách, ideálně pohyb, který je jednoznačně definován a způsob jeho provedení se nemůže v zásadních kinetických charakteristikách náhodně měnit.

Pro sportovního trenéra se pak může stát vítanou pomůckou při řešení specifických pohybových úkolů. I ten nejzkušenější rutinér nepostihne všechny aspekty provedení komplexnějšího pohybu pouhým okem a díky záznamu si alespoň může potvrdit svoje praxí nabitě zkušenosti nebo ověřit nové domněnky. Získané výsledky ověřené exaktním měřením mohou být také motivačním faktorem samotného oštěpaře, který pochybuje o tvrzení trenéra, založeném na pouhé schopnosti vizuálního odezírání technických nedostatků.

Jako doporučení pro trenéra a jeho svěřence vyplívající z našeho konkrétního rozboru bych uvedl především:

- zlepšení přechodu do dvouoporového postavení s kladením důrazu na výraznou extenzi v koleni levé nohy – zaměřit se na rytmizaci posledních krok s důrazem na rychlé zaujetí dvouoporového postavení;
- koncentrace na extenzi loketního kloubu odhodové paže ve fázi odhodu
- úpravu rozběhu, přesunutí odhodu blíže k odhodovému břevnu

## **RESUMÉ**

Práce se věnuje pohybovému a mechanickému rozboru techniky oštěpaře, za použití speciálního snímacího zařízení. Srovnává konkrétní pojetí techniky s technikou světové atletické špičky, stanovuje slabiny, hledá mechanismy nápravy a zvýšení sportovní výkonnosti. Je metodickou pomůckou pro atletické trenéry a jejich svěřence.

## **SUMMARY**

This thesis is engage in kinetic and mechanical analysis of javelin technic with help of special capture system. It compares individual javelin style with style of the best world javelin throwers; it finds out the deficiency, ways how to fix that and improve the performance. It's a methodical tool for athletes and their coaches.



## LITERATURA

1. Bartušek, B. *Lehká atletika*. 1. vyd. Brno: UJEP, 1968. 197s.
2. Čelíkovský, S. *Pohybové schopnosti a jejich struktura jako užité hodnoty tělesných cvičení: Zpráva o výzkumu dílčího úkolu státního badatelského plánu*. UK Praha, 1973.
3. Dovalil, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. 336 s. ISBN: 80-7033-928-4
4. Dovalil, J. *Pohybové schopnosti a jejich rozvoj ve sportovním tréninku*. Praha: Olympia, 1986.
5. Havlíček, I. *Sportovní příprava mládeže*. Praha, 1973.
6. Havlíčková, L. et al. *Fyziologie tělesné zátěže I*. doplněné vyd. Praha, nakl. Karolinum, 1997. 196 s. 382-66-97 17/91.
7. Hendl, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha : Karolinum, 1999. 278 s. ISBN 80-246-0030-7
8. Choutka, M. *Teorie a didaktika sportu*, 1. vyd Praha: St. ped. nakl., 1976.
9. Choutka, M., Dovalil, J.: *Sportovní trénink*. Praha: Olympia, 1991, s. 136-150.
10. Choutková, B. – Kučera, M. *Mládež a sport*, 1. vyd. Praha: nakl. Olympia, 1970. S. 123-126.
11. Janda, P. *Problematika Motion Capture*. UK Praha. MatFyz.
12. Janura, M. – Zahálka, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*, Olomouc: 2004 1. vyd. ISBN 80-244-0930-5.
13. Juřinová, I. – Stejskal, F. *Rozvoj pohybových schopností ve školní tělesné výchově*. 1. vyd. Praha: St. ped. nakl, 1987.
14. Kampmiller, T. *Sborník vědeckých prací III*. 1. vyd. Bratislava: SVS, 1999. 80-968252-0-8, 3-12 s.
15. Karas, V. *Biomechanika tělesných cvičení*. 1. vyd. Praha: SPN, 1990. 80-04-20554-2, 12 – 13s.

16. Kněnický K. a kol., *Technika lehkootletických disciplín*. Státní pedagogické nakladatelství v Praze jako svou publikaci č.73-08-02 v roce 1977.
17. Kovařík, Langer. *Biomechanika tělesných cvičení*. 1. vyd. Praha, 1975. 56, 59 s.
18. Kuchen, A. *Atletika – vrhy*. 1. vyd. Bratislava: STV, 1977. 196s.
19. Kuchen, A. *Lehkootletické hody a vrhy*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1971. 164 s. 77-024-76
20. Kuchen, A. *Teória a didaktika atletiky*. 1. vyd. Bratislava: Slov. PN, 1987. 379 s.
21. Luža, J. *Technika atletických disciplín*. 1. vyd. Brno: MU, 1995. 78s. ISBN 80-210-1127-0
22. Manuál SIMI Motion. SIMI Reality Motion Systems GmbH.  
[www.simi.com](http://www.simi.com)
23. PRAVIDLA ČESKÉHO ATLETICKÉHO SVAZU. ISBN 80-7033-944-6
24. Ryba, J. a kol. *Atletické víceboje*. 1. vyd. Edice Atletika. Praha : Olympia, 2002. 179 s. ISBN 80-7033-584-X
25. Sebera, M. *Využití multimediálních prostředků v práci trenéra atletiky*. Brno: MU. 2006. 1. trenérské třídy atletiky. Závěrečná práce.
26. Sebera, M. – Michálek, J. – Cacek, J. – Lajkeb, P. *Jednoduchá biomechanická analýza během 3 minut*. In *Atletika 2006*. FTVŠ UK Bratislava. ISBN: 80-89257-01-1, s. 191-195.
27. Sebera, Martin - Joukal, Stanislav - Zvonař, Martin. *3D biomechanická analýza v atletice*. *Atletika*, Praha, 59, 6, 2007 od s. 1-2, 2 s. ISSN 0323-1364.
28. Svoboda, B.: *Pedagogika sportu*. Praha: Karolinum, 2000. 250 s.
29. Šimon, J. *Atletické vrhy a hody*. 1. vyd. Praha: Olympia, 2004. 236 s.
30. Vacula, J. *Trénink lehkootletických disciplín*. Praha: SPN, 1975. 391 s.
31. Velebil V., Krátký P., Fišer V., Prišćák J., *Atletické skoky*. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-769-9
32. Vinduřková, J. a kol., *Abeceda atletického tréninku*, edice atletika vydalo nakladatelství Olympia Praha 2003. ISBN 80-7033-770-2

33. Vomáčka, V. a kol. *Hody a vrhy*. Praha: Olympia. 1980.
34. Vrábel, J. *Lehká atletika vrhů a hodů*. 1. vyd. Bratislava:SÚV, 1990.  
70,71 s. 77-024-69

#### **Elektronické zdroje**

35. Computer Vision for Interactive Computer Graphics  
<http://www.merl.com/papers/docs/TR99-02.pdf>
36. Český atletický server  
<http://www.atletika.cz>
37. EU-Sport – specializace atletika  
<http://www.eusport.cz/file/specializace/Atletika/Ucebni%20text%20Atletika.doc>
38. Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers  
[http://www.coachr.org/threedimensional\\_kinematic\\_analysis\\_of\\_elite\\_javelin\\_thrower.htm](http://www.coachr.org/threedimensional_kinematic_analysis_of_elite_javelin_thrower.htm)
39. SIMI – Motion systém  
<http://www.tracksys.co.uk/product-details.php?id=6>
40. The Canadian Athletics Coaching Centre – biomechanics javelin section  
<http://www.athleticscoaching.ca/?pid=7&spid=37&sspuid=64>

## **PŘÍLOHY**

### Příloha č. 1

CD obsahující analyzovaný videomateriál a soubory pro kalibraci videa v softwaru SIMI – Motion. Každý pokus byl zaznamenán pomocí dvou kamer (\*.avi) a kalibrován v systému SIMI (\*.smp) .

Seznam souborů na CD:

58\_60-1.avi

58\_60-2.avi

56\_40-1.avi

56\_40-2.avi

52\_10-1.avi

52\_10-2.avi

palacak\_cervik\_01.smp

cervik2.smp

cervik3.smp