

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

VARIABILITA TECHNIKY VE SKOKU VYSOKÉM

Diplomová práce

Vedoucí práce:

PaedDr. Jitka Vindušková, CSc.

Zpracoval:

Miloš Valek

Praha 2007

Abstrakt

Variabilita techniky ve skoku vysokém

Cíle práce:

Hlavním cílem práce je zjistit, jakým způsobem se mění technika ve specifických tréninkových metodách skoku vysokého, kterými jsou skoky z plného rozběhu při jiných pokynech trenéra. Další cíle jsou vyhodnocení zjištěných kinematických parametrů u každého výškaře zvlášť, jejich následné porovnání a nalezení rezerv v technice L. Urbana a L. Hojky.

Metoda:

Pro rozbor techniky v jednotlivých specifických tréninkových metodách byla využita 3D kinematická analýza. Sledované časoprostorové události byly zaznamenány na digitální kamery. Záznam byl následně převeden do vhodného digitálního formátu a zpracován programem APAS. V programu APAS byla získána výstupní data, která byla částečně zpracována i v programu Microsoft Excel.

Výsledky:

Ve vybraných specifických tréninkových metodách byl prokázán vliv pokynů na techniku provedení skoku vysokého. Z 35 sledovaných kinematických parametrů se projeví stejné výsledky v 24 kinematických parametrech. Atlet L. Urban inklinuje spíše k „power“ flopu, zatímco techniku L. Hojky lze popsat spíše jako rychlostní skákání.

Klíčová slova:

skok vysoký, specifické tréninkové metody, technika, kinematická analýza

Abstract

Variability of Technique in High Jump

Thesis objectives:

The main aim of my thesis is to find out the way how the technique in specific training methods of high jump, which are full runup jumps with different directions of the coach, are changing.

The next aim is to evaluate acquired kinematic parameters for each high jumper, compare the results and find defects in technique of V. Urban and V. Hojka.

Method:

Kinematic 3D analysis was used for the study of techniques in specific training methods. Watched spatio-temporal events were recorded on digital cameras. The record was sequentially converted to eligible digital format and processed with APAS computer programme. The output data (partially processed in Microsoft Excel) were gained in APAS programme.

Results:

The influence of specific training methods of high jump mentioned above was achieved. The parallel results out of 35 watched kinematic parameters became evident in 24 kinetic parameters. The athlete L. Urban inclines to „power“ flop, while L. Hojka's technique can be described as speed jumping.

Keywords:

high jump, specific training methods, technique, kinematic analysis

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze uvedenou literaturu.

V Praze, dne 12. 9. 2008

Miloš Valek

.....

Poděkování

Děkuji vedoucí diplomové práce PaedDr. Jitce Vinduškové, CSc. za poskytnutí cenných rad a připomínek při zpracovávání diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Mgr. Aleši Tvrzníkovi a panu Mgr. Miloši Krejčíkovi za poskytnutí techniky a za pomoc při zpracovávání výsledků kinematické analýzy skoku vysokého.

Děkuji také své rodině a přátelům za trpělivost.

Obsah

1	Úvod.....	10
---	-----------	----

TEORETICKÁ ČÁST

2	Charakteristika skoku do výšky.....	11
2.1	Obecná charakteristika techniky.....	11
3	Popis techniky skoku do výšky.....	14
3.1	Rozběh.....	14
3.2	Odraz.....	15
3.2.1	Pohyby paží při odrazu.....	16
3.3	Letová fáze.....	17
3.4	Dopad.....	18
4	Biomechanika skoku do výšky.....	19
4.1	Rychlost těžiště při odrazu.....	19
4.2	Výška těžiště při odrazu.....	20
4.3	Odrazová vzdálenost.....	20
4.4	Rozběhový úhel.....	21
4.5	Odrazový úhel.....	21
4.6	Amortizační úhel.....	21
4.7	Doba trvání odrazu.....	21
4.8	Rotace trvajících v průběhu letu.....	22
4.8.1	Saltová rotace kolem příčné osy.....	24
4.8.2	Saltová rotace kolem šípové osy.....	25
4.8.3	Vzájemný vztah bočního a předního momentu hybnosti.....	25
4.8.4	Vrutová rotace.....	26
4.8.5	Kinetická energie a moment setrvačnosti.....	27
4.9	Hodnoty vybraných kinematických parametrů elitních skokanů.....	28
5	Didaktika skoku do výšky.....	30
5.1	Procesy ve vývoji techniky.....	30
5.2	Motorické učení.....	31
5.3	Pracovní postupy.....	32
5.4	Míra specifčnosti cvičení.....	32
5.5	Trénink techniky.....	33
5.6	Tréninkové prostředky.....	33

VÝZKUMNÁ ČÁST

6	Cíle a úkoly práce.....	34
6.1	Cíle práce.....	34
6.2	Úkoly práce.....	34
7	Hypotézy.....	35
8	Metody zjišťování dat.....	36
8.1	Sledované kinematické parametry.....	36
8.1.1	Časové hodnoty.....	36

8.1.2	Délkové hodnoty	37
8.1.3	Rychlostní hodnoty	37
8.1.4	Úhlové hodnoty	37
8.2	Výzkumný soubor	38
8.3	Způsob získání dat	38
8.4	Způsob zpracování dat programem APAS	40
8.4.1	modul Trim	41
8.4.2	modul Digitize	41
8.4.3	modul Transform	42
8.4.4	modul Display	42
8.5	Zpracování dat programem Microsoft Excel	43
9	Výsledky a diskuse ke skokům	45
9.1	Výsledky časových parametrů	45
9.1.1	Trvání oporové fáze předposledního kroku a odrazu	45
9.1.2	Časové hodnoty klíčových momentů	45
9.2	Délkové parametry	46
9.2.1	Výška laťky	46
9.2.2	Délka posledního kroku před odrazem	46
9.2.3	Odrazová vzdálenost	47
9.2.4	Kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu	47
9.2.5	Výška těžiště v okamžiku došlapu předposledního kroku	48
9.2.6	Nejmenší výška těžiště v předposledním kroku	49
9.2.7	Výška těžiště při posledním kontaktu s podložkou v předposledním kroku	50
9.2.8	Výška těžiště v okamžiku nasazení do odrazu	50
9.2.9	Výška těžiště v okamžiku nejmenší vzdálenosti od země při odrazové fázi	51
9.2.10	Výška těžiště v okamžiku ukončení odrazu a zahájení letové fáze	51
9.2.11	Maximální výška těžiště nad zemí v letové fázi	52
9.2.12	Vertikální pohyb těžiště v průběhu skoku	52
9.2.13	Převýšení laťky těžištěm skokana	54
9.2.14	Zdvih těžiště	54
9.2.15	Kolmá vzdálenost kulminačního bodu od svislé roviny laťky	55
9.3	Rychlostní parametry	55
9.3.1	Rychlosti těžiště při došlapu v předposledním kroku	55
9.3.2	Rychlosti těžiště na začátku odrazové fáze	56
9.3.3	Rychlosti těžiště na konci odrazové fáze	57
9.3.4	Změna horizontální a vertikální rychlosti v průběhu odrazové fáze	57
9.3.5	Průběh hodnot horizontální a vertikální rychlosti těžiště před odrazem	58
9.4	Úhlové parametry	59
9.4.1	Úhel kolena odrazové nohy při došlapu	59
9.4.2	Amortizační úhel	60
9.4.3	Úhel kolena při odrazu, při posledním kontaktu s podložkou	60
9.4.4	Odrazový úhel	60
9.4.5	Úhel odklonu těžiště od laťky při zahájení odrazu	61
9.4.6	Rozběhový úhel	61
9.4.7	Úhel nasazení do odrazu	62

10	Závěry	63
11	Seznam použité literatury	65
12	Přílohy.....	67
12.1	Seznam příloh	67

1 Úvod

Skok vysoký je atletická disciplína, při níž se závodník snaží překonat laťku v co možná nejvyšší úrovni. Technika skoku vysokého se v předchozích letech výrazně vyvíjela, až dospěla do současné podoby. Při vývinu techniky se uplatnil nejen důvtip trenérů, ale i postřehy jejich svěřenců.

Biomechanika zkoumá a analyzuje lidskou motoriku. Ve skoku vysokém je vzhledem k rychlosti a komplexnosti pohybu velmi náročné zkoumat motoriku pouhým pohledem. Kinematická 3D analýza skoku do výšky umožňuje získat přesné informace, které slouží detailnímu rozboru techniky. V současné době již není problém digitalizovat časoprostorovou událost a vytvořit počítačový model dané situace. K tomu slouží například program APAS.

Snaha skokanů do výšky směřuje k vyvinutí co možná největší vzletové rychlosti při odrazu a zároveň k zachování korektní techniky. Při soustředění se na intenzitu skoku mohou atleti opomíjet správné technické provedení. Ve větší rychlosti je náročné provést techniku korektně. Naopak při soustředění se na správné provedení techniky může dojít k poklesu intenzity.

Hlavním cílem této práce je porovnání skokanských pokusů při vyšší intenzitě a při soustředění se na techniku v tréninkových podmínkách. K tomuto porovnání byla použita kinematická analýza.

TEORETICKÁ ČÁST

2 Charakteristika skoku do výšky

Úsilí generací atletů skokanů a jejich trenérů se vždy soustředovalo na zajištění hlavních motorických předpokladů výkonu: na dynamiku, výbušnou sílu a rychlost. Dnes je však rozvoj motorických schopností a dovedností nutně dále rozšiřován o trénink sensorických schopností a dovedností. Současné pojetí přípravy všech jejich složek (kondice, technika, taktika, psychika) neopomíjí ani stránky skokanovy osobnosti. (Veľebil, 2004)

Pestrý vývoj disciplíny je prozatím završen téměř výlučným používáním techniky flop nejen vrcholnými skokany, ale i začátečníky. Současná technika je jednodušší ve srovnání s předchozími způsoby, umožňuje rychlejší rozběh a většinou i vyšší výkon. (Dostál, 1994)

2.1 Obecná charakteristika techniky

Racionální technika je dnes nevyhnutelnou podmínkou pro dosažení vynikajícího výkonu, především v tak technicky složité disciplíně, jakou je skok do výšky. Důležitou úlohu má pravidelná kontrola techniky pozorováním nebo rozborem filmového záznamu. Nejlepší prověrkou jsou závody, kde se při maximálním úsilí projeví ve zvýšené míře každá chyba. (Šimonek, 1975)

Technika není důležitá pouze pro dosažení maximálního výkonu, ale je důležitá i z pohledu prevence úrazů. (Deporte, 1990)

Technikou se rozumí účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s možnostmi jedince, s biomechanickými zákonitostmi pohybu a uskutečňuje se na základě neurofyziologických mechanismů řízení pohybu. Technika se od počátků moderního sportu významně podílela na vzestupu sportovní výkonnosti. Sportovci i trenéři vymýšleli a zkoušeli nová provedení, rozvíjeli vše, co bylo úspěšné. Učením získaná pohotovost (předpoklad) řešit správně, rychle a úsporně určitý úkol, čili efektivně vykonávat určitou činnost, se označuje jako dovednost. Chápeme-li sportovní dovednosti jako jednotu vnějších projevů motoriky člověka a jejich vnitřních

neurofyziologických mechanismů, pak je možné v tomto komplexu rozlišovat „vnitřní“ a „vnější“ techniku. Tím se postihují nejen vizuálně pozorovatelné projevy sportovce, ale i jejich skryté příčiny.

„Vnější“ technika se projevuje jako organizovaný sled pohybů a operací sdružených v pohybovou činnost, zaměřenou k danému cíli. Obvykle se vyjadřuje kinematickými parametry pohybu těla a jeho částí v prostoru a čase (směr a dráha pohybu, jeho rychlost, zrychlení apod.). Tyto biomechanické charakteristiky jsou vizuálně pozorovatelné a většinou prakticky měřitelné. Vyjadřují nejen kvantitativní hledisko techniky, ale podílejí se i na kvalitativních znacích pohybového projevu, jeho přesnosti, plynulosti, stálosti, rytmu. V některých sportech natolik dominují, že dokonce tvoří významnou část hodnocení výkonu.

„Vnitřní“ techniku tvoří neurofyziologické základy sportovních činností. Mají podobu zpevněných a stabilizovaných pohybových vzorců a programů a jim odpovídajících koordinovaných systémů kontrakcí a relaxací svalových skupin. Informace o nich zprostředkovává biomechanika a neurofyziologie.

Technika v různých sportech je ve svých projevech velmi různorodá, často složitá a náročná. Ve struktuře sportovního výkonu se její analýze věnuje odpovídající pozornost. Při respektování zvláštností specializace je nutné brát v úvahu jak projevy „vnější“ techniky, tak jejich vnitřní příčiny a mechanismy.

Analýzu vnější techniky umožňují nejrůznější metody kinematických analýz, s jejichž pomocí se registrují parametry průběhu těla a jeho segmentů v podobě kinogramů, grafů, schémat, číselných charakteristik modelů apod.

Poznání „vnitřní“ techniky směřuje k odhalování skrytých příčin pohybů a mechanismů jejich řízení, ke koordinaci na úrovni intermuskulární a intramuskulární. Metody, jimiž je možné tyto procesy analyzovat a následně hodnotit, jsou především dynamografie a elektromyografie. V praxi se dosud pro svou náročnost využívají méně, hodí se spíše k výzkumným laboratorním šetřením.

Nejširším základem, na němž technika staví a z něhož vyrůstá, jsou pohybové schopnosti jako obecné předpoklady lidské motoriky. Jednotlivé pohybové schopnosti – silové, vytrvalostní, rychlostní atd. – nejsou využívány izolovaně, ale ve vzájemné součinnosti a vytvářejí rozmanité specificky zaměřené komplexy. Mimořádnou roli zde

sehrává schopnost koordinace, která je považována za „organizátora“ ostatních pohybových schopností v rámci daných sportovních dovedností.

S ohledem na individuální zvláštnosti sportovců se osobité provedení pohybu označuje jako styl. (Dovalil, 2002)

3 Popis techniky skoku do výšky

Richar Forsbury získal v roce 1968 na olympijských hrách v Mexiku ve skoku vysokém zlatou medaili. Při závodě použil zcela novou revoluční techniku. Tato technika, označovaná jako „forsburyho flop“, se vyznačuje dvěma hlavními charakteristikami, a to zakřivením rozběhu a polohou zády k laťce v průběhu letové fáze. (Jakoby, 1995)

Význam techniky se dokládá dějinným rozvojem rozdílu nejvyššího bodu těžiště a výškou laťky. U všech technik leží nejvyšší bod dráhy letu těžiště těla nad laťkou. Avšak nejvyšší místo dráhy těžiště těla se nachází u nejstarších technik 25-30 cm nad laťkou, zatímco u novějších technik, jak u stredla tak u flopu, se nachází jen 5 až 10 cm nad laťkou. (Nigg, 1992)

Technika skoku vysokého může být rozdělena na tři fáze: rozběh, odraz a přechod laťky. Někdy se tyto tři fáze doplňují ještě o čtvrtou, poslední, fázi, a to dopadem. Toto dělení pohybu na jednotlivé složky je tradiční, vcelku vyhovuje a vyjadřuje i pořadí důležitosti těchto částí techniky. (Dostál, 1994)

„Power“ flop a „Speed“ flop jsou dvě technická provedení, která jak naznačuje název, využívají spíše rychlostní, nebo silové vlastnosti atleta. „Speed“ flop využívá vyšší rychlosti atleta. Odraz trvá kratší dobu a švihový impuls má menší rozsah. „Power“ flop má sice nižší rozběhovou rychlost, ale větší rozsah švihového impulsu umožní vyvinout dostatečné vertikální síly. (Jacoby, 1995)

3.1 Rozběh

Rozběhová fáze se skládá z přímého běhu, který přechází do oblouku v posledních pěti až šesti krocích. V průběhu rozběhu rychlost výškaře vzroste na 7-8 ms⁻¹. Účelem rozběhu je připravit atleta do optimální polohy pro odraz, přičemž jeho okamžitá rychlost respektuje silové a technické možnosti skokana. (Isolehto, 2007)

Rychlost rozběhu na odrazu je nejlépe připravena rovnoměrným zvětšováním frekvence běhu a délky kroku včetně předposledního kroku. Atlet musí rozvinout konstantní, pevné tempo a krokovou šablonu od začátku do konce rozběhu. Každý skokan si potřebuje určit optimální rychlost, která by měla být přenesena do odrazu. Skokan nesmí nikdy zpomalit svou rychlost před odrazem. (Jacoby, 1995)

Typická délka rozběhu je kolem 10 kroků. První část rozběhu je přímá a posledních pět kroků přechází v zakřivenou dráhu. Někteří atleti na začátku rozběhu pár kroků jdou a následně přejdou v běh, jiní atleti vybíhají ze stoje. Na začátku rozběhu atlet rovnoměrně zvyšuje svou rychlost. Každý následující krok je delší a rychlejší než krok předchozí. Po několika krocích se atlet pohybuje vyšší rychlostí s dlouhými uvolněnými kroky, které připomínají běžce na 400 m. V posledních 2-3 krocích atlet sníží polohu boků při co možná nejmenším snížení rychlosti. (Dapena, 1993)

V předposledním kroku je běžecký náklon trupu vpřed redukován, trup je více vzpřímen. Budoucí došlapové chodidlo se pohybuje vpřed s přitaženou špičkou, což zapříčiní nášlap přes patu. Tento pohyb je v kontrastu s ostatními kroky rozběhu, které jsou prováděné přes špičku. Tento přechod od běžeckého pohybu k odrazu by měl být přirozeně působící. (Tidow, 1990)

3.2 Odraz

Odrazová fáze začíná posledním dokrokem odrazového chodidla a končí, když se odrazové chodidlo přestává dotýkat podložky. Nejvyšší bod letu těžiště závisí na výšce těžiště a na velikosti vertikální rychlosti v okamžiku odrazu. Vzletová vertikální rychlost je přímo závislá na horizontální rychlosti na začátku došlapu s koeficientem korelace $r=0,79$. Rychlost těžiště v okamžiku došlapu a impuls síly vyvinutý odrazovou končetinou je závislý na silových schopnostech atleta a na jeho správné poloze v průběhu odrazu. (Isolehto, 2007)

Pro efektivní skok je důležitá schopnost aktivovat svaly na odrazové noze. K tomu může přispět pohyb švihové nohy a využití pohybu obou paží. Skokan musí zároveň dávat pozor na správné zaklonění a vyklonění dovnitř oblouku při odrazu. (Jacoby, 1995)

Z fyziologického hlediska dochází k různým druhům svalové práce. Excentrická svalová práce vzniká při překonávání setrvačných sil v horizontálním směru. Koncentrická svalová práce je pak využívána k podpoře již získaných sil ve vertikálním směru. Při odrazu můžeme rozlišovat tři základní fáze: dokrok odrazové nohy, amortizační fáze a akcelerační fáze.

Dokrok je prováděn přes patu či celé chodidlo na nataženou, či mírně pokrčenou nohu předsunutou výrazně před svislou osu těžiště těla. Švihová noha je skrčená, či

polonatažená pod tělem a je připravena na vedení vzhůru. Celková poloha těla je v záklonu s náklonem do středu oblouku rozběhu. Trup je vzpřímený nebo zakloněný.

V amortizační fázi dochází v plné míře k excentrické svalové práci. Ve všech kloubech odrazové nohy dochází v různé míře k flexi. Důležitá je švihová práce končetin. Švihová noha je vedena vpřed a vzhůru, což po zatížení odrazové končetiny vede k jejímu následnému odlehčení v akcelerační fázi a k celkovému zvýšení těžiště. Velkou roli hraje i švihová práce paží, která je poněkud opožděna oproti švihové noze. Chybou je, jsou-li paže vedeny vzad.

V akcelerační fázi dochází k využití koncentrické svalové práce při maximální extenzi ve flexovaných kloubech, tedy v kotníku, koleni a kyčli. Nastává definitivní přechod z horizontálního do vertikálního směru pohybu. Pro usnadnění odrazu jsou švihové končetiny fixovány v nejvyšší poloze, čímž je dosaženo zvýšení těžiště a odlehčení odrazové nohy. Je důležité udržet polohu trupu během kontaktu s podložkou vzpřímenou, protože to následně ovlivňuje trajektorii pohybu těžiště. Pokud se nepodaří odolat odstředivému vlivu oblouku a trup je přikloněn k laťce ještě v kontaktu se zemí, má to negativní vliv na trajektorii letu.

3.2.1 Pohyby paží při odrazu

Existuje několik způsobů práce paží při odrazu. Nejméně účinné je ponechání paží v připažení. Forsbury preferoval protipohyb vedoucí paže. Další alternativy jsou švih paží bližší k laťce. Nejefektivnější se jeví soupažný švih. (TIDOW 1990)

Pohyb paží by měl respektovat skokanovy parametry. Na světovém šampionátu 2005 byla v tomto směru vysoká variabilita:

Topic-normální běžecký pohyb paží

Holm-pohyb vedoucí paže

Krymarenko-rychlý soupažný švih

Bába-široký soupažný švih (Isolehto, 2007)

Z jistého pohledu je vhodné naučit atleta švihový pohyb oběma pažemi. Tato technika se obtížně učí, protože je náročné přidat ji do rozběhu a odrazu bez ovlivnění rychlosti. Je ovšem velmi důležitá, pro kvalitní aktivaci čtyřhlavého svalu stehenního, který je pro odraz nejdůležitější. (Jacoby, 1995)

Soupažný švih je neutrální vzhledem k vrutové rotaci, což znamená, že nepůsobí proti potřebné rotaci kolem podélné osy těla. Výška těžiště může být v okamžiku odrazu významně zvýšena zablokováním obou paží v poloze nad úrovní ramen. Paže by při švihu neměly být příliš pokrčené, optimální úhel se jeví nad devadesát stupňů. U některých atletů je vedoucí paže před tělem v okamžik odrazu, to částečně limituje vertikální využití. Pokud atlet při předposledním kroku zastaví vedoucí paži při pohybu vzadu, může při odrazu využít aktivnějšího švihu této paže. Naučení této techniky je náročné na koordinaci, ale může pomoci k lepšímu výkonu. (Dapena, 1990)

3.3 Letová fáze

Křivka letu těžiště závisí na odrazovém úhlu a rychlosti těžiště v okamžiku odrazu. Křivka letu těžiště má tvar paraboly. Jakmile se dostane skokan do vzduchu, nemůže již ovlivnit dráhu letu těžiště. (Jacoby, 1995)

Díky možnosti měnit rozmístění některých tělesných segmentů je teoreticky možné překonat laťku i s nižší maximální výškou těžiště. Toto je ale podmíněno značnou pohyblivostí páteře, která ovlivňuje možnost prohnutí nad laťkou při flopu.

U flopu lze letovou fázi skoku do výšky rozdělit na tři části: stoupání, přechod laťky a příprava na dopad.

Stoupání nastává ve chvíli dokončení odrazu a přerušení kontaktu s podložkou, kdy již bylo tělo uvedeno do převážně vertikálního směru pohybu. Pozice těla je následující. Hlava je v prodloužení trupu. Švihová, vnější, noha je v přednožení skrčmo případně pokrčmo. Odrazová, vnitřní, noha je natažená po odrazu s maximální extenzí ve všech kloubech. Během stoupání se projevuje vliv rotací, které byly získány při odrazu. Tyto rotace mění polohu těla v pohybu podobnému saltu s vrutem (Dapena, 1997).

Přechod přes laťku je zahájen ve chvíli, kdy se skokan dostane do konfliktní vzdálenosti od laťky a musí začít se sérií pohybů podporujících již působící síly, což umožní lepší rozmístění segmentů vůči laťce. Tyto principy jsou popsány níže v části týkající se rotací v letu.

Přípravu na dopad charakterizuje zpevnění těla, které záhy dopadne na žíněnku. V případě sražení laťky atlet pokračuje v pohybu beze snahy postrčit laťku pod tělem, čímž by mohlo dojít k úrazu.

3.4 Dopad

Dopad je ovlivněn rozběhem, přípravou na odraz, způsobem odrazu, povahou a velikostí rotace a menší mírou i vyrovnávacími pohyby skokana za letu. Hlavním požadavkem dopadu je bezpečnost. Skokan předkopnutím nohou do přednožení a reaktivním protipohybem trupu a hlavy jednak dokončuje přechod laťky, jednak zabráňuje pádu na hlavu a týl. (Dostál, 1994)

4 Biomechanika skoku do výšky

Určité mechanické faktory ovlivňují všechny skokanské disciplíny. Tyto faktory mohou být shrnuty následovně:

- rychlost těžiště při odrazu
- výška těžiště při odrazu
- úhel těžiště vzhledem k opoře při odrazu
- rotace trvajících v průběhu letu
- odrazová vzdálenost
- amortizační úhel
- rozběhový úhel
- doba trvání odrazu

4.1 Rychlost těžiště při odrazu

Rychlost při odrazu výrazně ovlivňuje výsledek každého skoku. Na atleta působí během rozběhu síly, jejichž součet lze rozložit na dvě složky: horizontální a vertikální. Tyto složky rozhodují o rychlosti letu po odrazu a o směru letu boků po odrazu. Ve většině skokanských disciplín je cílem co nejméně zmenšit horizontální rychlost a zároveň vyvinout co možná největší vertikální síly. Problémem je, že při vyvinutí co největší vertikální síly je zapotřebí snížit polohu boků, což zapříčiní snížení horizontální rychlosti. Úkolem atleta ve skoku vysokém je překonat laťku v co možná nejvyšší úrovni. Horizontální rychlost po odrazu není ve skoku vysokém rozhodujícím mechanickým faktorem jako u horizontálních skoků. Důležitost horizontální rychlosti ve skoku vysokém je především v možnosti skokana přeměnit horizontální rychlost na vertikální pohyb. K této přeměně horizontální rychlosti směřuje celý rozběh. V každé skokanské disciplíně a pro každého atleta je přeměna horizontální rychlosti na rychlost vertikální podmíněna silovou připraveností atleta a důležitostí vertikální síly, která je různá pro jednotlivé skokanské disciplíny, ačkoli rychlostní schopnosti a dovednost snížit polohu boků při odrazu se u jednotlivých skokanů liší. (Jacoby, 1995)

Se vzrůstající rozběhovou rychlostí se zvětšuje i síla, kterou atlet v okamžiku odrazu působí na podložku. (Deporte, 1990)

Ve skoku vysokém je rozběhová rychlost důležitá, ale pokud je příliš vysoká, pak se odrazová noha pokrčí vlivem amortizace příliš a již není možné vyvinout optimální vertikální sílu potřebnou pro překonání laťky.

Nejlepší světoví skokani mají rychlost rozběhu nad 8 ms^{-1} a výšku boků nad 46 % tělesné výšky při posledním kroku. Světový rekordman Kubánc Javier Sotomayor se přibližoval k laťce rychlostí $8,5 \text{ ms}^{-1}$ a výšku boků 46 % tělesné výšky při posledním kroku. Tato výborná kombinace výšky boků a rozběhové rychlosti mu umožnila překonat 245 cm.

Atlet zpomaluje v průběhu odrazu nejčastěji z následujících důvodů:

- 1) Negativní došlap v předposledním kroku
- 2) Zpomalování odrazovou nohou (z důvodů vzdálenosti místa opory a těžiště)
- 3) Boky jsou příliš nízko pro umožnění dobré běžecké pozice

(Jacoby, 1995)

4.2 Výška těžiště při odrazu

Výška těžiště při odrazu je důležitá pro všechny skokanské disciplíny. Vysoká poloha těžiště prodlouží dobu letu. Somatické faktory každého atleta jsou předem dané jeho genofondem. Jsou tedy neměnné. Výška těžiště na odrazu je výrazně determinována technickým provedením odrazu. Odrazová noha došlapuje před úrovní boků. Boky následně prochází nad odrazovou končetinou, což zapříčiní zdvih těžiště. Zkrácení posledního kroku zdvih polohy boků ještě zvýrazní. (Jacoby, 1995)

Výška těžiště v nejvyšším bodě letu je závislá na výšce těžiště při odrazu a na vertikální rychlosti na konci odrazové fáze. V okamžiku, kdy atlet ztrácí kontakt s podložkou, bývá těžiště atleta mezi 70% a 75% tělesné výšky atleta. Štíhlí a vysocí atleti mají výhodu, jejich těžiště bude na konci odrazové fáze obecně výše. (Dapena, 1990)

4.3 Odrazová vzdálenost

Vzdálenost mezi místem odrazu a půdorysem laťky se nazývá odrazová vzdálenost. Tento parametr je důležitý, protože ovlivňuje vzájemnou polohu laťky a nejvyššího místa letu těžiště těla. Pokud se atlet odrazí příliš daleko, pak dosáhne maximálního bodu letu těžiště těla před laťkou a pravděpodobně na laťku spadne. Pokud se atlet odrazí příliš blízko laťce, pak laťku srazí, když stoupá vzhůru do maximálního bodu letu

těžiště těla. Rozdílní atleti potřebují rozdílné odrazové vzdálenosti. Optimální odrazová vzdálenost atleta je taková, kdy atlet dosáhne maximálního bodu letu těžiště těla nad laťkou. To závisí na rozběhovém úhlu a horizontální rychlosti po odrazu. Atleti s větším rozběhovým úhlem budou potřebovat větší odrazovou vzdálenost. Atleti, kteří budou mít v posledních krocích větší rychlost, budou mít i větší horizontální rychlost po odrazu a budou potřebovat větší odrazovou vzdálenost. (Dapena, 1996)

4.4 Rozběhový úhel

Rozběhovým úhlem rozumíme úhel, který svírá laťka a půdorys trajektorie těžiště skokana v okamžiku odrazu. U elitních skokanů je rozběhový úhel v rozmezí 25 a 40 úhlových stupňů. (Antekolovič, 2006)

4.5 Odrazový úhel

Odrazovým úhlem rozumíme úhel mezi podložkou a směrem pohybu těžiště v okamžiku odrazu. Odrazový úhel je determinován horizontální a vertikální složkou rychlosti při odrazu. U elitních skokanů je odrazový úhel v rozmezí 42 a 52 úhlových stupňů. (Antekolovič, 2006)

Jakmile se dostane skokan do vzduchu, nemůže již ovlivnit dráhu letu těžiště. Proto je odrazový úhel zásadní mechanický faktor ve skoku vysokém. Největší odrazový úhel ve skokanských disciplínách je právě ve skoku vysokém. Protože cílem je dosáhnout co možná nejvyššího vzletu těžiště bez ohledu na ztrátu horizontální rychlosti. (Jacoby, 1995)

4.6 Amortizační úhel

Amortizačním úhlem rozumíme nejmenší úhel v kolenním kloubu odrazové nohy při odrazu. U elitních skokanů je amortizační úhel v rozmezí 140 a 160 úhlových stupňů. (Antekolovič, 2006)

4.7 Doba trvání odrazu

Trvání odrazové fáze je ovlivněno několika faktory. Některé jsou pro skok prospěšné, jiné nikoliv. Krátký odrazový čas souvisí se silnou akcí odrazové nohy, což je dobré, ale zároveň nastává slabá práce paží a vysoká poloha těžiště na začátku odrazové fáze, což

je špatné. Při celkovém pohledu je délka trvání odrazu vypovídající, ale sama o sobě neindikuje špatnou nebo dobrou techniku. (Dapena, 1990)

4.8 Rotace trvající v průběhu letu

Důležitým mechanickým faktorem jsou rotace v průběhu letu. Křivka letu těžiště je po odrazu již neměnná. Lze však měnit vzájemnou polohu tělních segmentů. Změnou vzdáleností tělních segmentů od osy otáčení lze měnit hodnotu momentu setrvačnosti. Tím je ovlivněna rychlost rotace kolem dané osy. (Jacoby, 1995)

U „flopu“ lze rotaci popsat pomocí vrutové a saltové rotace. Při vrutové rotaci se tělo otáčí kolem podélné tělní osy (axis longitudinalis). Při saltové rotaci se tělo otáčí kolem osy, která náleží příčné tělní rovině (planum transversale). Saltová rotace se popisuje pomocí rotací kolem osy šípové (axis sagittalis) a osy příčné (axis transversalis). Saltová rotace má za následek pohyb kolen vzhůru a zároveň pohyb ramen zpět a dolů. Vrutová rotace způsobuje správné natočení zády k laťce. Kombinace saltové a vrutové rotace vede k poloze tváří vzhůru při přechodu laťky. Při lukovém prohnutí těla tato poloha umožňuje zdolat laťku, která je v blízkosti nejvyššího bodu dráhy těžiště těla. (Dapena, 1997)

Moment síly je vektorová fyzikální veličina, která vyjadřuje míru otáčivého účinku síly. Otáčivý účinek síly se vztahuje vzhledem k danému bodu nebo přímce. Bod, ke kterému se moment síly určuje, se nazývá momentovým bodem. Kolmá vzdálenost p vektorové přímky síly od osy otáčení je tzv. rameno síly. Necht' působíště síly je vzhledem k libovolnému bodu O určeno polohovým vektorem r . Moment síly vzhledem k bodu O je pak určen vztahem:

$$M = F \times r$$

Moment hybnosti je vektorová fyzikální veličina, kterou se popisuje rotační pohyb tělesa. Moment hybnosti se určuje vzhledem k bodu nebo ose. Moment hybnosti je určen vektorovým součinem jako:

$$H = r \times p$$

kde r je polohový vektor a p je hybnost. Vztah momentu hybnosti k momentu síly je následující:

$$M = \frac{dH}{dt}$$

Pro časový účinek momentu síly můžeme v analogii s impulsem síly získat vztah pro rotační impuls b :

$$b = H - H_0 = \int_{t_0}^t M dt$$

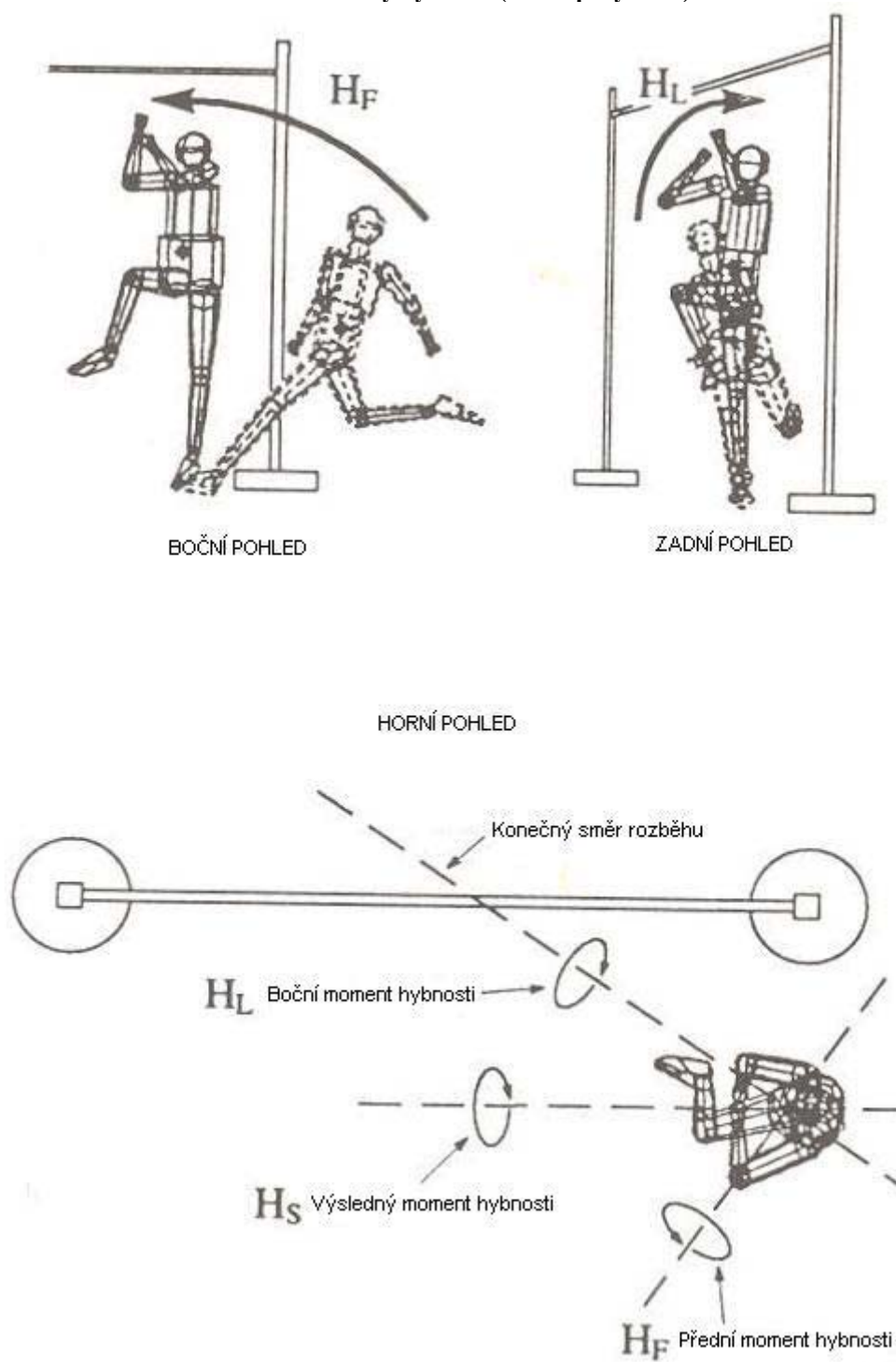
Pokud se těleso otáčí kolem osy, která je totožná s jednou z hlavních os setrvačnosti nebo kolem pevné osy, jsou složky úhlové rychlosti k osám kolmým k rotační ose nulové a točivost lze zapsat jako:

$$H = J\omega$$

Moment hybnosti má při rotačním pohybu stejný význam jako hybnost při pohybu přímočarém. Pojem momentu hybnosti je analogický pojmu hybnosti, tak jako je hybnost součinem hmotnosti a rychlosti v případě translačního pohybu, tak je moment hybnosti součinem momentu setrvačnosti J a úhlové rychlosti ω v případě rotačního pohybu. (Karas, 1989)

Během odrazu je produkován moment síly, který způsobuje změnu momentu hybnosti tělesa. Po odrazu již na atleta nepůsobí žádné síly, moment hybnosti H_S , který určuje rotace v průběhu letu, se v letové fázi již nemůže měnit. Tento moment hybnosti lze rozložit na přední moment hybnosti H_F , který vytváří rotaci kolem vodorovné osy kolmé na směr rozběhu, a boční moment hybnosti H_L , který vytváří rotaci kolem vodorovné osy směřující ve směru rozběhu (viz. Obr. 1). Skokani do výšky mají větší podíl bočního momentu hybnosti H_L než předního momentu hybnosti H_F . Složení těchto dvou komponentů nám dává výsledný moment hybnosti, který zapříčiní saltovou rotaci. Atleti, kteří mají vyšší moment hybnosti, rotují rychleji. Ženy mají menší výkonnost, tedy i kratší dobu letu, proto potřebují větší moment hybnosti, aby mohli rotovat rychleji. (Dapena, 1997)

Obr. 1 Momenty hybnosti (dle Dapeny 1997)



4.8.1 Saltová rotace kolem příčné osy

Během odrazu vytváří atlet přední moment hybnosti H_F . Při posledním kroku odrazu protlačí skokan boky vpřed, trup má tedy na začátku odrazové fáze skoku náklon vzad.

Trup při odrazu rotuje vpřed v průběhu odrazové fáze skoku a má kolmou polohu v okamžiku přerušení kontaktu s podložkou. Moment hybnosti získaný při odrazu je závislý na změně náklonu trupu při odrazové fázi. Přední moment hybnosti H_F může být zároveň ovlivněn pohybem paží a švihové nohy. Široký švih paží a odrazové nohy může atletovi pomoci vyprodukovat vysokou parabolu, zároveň při bočním pohledu způsobuje zpětnou rotaci, čímž snižuje přední moment hybnosti H_F . (Dapena, 1997)

4.8.2 Saltová rotace kolem šípové osy

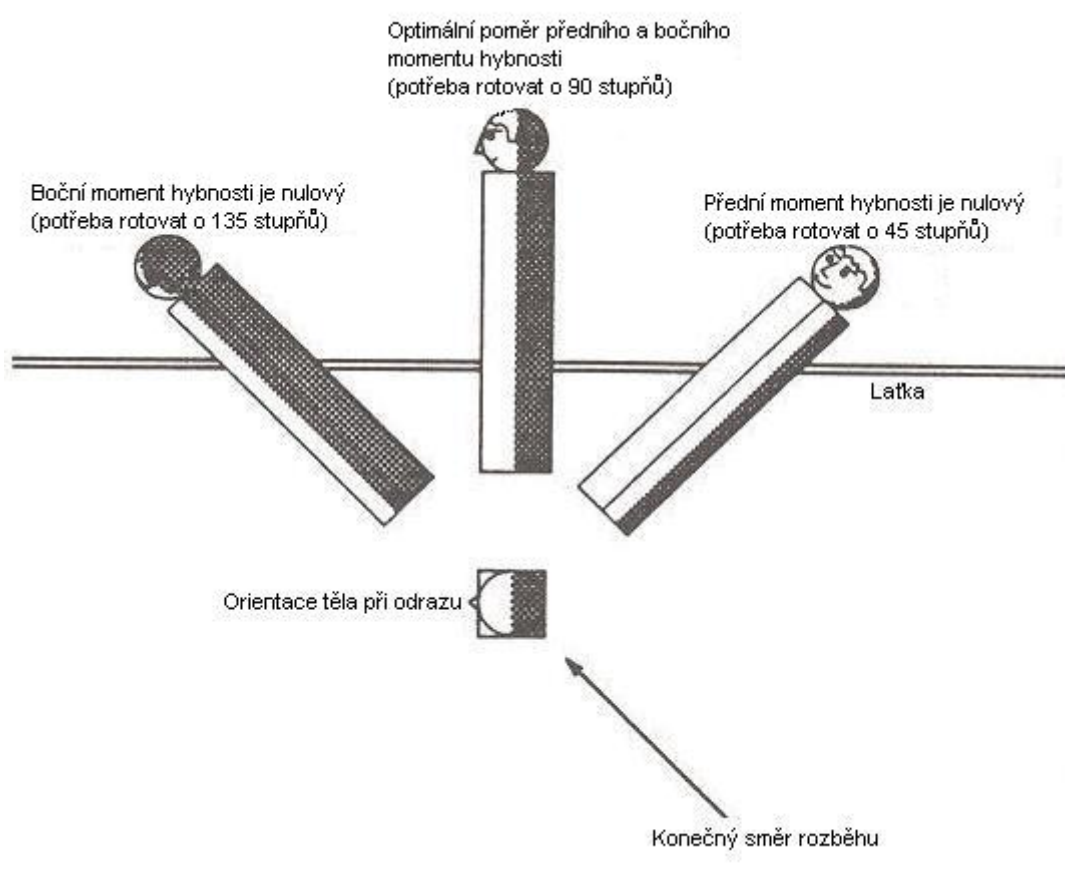
Během odrazové fáze vytváří skokan také boční moment hybnosti H_L . Při pohledu atleta, který se odráží z levé končetiny, způsobuje boční moment hybnosti pravý směr otáčení. Pokud atlet použije rovný směr rozběhu, pak bude mít při odrazu vertikální polohu trupu a na konci odrazové fáze bude značně nakloněn vpřed. Tato nakloněná poloha trupu na konci odrazu zapříčiní menší vzlet těžiště. Avšak když atlet použije zakřivený rozběh, vyklonění atleta vlevo na začátku odrazové fáze umožní atletovi mít trup svisle na konci odrazové fáze. Zakřivený rozběh společně s nárůstem bočního momentu hybnosti H_L umožní atletovi větší vzlet těžiště. Moment hybnosti získaný při odrazu je závislý na změně polohy trupu z vyklonění vlevo do svislé polohy při odrazové fázi. (Dapena, 1997)

4.8.3 Vzájemný vztah bočního a předního momentu hybnosti

Jestli bude atlet při přechodu laťky perfektně čelem vzhůru, závisí nejen na rotaci kolem podélné osy, ale i na jiných faktorech. Jedním z nich je vzájemný poměr předního momentu hybnosti H_F a bočního momentu hybnosti H_L . Nastiňme hypotetickou modelovou situaci: Atlet se rozběhl k laťce po přímé trajektorii pod rozběhovým úhlem 45° . Odrazil se bokem k laťce bez vytvoření momentu hybnosti vzhledem k podélné ose. Jak bude vypadat jeho poloha při přechodu laťky je znázorněno na Obr. 2. Při optimální kombinaci obou komponentů bude v nejvyšším bodě letové fáze skokan kolmo na laťku a potřebuje dorotovat kolem podélné osy o 90° , aby dosáhl správné polohy. Pokud vyvine atlet pouze přední moment hybnosti H_F , pak bude potřebovat rotovat kolem podélné osy o 135° , aby dosáhl korektní polohy. Pokud atlet vyvine pouze boční moment hybnosti H_L , bude muset dorotovat kolem podélné osy 45° , aby dosáhl správné polohy. Atleti s větším nárůstem předního momentu síly než s bočním

momentem síly tedy musí ve vzduchu rotovat více kolem podélné osy. Naopak atleti s menším nárůstem předního momentu síly než s bočním momentem síly nemusí ve vzduchu rotovat tak výrazně, aby dosáhli správné polohy tváří vzhůru v kulminačním bodě letu. Jestliže atlet nerotuje ve vzduchu kolem podélné osy dostatečně, projeví se to nakloněnou polohou, kde je bok švihové nohy níže. Rotuje-li atlet kolem podélné osy nadměrně, bude poloha opět nakloněná, tentokrát s nižší polohou boku odrazové nohy. (Dapena, 1997)

Obr. 2 Hypotetický model rotací (dle Dapeny 1997)



4.8.4 Vrutová rotace

Průměrný skokan se potřebuje po odrazu otočit asi o 90° od odrazu do kulminačního bodu letu. Vrutovou rotaci způsobuje pohyb švihové nohy vpřed a nahoru, aktivním pohybem ramen a paží v průběhu odrazové fáze. Tyto akce vytvoří moment hybnosti vzhledem k podélné ose. Tento moment hybnosti způsobí rotaci asi o 45° . Zbýlých 45° musí atlet rotovat pomocí akce a reakce rotace, takzvaný „catting“. Spuštěním pravé

nohy a pravé paže zeširoka dolů se zapříčiní pootočení trupu o chybějících 45°. (Dapena, 1997)

4.8.5 Kinetická energie a moment setrvačnosti

Lidské tělo nebo jeho části můžeme chápat jako soustavu jednotlivých tuhých těles (segmentů) vůči sobě navzájem daným způsobem vázaných.

Moment setrvačnosti představuje setrvačný odpor hmoty proti změnám pohybového stavu. Moment setrvačnosti hmotného bodu k ose nazýváme součin jeho hmotnosti m a čtverce jeho vzdálenosti od této osy r^2 , značíme ho J :

$$J = mr^2$$

Moment setrvačnosti soustavy hmotných bodů k ose definujeme součtem momentů setrvačnosti jednotlivých hmotných částic k této ose. Hmotnost i -tého hmotného bodu značíme m_i a vzdálenost i -tého bodu od osy otáčení r_i , pro $i \in 1, 2, \dots, n$, kde $n \in \mathbb{N}$:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2$$

V letové fázi nepůsobí na skokana žádné vnější síly (odpor vzduchu lze v tomto případě zcela zanedbat). Momenty sil vytvořily rotace atleta při odrazové fázi. Atlet má tedy ve skoku kinetickou energii při otáčivém pohybu E_k konstantní. Zároveň platí vztah energie otáčení E_k , momentu setrvačnosti J a úhlové rychlosti ω :

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega^2$$

Pokud změníme moment setrvačnosti, pak se změní i úhlová rychlost, tak aby byla zachována konstantní energie otáčení. (Karas, 1989)

Dráha těžiště je po dokončení odrazu již neměnná, můžeme však měnit polohu tělních segmentů, musí však být zachovány výše uvedené vztahy. Hýbáme-li jednou částí těla v jednom směru, musíme zároveň pohybovat jinou částí těla ve směru opačném. Využití tohoto principu může atlet pro zvýšení polohy boků po dosažení laťky rameny. Snížením polohy hlavy zakloněním a pokrčením dolních končetin docílí atlet zvýšení polohy boků. Toto je důvod prohnutí ve tvaru luku v okamžiku přechodu laťky.

Rotace jsou po odrazu stejně jako dráha těžiště pevně stanoveny. Ačkoliv jisté možnosti změny rotace jsou stále možné. Snížením rychlosti rotace některé části těla se rychlost rotace jiné části těla zvýší. Pokud skokan po odrazu skrčí odrazovou končetinu a propne

ji v kyčli, způsobí tím zpomalení saltové rotace. Jako protiakce této akci nastane rychlejší rotace trupu kolem laťky. Stejně tak atlet urychlí rotaci dolních končetin při přechodu nad laťkou předklonem trupu a přitažením dolních končetin.

Tyto dva principy jsou pro korektní přechod laťky velmi důležité. Napřed se atlet prohne, aby zvýšil polohu boků, a následně zruší prohnutí, čímž sníží vysokou polohu boků a rotaci trupu, ale zároveň zapříčiní zvýšení polohy a rychlejší rotaci dolních končetin nad laťkou. Velmi důležité je správné načasování těchto akcí. Pokud atlet zruší prohnutí předčasně, potom sedne na laťku a srazí ji. Pokud zruší prohnutí pozdě, srazí laťku patami.

Další způsob, jak může atlet ovlivnit letovou fázi, je skrze moment setrvačnosti. Pokud atlet vzdálí více částí těla od osy otáčení, pak sníží rychlost rotace kolem dané osy. Pokud naopak přiblíží více částí těla k ose otáčení, pak se rychlost otáčení kolem dané osy zvýší. Pro rychlost saltové rotace je důležitá poloha dolních končetin. Pokud atlet propne dolní končetiny po odrazu, sníží tím rychlost rotace. Pokrčení dolních končetin naopak zapříčiní zrychlení saltové rotace. (Dapena, 1997)

4.9 Hodnoty vybraných kinematických parametrů elitních skokanů

Jaroslav Bába je český reprezentant ve skoku vysokém. Jeho technika se dá popsat jako „power“ flop. Tomu napovídá nižší horizontální rychlost těžiště, nižší poloha těžiště v průběhu přípravy na odraz a delší trvání oporových fází. Naopak technika švédského reprezentanta Stefana Hölma se dá popsat jako „speed“ flop, čemuž jasně nasvědčují hodnoty kinematických parametrů, které byly získány na Mistrovství světa v atletice konaném v Helsinkách v roce 2005 (viz. Tab. 1).

Tab. 1 Výsledky atletického světového šampionátu 2005 (dle Isolehta 2007)

kinematické parametry	Bába	Hölm
výška překonané laťky (cm)	229	229
výška těžiště na začátku odrazové fáze (m)	0,93	0,87
výška těžiště na konci odrazové fáze (m)	1,41	1,28
maximální výška letu těžiště (m)	2,33	2,32
horizontální rychlost těžiště v okamžiku došlapu (ms^{-1})	7,28	8,11
horizontální rychlost těžiště v okamžiku odrazu (ms^{-1})	3,27	4,73
vertikální rychlost těžiště v okamžiku došlapu (ms^{-1})	-0,36	-0,07
vertikální rychlost těžiště v okamžiku odrazu (ms^{-1})	4,25	4,51
délka posledního kroku (m)	2,03	1,99
odklon od laťky při dokroku (úhlové stupně)	53	64
trvání oporové fáze předposledního kroku (s)	0,16	0,145
trvání odrazu (s)	0,2	0,15
úhel v kolenním kloubu odrazové končetiny na začátku odrazu (úhlové stupně)	172	162
nejmenší úhel kolenního kloubu odrazové končetiny při odrazu (úhlové stupně)	142	143
úhel v kolenním kloubu odrazové končetiny na konci odrazu (úhlové stupně)	171	175

5 Didaktika skoku do výšky

Didaktika atletiky zahrnuje vyučovací proces s atletickým obsahem, specifickými úkoly, metodami a formami. Jde o specializovaný tělovýchovný proces se stránkou výchovnou a vzdělávací. Vzdělávací stránka je vyjádřena motorickým učením a s ním spojenými specifickými vědomostmi. Souhrnně se efekt vzdělávací stránky tělovýchovného procesu s atletickým obsahem projevuje ve zvyšování úrovně obecných a speciálních schopností a v získávání atletických dovedností. Výchovná stránka tělovýchovného procesu s atletickým obsahem je bezprostředně spojena se stránkou vzdělávací a vychází z ní. Je zaměřena na výchovné faktory, které kladně ovlivňují úroveň a účinnost vzdělávacího procesu s atletickým obsahem a z nich odvozené i faktory obecně výchovné. (Dostál, 1994)

Při skoku vysokém se atlet pohybuje při rozběhu po zakřivené trajektorii, na rozdíl od ostatních skokanských disciplín. To vybízí k originálním přístupům v tréninku, jak u atleta, tak u trenéra. Obvyklé tréninkové metody u horizontálních skoků nejsou nutně nejlepší pro trénink skoku do výšky.

Přirozeně vypadá zaměření tréninku na přechod laťky. Ovšem po odrazu se již dráha letu těžiště skokana nedá měnit. Na druhou stranu je vše, co se děje ve vzduchu, ovlivněno rozběhem a odrazem. Trénink by se tedy měl zaměřit především na rozvoj techniky rozběhové a odrazové fáze. Pokud je skokanova technika korektní při rozběhu a odrazu, pak se skokan nemusí obávat neúspěšného přechodu laťky. V průběhu letu nastanou přirozené pohyby, které navazují na úspěšný rozběh a odraz. Přechodová fáze se zlepšuje se závodními zkušenostmi atleta. Časoprostorové uspořádání těla si atlet uvědomuje postupně lépe a zlepšuje se jeho technika přechodu laťky. Důležité je uvědomit si, že všechny síly, které určují dráhu letu, se vyvíjejí na zemský povrch. Proto je doporučováno 90% tréninkového času věnovat technickým aspektům rozběhu a odrazu. (Jacoby, 1995)

5.1 Procesy ve vývoji techniky

Technika je součástí tréninku v průběhu celé sportovní kariéry. Zpočátku jde o osvojování a zdokonalování základů, u zkušených sportovců o procesy diferenciacce, integrace a stabilizace.

Diferenciace techniky se chápe jako její specializované zaměření. Diferencují se podstatné a nepodstatné součásti techniky, postupně se sdružují v celky příslušných dovedností (uzavřené či otevřené, cyklické, acyklické či kombinované), které se v tréninku zpevňují.

Integrace směřuje k formování ucelené struktury dovedností, tj. ke sjednocení všech součástí techniky. Postupně se jedná i o integraci dalších faktorů výkonu (kondičních, taktických, psychických atd.). Tím se dosahuje vysoké účinnosti techniky.

Stabilizace techniky se týká dvou zásadních problémů: dokonalost je dána jak dostatečným zpevněním techniky, tak její odolností vůči rušivým vlivům prostředí. (Dovalil, 2002)

5.2 Motorické učení

Sportovní dovednosti patří k limitujícím faktorům struktury sportovního výkonu. Pokud sportovec neumí pohybový úkol řešit správně, rychle a úsporně, nedokáže zpravidla účinně využít svých ostatních předpokladů a v jeho výkonnosti se to odrazí. Osvojování, zdokonalování a stabilizace dovedností je v tréninku zcela zásadní, ačkoliv to představuje jeden z nejsložitějších problémů sportovního tréninku. V tomto smyslu musí být trénink chápán jako zvláštní proces učení, svým zaměřením proces motorického učení.

Cílem motorického učení je prostřednictvím racionálních postupů vytvářet, zpevňovat a stabilizovat konkrétní struktury řídicích a regulačních mechanismů pohybového jednání sportovce.

Dlouhodobý, komplexní a mnohostranný proces motorického učení se obvykle člení na několik fází.

1. fáze: hrubá koordinace

Vytváří se základy dovednosti. Učení začíná seznámením s úkolem, vytvářením představy a praktickými pokusy v jednoduchých standardních podmínkách.

2. fáze: jemná koordinace

Celková struktura pohybové dovednosti se postupně zpevňuje. Koordinace pohybů se zlepšuje, mizí větší nedostatky.

3. fáze: stabilizace

Dosahuje se zpevnění pohybových struktur v odpovídající diferenciaci provedení (automatizace – variabilita), stabilizuje se technika i v různých variantách provedení. Vnímání je komplexní, uplatňují se v něm zpevněné specifické vzorce. Koordinace pohybů je na vysoké úrovni, všechny časové a dynamické parametry jsou sladěny, plně se uplatňuje vědomá kontrola. Řízení a regulace pohybů, včetně zpětných vazeb, funguje dobře.

4. fáze: variabilní tvořivost

Vysoce osvojené dovednosti se tvořivě uplatňují i ve složitých proměnlivých podmínkách. (Dovalil, 2002)

5.3 Pracovní postupy

Základní pracovní postupy při motorickém učení jsou postup komplexní (návik pohybových dovedností vcelku) a postup analytický, respektive analyticko-syntetický (návik po částech a jejich spojení v pohybový celek). (Dostál, 1994)

5.4 Míra specifičnosti cvičení

Míra specifičnosti udává, nakolik jde o shodu (podobnost či odlišnost) příslušného cvičení s finální sportovní činností, tedy s pohybovým obsahem sportovní specializace v závodním provedení. Při posuzování shody musí být brány v úvahu kinematické a dynamické charakteristiky daného cvičení a cvičení v závodním provedení. Oporou mohou být poznatky biomechaniky. Škály cvičení z hlediska míry specifičnosti jsou v různých sportech různě podobné a široké. Rámcově se rozlišují cvičení závodní, speciální a všeobecně rozvíjející.

Závodní cvičení se v plném rozsahu shodují s provedením soutěžním (v obsahu i struktuře). Děje se tak v tréninkových podmínkách. Pohybový projev je zachován jako celek. Jejich hlavní smysl spočívá v kompletování všech faktorů výkonu, tudíž jsou komplexní povahy a slouží také k ověření závodních podmínek.

Specifická cvičení předpokládají vyšší až vysoký stupeň shody s obsahem a strukturou sportovní specializace. Mohou představovat různé dílčí části a varianty finálního provedení nebo se mu podobají. Cíleně a výběrově mají ovlivnit jednotlivé faktory sportovního výkonu, řeší se v nich dílčí úkoly. Například slouží ke zdokonalování techniky, kondice, taktiky.

Cvičení všeobecně rozvíjející jsou jako nespecifické prostředky od obsahu i struktury specializace vzdálené. Zaměřuje se na celkový rozvoj svalstva, podporu srdečně-oběhového a dýchacího systému. Rozvoj koordinace, volných vlastností aj. (Dovalil, 2002)

5.5 Tréninkové techniky

Technický trénink atleta může být chápán jako individuální proces přibližování techniky atleta k „Modelové technice“. Trenér a atlet vizuálním a verbálním způsobem hodnotí a srovnávají pohybové návyky atleta s optimální technikou. Jedním z hlavních cílů technického tréninku je odstraňování chyb a zároveň snaha vyvarovat se nedorozumění při hledání a odstraňování těchto chyb. (Tidow, 1990)

5.6 Tréninkové prostředky

- Skoky přes laťku závodním způsobem i jinými způsoby a jejich modifikace. Skoky z plného rozběhu na středních a vyšších výškách, skoky ze středního rozběhu, skoky z rozběhu s navozením situace v závodě.
- Speciální průpravná cvičení. Zahrnují speciální průpravná cvičení na techniku skoku, především na způsob a charakter pohybu, přípravu na odraz s přepětím a rotací, na přechod laťky a dopad.
- Prostředky na rozvoj diagnostického vnímání. Zahrnují cvičení rozlišující čivosti, vnímání času rytmu a prostoru. Dále cvičení na zdokonalení pohybové představy a paměti. Například verbálním či kresebným vyjádřením vlastního aktuálního provedení pohybu, okamžitě konfrontovaného se záznamem trenéra, videa atd.(Dovalil, 2002)

VÝZKUMNÁ ČÁST

6 Cíle a úkoly práce

Hlavním cílem práce je zjištění, jakým způsobem ovlivňují techniku skoku vysokého vybrané specifické tréninkové prostředky. Pro přesné zjištění mechanických parametrů byla zvolena kinematická analýza.

6.1 Cíle práce

S ohledem na možnost využití prostorové kinematografie jsem se rozhodl stanovit následující cíle:

1. Zjistit, jak se mění vybrané kinematické parametry u skokanů ve vybraných tréninkových metodách.
2. Nalézt některé prostorové, časové, časoprostorové a dynamické charakteristiky skoku do výšky.
3. Odhalit rezervy v technice V. Urbana a V. Hojky.

6.2 Úkoly práce

Pro splnění výše uvedených cílů budou řešeny následující úkoly:

1. Provést rozbor odborné literatury s problematikou skoku do výšky.
2. Pomocí videokamer získat potřebné kinematické údaje V. Urbana a V. Hojky ve třech skocích z plného rozběhu: První pokus bez pokynů, druhý pokus s pokynem dosažení vyšší rozběhové rychlosti a vyšší intenzity provedení celého skoku (dále jen rychlostní pokus) a třetí pokus s pokynem na dosažení správné polohy na odraze (dále jen polohovaný pokus).
3. Určit biomechanické parametry, které budou porovnávány.
4. Analyzovat videozáznam na základě 3D analýzy pomocí systému APAS (Ariel Performance Analysis System) a získat zvolené biomechanické parametry.
5. Porovnat a vyhodnotit získané kinematické parametry. Porovnat kinematické parametry s vybranými skokany do výšky z literatury.

7 Hypotézy

1. Předpokládám, že existují rozdíly v technice skoků L. Urbana a L. Hojky.
2. Předpokládám, že se hodnoty získaných kinematických parametrů ve skocích s různými pokyny budou lišit.
3. Předpokládám, že se skoky L. Urbana a L. Hojky budou ve sledovaných parametrech lišit ve srovnání se světovou špičkou.

8 Metody zjišťování dat

Pro provedení kinematické analýzy byl použit videoanalyzátor APAS (Ariel Performance Analysis System). Nejprve byl natočen pevně daný objekt, u něhož jsou známy rozměry, pak byla natočená daná časoprostorová událost, která je stanovena v úkolech práce. To jsou tři pokusy závodní technikou z plného rozběhu u každého atleta, každý pokus s jiným pokynem. První pokus byl bez pokynu. Při druhém pokusu byl dán skokanovi pokyn, aby dosáhl vyšší rozběhové rychlosti a snažil se o provedení skoku s vyšší intenzitou. Ve třetím pokusu byl dán skokanovi povel, aby se snažil o technicky správné provedení (správná poloha a sklon trupu při odrazu, správná poloha ramen, paží a boků). Pokud skokan překonal laťku při všech třech pokusech, zvýšila se poloha laťky o 5 cm. Analyzované jsou pokusy na nejvyšší výšce, kde se atletovi podařilo překonat laťku při všech pokynech. Dalším krokem byla digitalizace videozáznamu, určení soustavy souřadnic (pomocí pevného objektu) a následná digitalizace dané časoprostorové události. Po digitalizaci následovala práce s výstupními daty: sestavení tabulek, vytvoření grafů a výpočty ze vzorců, do nichž se zadávají výstupní data.

8.1 Sledované kinematické parametry

8.1.1 Časové hodnoty

- t_1 čas dokroku při předposledním kroku
- t_2 čas, kdy se těžiště nachází v nejnižším bodě při předposledním kroku (amortizační bod při předposledním kroku)
- t_3 čas posledního kontaktu s podložkou při předposledním kroku
- t_d čas nasazení do odrazu (první kontakt s podložkou při odrazové fázi)
- t_{\min} čas, kdy se těžiště nachází v nejnižším bodě při odrazu
- t_{am} čas, kdy má odrazová končetina nejnižší úhel v kolenním kloubu při odrazové fázi
- t_o čas dokončení odrazu (poslední okamžik, kdy se atlet dotýká podložky)

- t_{\max} je čas, kdy se těžiště nachází v kulminačním bodě letu (nejvyšší poloha těžiště těla)
- trvání odrazové fáze
- trvání oporové fáze předposledního kontaktu s podložkou

8.1.2 Délkové hodnoty

- výška laťky nad zemí
- délka posledního kroku před odrazem
- odrazová vzdálenost
- kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu
- H_1 výška těžiště v okamžiku došlapu předposledního kroku (v čase t_1)
- H_2 nejmenší výška těžiště v předposledním kroku (v čase t_2)
- H_3 výška těžiště při posledním kontaktu s podložkou v předposledním kroku (v čase t_3)
- H_d výška těžiště v okamžiku nasazení do odrazu
- H_{\min} výška těžiště v okamžiku nejmenší vzdálenosti od země (při odrazové fázi)
- H_o výška těžiště v okamžiku ukončení odrazu a zahájení letové fáze
- H_{\max} maximální výška těžiště nad zemí v letové fázi
- vertikální pohyb těžiště v průběhu skoku
- převýšení laťky těžištěm skokana
- zdvih těžiště, rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším bodem těžiště v oporové fázi
- kolmá vzdálenost kulminačního bodu od svislé roviny laťky

8.1.3 Rychlostní hodnoty

- horizontální a vertikální rychlost těžiště při došlapu v předposledním kroku
- horizontální a vertikální rychlost těžiště na začátku odrazové fáze
- horizontální a vertikální rychlost na konci odrazové fáze (vzletová rychlost)
- změna horizontální a vertikální rychlosti v průběhu odrazové fáze
- průběh horizontální a vertikální rychlosti těžiště před odrazem

8.1.4 Úhlové hodnoty

- úhel kolena odrazové nohy při došlapu

- amortizační úhel
- úhel kolena při posledním kontaktu s podložkou
- odrazový úhel
- úhel odklonu od laťky při zahájení odrazu
- rozběhový úhel
- úhel nasazení do odrazu

8.2 Výzkumný soubor

Jako výzkumný soubor jsem zvolil dva výškaře, kteří mají rozdílnou techniku. Technika L. Urbana je bližší silovému provedení. Technika L. Hojky inklinuje spíše k rychlostnímu provedení skoku. Oba výškaři jsou absolventi FTVS a jsou tedy seznámeni se sportovním tréninkem, jehož zásady v tréninku dodržují. Oba zároveň soutěží v 2. lize a mají podobnou výkonnost nad 190 cm, čímž je zajištěno že budu porovnávat dva výškaře podobné výkonnosti.

8.3 Způsob získání dat

Pro vytvoření vhodných podmínek k analýze techniky jsme si vybrali skokanské doskočiště na atletickém stadionu u Fakulty tělesné výchovy a sportu v Praze, kde jsme mohli bez rušení natočit tréninkové skoky.

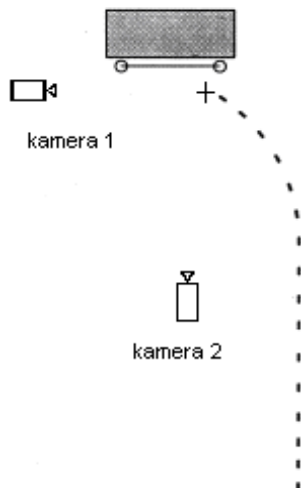
Úkolem bylo získat videozáznam tří různých tréninkových pokusů na maximální možné výšce. První pokus byl bez pokynů. V druhém pokusu dostali atleti pokyn, aby se pokusili o maximální možnou intenzitu. Skokani se měli snažit o vyvinutí nadstandardní rozběhové rychlosti a maximálního impulsu síly při odrazu. Naopak v posledním třetím pokusu se měli atleti soustředit na správné provedení techniky skoku. Skokani se měli snažit o správné nasazení do odrazu, správnou polohu ramen a boků, odklon trupu v průběhu odrazu.

Pro pořízení videozáznamu byly k dispozici dvě digitální kamery značky PANASONIC NV-GS400, 3CCD ECAM s frekvencí snímání 50 Hz. Kamera vytvoří 50 snímků za sekundu, čas mezi dvěma snímky je 0,02 s. Dodání, umístění a obsluhu digitálních kamer zajišťovali pracovníci CASRI.

S pracovníky CASRI jsme rozmístili kamery – jedna snímala pokusy pod úhlem 90° vůči laťce a druhá kamera byla postavena souběžně s rovinou stojanů tak, aby zabírala

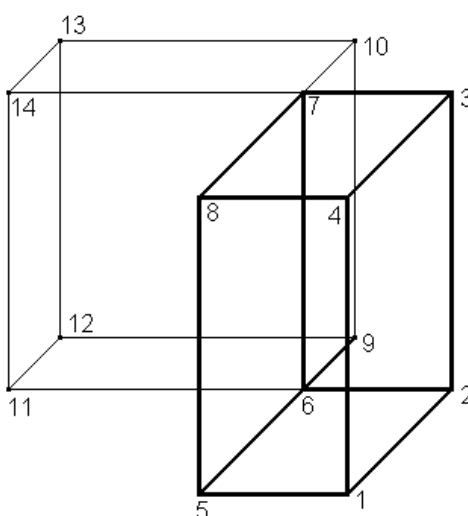
skokany z přední části (viz. Obr. 3). Toto rozmístění kamer je vhodnější pro analýzu předodrazového rytmu.

Obr. 3 Rozmístění kamer



Před záznamem skoků byl prostor v blízkosti místa odrazu kalibrován. Kalibrace byla provedena natočením dvou kvádrů o rozměrech 2 m, 2 m, 1 m. Kvádry stály na zemi stranou o rozměrech 1 m, 2 m. Oba kvádry se navzájem dotýkaly hranou o délce 2 m a byly navzájem pootočené o 90 úhlových stupňů kolem společné hrany (viz. Obr. 4). Toto rozmístění kvádrů umožnilo přesnější digitalizaci větší části prostoru. Kalibrační kvádry jsme umístili před doskočiště a následně byly natočeny, abychom záznam později využili k vytvoření souřadnicového systému.

Obr. 4 Znárodnění polohy kalibračních kvádrů a označení jejich vrcholů



Atleti se rozcvičili jako před závodem. A následně byly natočeny tři tréninkové pokusy s různými pokyny. Natáčeli jsme zároveň na obě kamery všechny tréninkové skoky výškařů s různými pokyny na provedení. L. Urban úspěšně překonal třikrát výšku 190 cm s různými pokyny. Výšku 195 cm překonal pouze bez pokynů, proto k následné analýze byly použity pouze pokusy na výšce 190 cm. L. Hojka úspěšně překonal třikrát výšku 180 cm s různými pokyny. Ze zdravotních důvodů již k dalším pokusům nenastoupil, proto k následné analýze byly použity pouze pokusy na výšce 180 cm.

Pracovníci CASRI převedli videozáznamy z obou kamer do digitální podoby. Vytvořili soubory s koncovkou AVI, na kterých byly záznamy z kamer. Oba vytvořené videosoubory pracovníci CASRI rozdělili v programu FAST.FORWARD (v. 1.75) na videosoubory tak, aby na každém souboru byl jeden skokanský pokus. Také vytvořili AVI soubory, na kterých byly záběry kalibračních kvádrů. Tyto soubory představovaly dostatečná vstupní data pro program APAS.

8.4 Způsob zpracování dat programem APAS

Systém APAS je založen na analýze pomocí prostorové kinematografie s využitím statického postavení kamer. Tento systém byl instalován v roce 1988. Aplikace tohoto špičkového analyzátoru americké výroby přinesla od roku 1989 v české vrcholové atletice jednak první možnosti porovnání úrovně základních biomechanických

parametrů s výsledky mezinárodních výzkumů, jednak velmi rychlou kontinuální analýzu s přenosem do tréninkové praxe.

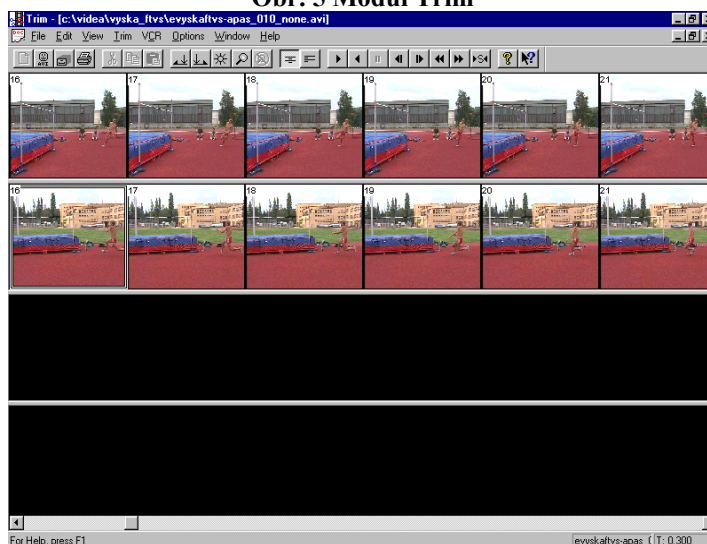
Program APAS obsahuje několik modulů (TRIM, DIGITIZE, TRANSFORM, FILTER, DISPLAY), ve kterých jsou postupně získávána výstupní data. Napřed jsou synchronizovány dvojice videosouborů, následně je digitalizována poloha tělesných segmentů, z níž mohou být nakonec dopočítána další data (např. poloha těžiště, úhel odrazu, rychlosti tělních segmentů).

S programem APAS jsem byl seznámen pracovníky CASRI v laboratořích v průběhu zpracovávání dat.

8.4.1 modul Trim

V tomto modulu program APAS synchronizuje dva AVI soubory stejných skoků z různých kamer. Synchronizace se provede nalezením snímků na obou záběrech, které zabraly časově shodný okamžik. My jsme zvolili snímek posledního kontaktu atleta se zemí. Dále se v modulu TRIM určí začátek a konec analyzované části skoku (viz. Obr. 5). Výstupní data tohoto modulu jsou dva AVI soubory, které mají stejnou délku a jsou synchronizované. Analyzovaná část skoků nepřesáhla 50 snímků.

Obr. 5 Modul Trim

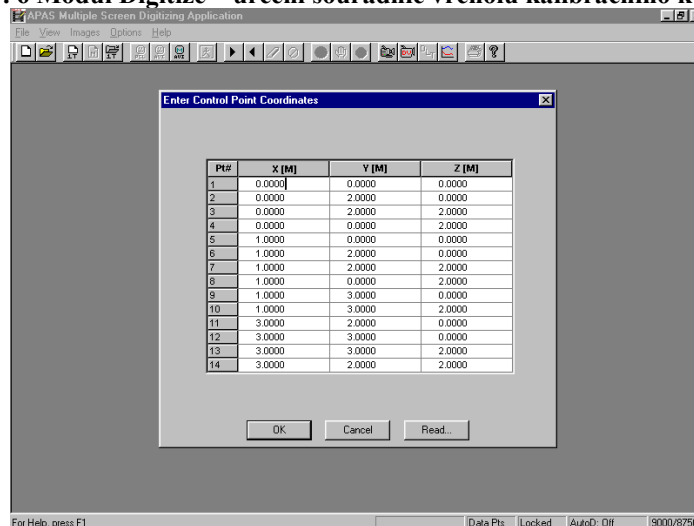


8.4.2 modul Digitize

V tomto modulu je vytvořena poloha určených tělesných segmentů na každém snímku z AVI souborů, které jsme vytvořili v modulu TRIM. Nejdříve jsme vytvořili kartézskou soustavu souřadnic. Na záběrech kalibračních kvádrů jsme označili vrcholy (viz. Obr. 4), kterým jsme v modulu přiřadili prostorové souřadnice (viz. Obr. 6). Na

každém analyzovaném záběru jsme označili špičky chodidel, kotníky, paty, kolena, kyčle, ramena, lokty, zápěstí, bradu, hlavu a také laťku na stojanech.

Obr. 6 Modul Digitize – určení souřadnic vrcholů kalibračního kvádrů



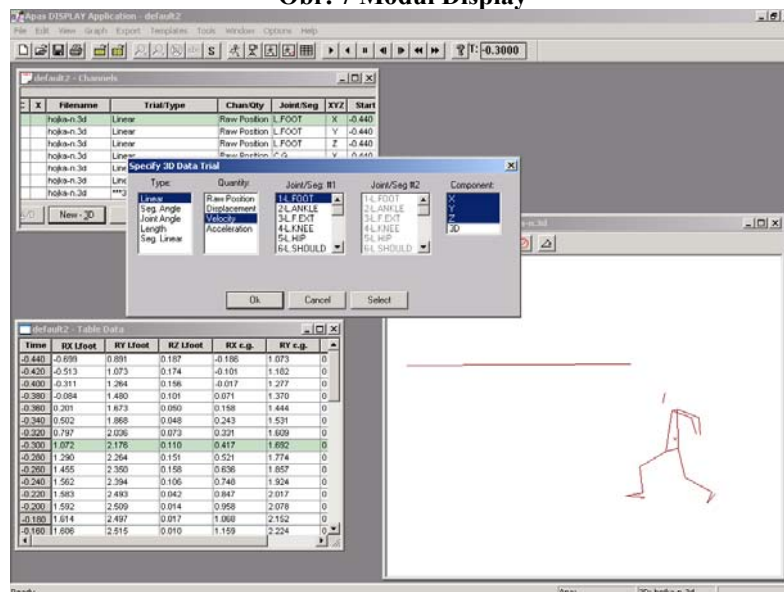
8.4.3 modul Transform

V modulu Transform program provede zobrazení $2D \times 2D \rightarrow 3D$. Z dvourozměrných vektorů zaměřených bodů na obou záběrech videokamer získaných v modulu Digitize vypočítá souřadnice bodů v prostoru vzhledem ke zvolené kartézské soustavě souřadnic. K těmto výpočtům potřebuje program APAS i souřadnice vrcholů kalibračních kvádrů.

8.4.4 modul Display

Modul Display může zobrazit polohu jednotlivých segmentů v prostoru. Dále může vypočítat polohu těžiště, rychlost jednotlivých tělních segmentů, zrychlení jednotlivých tělních segmentů a úhly mezi tělními segmenty. Modul může jednotlivá data zobrazovat nejen pomocí tabulky, ale i grafu (viz. Obr. 7). Modul umožňuje export dat do programu Microsoft Excel, v kterém byla část výsledků zpracována.

Obr. 7 Modul Display



8.5 Zpracování dat programem Microsoft Excel

V programu Microsoft Excel bylo zapotřebí dopočítat některé kinematické parametry. Pro vzdálenost dvou bodů $X = [x_1, x_2, x_3]$, $Y = [y_1, y_2, y_3]$ v kartézské soustavě souřadnic platí:

$$\rho(X, Y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2}$$

Tento vztah byl použit při výpočtu délky posledního kroku.

Vzdálenost bodu $A = [x_a, y_a]$ od přímky zadané v obecném tvaru $p : ax + by + c = 0$ je dána vztahem :

$$\rho(A, p) = \frac{|ax_a + by_a + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

Tento vztah byl využit při výpočtu odrazové vzdálenosti a při ostatních výpočtech vzdáleností od laťky.

Odchylkou nenulových vektorů $u = (u_1, u_2, u_3)$, $v = (v_1, v_2, v_3)$ nazveme číslo $x \in \langle 0, \pi \rangle$, pro které platí:

$$\cos x = \frac{u \circ v}{\|u\| \cdot \|v\|}$$

Velikost úhlu lze tedy určit výpočtem ze vzorce:

$$x = \arccos\left(\frac{u_1 \cdot v_1 + u_2 \cdot v_2 + u_3 \cdot v_3}{\sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \cdot \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2}}\right)$$

Tento vztah byl použit při výpočtu odrazového úhlu a úhlů odklonu a záklonu těla. Výsledek je v obloukové míře, pro lepší orientaci byli radiány převedeny na úhlové stupně.

Nechť je zadán nenulový vektor $v = (a, b)$ a dva různé body v rovině: $O = [o_1, o_2]$, $G = [g_1, g_2]$. Pokud bodem O vedeme přímkou, jejímž normálovým vektorem je v , a bodem G vedeme přímkou, jejímž směrovým vektorem je v , pak průsečík těchto dvou přímek má souřadnice:

$$\left[\frac{a^2 o_1 + a b o_2 - a b g_2 + b^2 g_1}{a^2 + b^2}, \frac{a^2 g_2 - a b g_1 + a b o_1 + b^2 o_2}{a^2 + b^2} \right]$$

Výpočet těchto souřadnic bylo nutné provést pro určení odklonu těžiště od laťky.

9 Výsledky a diskuse ke skokům

9.1 Výsledky časových parametrů

9.1.1 Trvání oporové fáze předposledního kroku a odrazu

Trvání oporových fází se mezi jednotlivými pokusy liší. Při rychlostním pokusu je odrazová fáze kratší než při provedení bez pokynu o 0,02 s u Hojky a o 0,04 s u Urbana. Odraz byl tedy v rychlostním pokusu proveden rychleji než při pokusu bez pokynu. Trvání předposledního kroku je u rychlostního pokusu a pokusu bez pokynu shodné u obou atletů. Při polohovaném pokusu trvá odrazová fáze u Urbana o 0,02 s déle než u pokusu bez pokynu, u Hojky je při polohovaném pokusu odrazová fáze stejně dlouhá jako odrazová fáze při pokusu bez pokynu. Doba trvání předposledního kroku při polohovaném pokusu je u obou skokanů o 0,02 s delší než při pokusu bez pokynu (viz. Tab. 2). Tyto parametry jsou ovlivněny rychlostí rozběhu, která je ovlivněna pokyny na provedení. Urban má kratší dobu odrazu než Hojka. Trvání oporové fáze předposledního kroku je u obou skokanů shodné.

Tab. 2 Trvání oporové fáze předposledního kroku a odrazu

jméno	pokus	oporová fáze odrazu (s)	oporová fáze předposledního kroku (s)
Hojka	bez pokynu	0,20	0,16
	rychle	0,18	0,16
	polohovaně	0,20	0,18
Urban	bez pokynu	0,16	0,16
	rychle	0,14	0,16
	polohovaně	0,18	0,18

9.1.2 Časové hodnoty klíčových momentů

Pro hodnocení grafů je nutné stanovit čas klíčových momentů skoků. Výchozí čas s nulovou hodnotou jsem v každém skoku přiřadil okamžiku odrazu. Ostatní časy se od toho okamžiku odvozují. Jsou to časy: t_1 čas dokroku při předposledním kroku; t_2 čas, kdy se těžiště nachází v nejnižším bodě při předposledním kroku; t_3 čas posledního kontaktu s podložkou při předposledním kroku; t_d čas nasazení do odrazu; t_{\min} čas, kdy se těžiště nachází v nejnižším bodě při odrazové fázi; t_{am} čas nejmenšího úhlu odrazové

končetiny v kolenním kloubu při odrazové fázi skoku; t_o čas dokončení odrazu (vždy roven nule); t_{max} je čas, kdy se těžiště nachází v kulminačním bodě letu (viz. Tab. 3).

Tab. 3 Časové hodnoty klíčových momentů

jméno	pokus	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_d (s)	t_{min} (s)	t_{am}	t_o (s)	t_{max} (s)
Hojka	bez pokynu	-0,4	-0,34	-0,24	-0,2	-0,18	-0,1	0	0,32
	rychle	-0,38	-0,34	-0,22	-0,18	-0,18	-0,1	0	0,3
	polohovaně	-0,42	-0,34	-0,24	-0,2	-0,18	-0,1	0	0,4
Urban	bez pokynu	-0,4	-0,3	-0,24	-0,16	-0,16	-0,1	0	0,36
	rychle	-0,36	-0,3	-0,2	-0,14	-0,14	-0,08	0	0,34
	polohovaně	-0,4	-0,32	-0,22	-0,18	-0,16	-0,08	0	0,36

9.2 Délkové parametry

9.2.1 Výška laťky

Hojka překonal tři analyzované skoky ve výšce 180 cm a Urban překonal třikrát laťku ve výšce 190 cm. Vzdálenost laťky od země podle programu APAS po zaokrouhlení na centimetry odpovídá těmto výškám (viz. Tab. 4).

Tab. 4 Výška laťky nad zemí

jméno	pokus	výška laťky (cm)
Hojka	bez pokynu	180
	rychle	180
	polohovaně	180
Urban	bez pokynu	190
	rychle	190
	polohovaně	190

9.2.2 Délka posledního kroku před odrazem

Hojka měl nejkratší délku posledního kroku při pokusu bez pokynu. Při rychlostním pokusu poslední krok prodloužil o 1 cm a při polohovaném pokusu prodloužil délku posledního kroku o 2 cm oproti pokusu bez pokynu. Urban zachoval při rychlostním pokusu stejnou délku kroku jako při pokusu bez pokynu. Při polohovaném pokusu zkrátil délku posledního kroku o 3 cm. (viz. Tab. 5). Délka posledního kroku se u vrcholových skokanů pohybuje kolem 2 m.

Tab. 5 Délka posledního kroku

jméno	pokus	délka poledního kroku (cm)
Hojka	bez pokynu	151
	rychle	152
	polohovaně	153
Urban	bez pokynu	143
	rychle	143
	polohovaně	140

9.2.3 Odrazová vzdálenost

Odrazová vzdálenost v rychlostním provedení se liší od provedení bez pokynů o 2 cm u Urbana a o 3 cm u Hojky. Při polohovaném pokusu se odrazová vzdálenost liší od provedení bez pokynu o -1 cm u Urbana a o -2 cm u Hojky (viz. Tab. 6). Oba atleti mají pevně zažitou krokovou šablonu, která nebyla výrazně ovlivněna pokyny na provedení skoku. Dalo by se očekávat, že při pokynu rychlejšího rychlostního provedení skoku atleti navýší horizontální rychlost a dostanou se k laťce blíže. Atleti ale naopak při rychlém provedení zvýšili odrazovou vzdálenost. Při polohovaném pokusu se odrazová vzdálenost od laťky oproti odrazové vzdálenosti při pokusu bez pokynů zmenšila.

Tab. 6 Odrazová vzdálenost

jméno	pokus	odrazová vzdálenost (cm)
Hojka	bez pokynu	82
	rychle	85
	polohovaně	80
Urban	bez pokynu	83
	rychle	85
	polohovaně	82

9.2.4 Kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu

U Hojky je kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu při polohovaném pokusu a při pokusu bez pokynu shodná. U rychlostního pokusu je kolmá vzdálenost těžiště od laťky u Hojky větší o 6 cm než při pokusu bez pokynu. Urban má vzdálenost těžiště od laťky při odrazu nejmenší při pokusu bez pokynu. O 5 cm je těžiště dále při polohovaném pokusu a o 13 cm dále při rychlém pokusu (viz. Tab. 7).

Tab. 7 Kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu

jméno	pokus	kolmá vzdálenost těžiště od laťky při odrazu (cm)
Hojka	bez pokynu	75
	rychle	81
	polohovaně	75
Urban	bez pokynu	72
	rychle	85
	polohovaně	77

Poloha těžiště není v žádném pokusu vzdálenější od laťky více než bod odrazu. Hojka má u pokusu bez pokynu těžiště blíže svislé roviny laťky než bod odrazu o 7 cm. U následujících dvou pokusů (rychlostním a polohovaným) je tento rozdíl o 2 cm menší. V pokusech s pokyny zaujal Hojka výhodnější polohu při odrazu než při pokusu bez pokynu. Urban má u pokusu bez pokynu těžiště blíže svislé roviny laťky než bod odrazu o 11 cm, u polohovaného pokusu je tento rozdíl o 5 cm menší. Optimálního vztahu vzdáleností pro odraz dosáhl při rychlostním provedení skoku. Těžiště se nacházelo v okamžiku odrazu ve stejné vzdálenosti jako místo odrazu. Tato poloha je výhodná pro odraz a nárůst vertikální rychlosti (viz. Tab. 8).

Tab. 8 Rozdíl odrazové vzdálenosti a vzdálenosti těžiště od laťky v okamžiku odrazu

jméno	pokus	rozdíl odrazové vzdálenosti a vzdálenosti těžiště od svislé roviny laťky v okamžik odrazu (cm)
Hojka	bez pokynu	7
	rychle	5
	polohovaně	5
Urban	bez pokynu	11
	rychle	0
	polohovaně	6

9.2.5 Výška těžiště v okamžiku došlapu předposledního kroku

Nejvyšší polohu těžiště H_1 mají atleti u pokusu bez pokynu. Hojka snížil polohu H_1 oproti pokusu bez pokynu v rychlostním pokusu o 6 mm a při polohovaném pokusu snížil polohu H_1 oproti pokusu bez pokynu o 5 mm. Urban snížil polohu H_1 oproti pokusu bez pokynu v rychlostním pokusu o 37 mm a při polohovaném pokusu snížil polohu H_1 oproti pokusu bez pokynu o 17 mm. U Urbana se pokyny v jednotlivých pokusech promítly na výšku těžiště (v okamžiku došlapu předposledního kroku) mnohem výrazněji než u Hojky (viz. Tab. 9).

Tab. 9 Výška těžiště při došlapu předposledního kroku

jméno	pokus	H_1 (m)
Hojka	bez pokynu	0,846
	rychle	0,84
	polohovaně	0,841
Urban	bez pokynu	0,988
	rychle	0,951
	polohovaně	0,971

9.2.6 Nejmenší výška těžiště v předposledním kroku

Nejvyšší polohu těžiště H_2 mají atleti u pokusu bez pokynu. Hojka snížil polohu H_2 oproti pokusu bez pokynu v rychlostním pokusu o 3 mm a při polohovaném pokusu snížil polohu H_2 oproti pokusu bez pokynu o 26 mm. Urban snížil polohu H_2 oproti pokusu bez pokynu v rychlostním pokusu o 24 mm a při polohovaném pokusu snížil polohu H_2 oproti pokusu bez pokynu také o 24 mm (viz. Tab. 10).

Tab. 10 Nejmenší výška těžiště v předposledním kroku

jméno	pokus	H_2 (m)
Hojka	bez pokynu	0,827
	rychle	0,824
	polohovaně	0,801
Urban	bez pokynu	0,952
	rychle	0,928
	polohovaně	0,928

V předposledním kroku snížili atleti nejméně polohu boků mezi okamžiky t_1 a t_2 v rychlostním pokusu, a to o 16 mm Hojka a o 23 mm Urban. Nejvíce snížili atleti polohu těžiště mezi okamžiky t_1 a t_2 v polohovaném pokusu (viz. Tab. 11). To značí důkladnější přípravu odrazu. Výraznější pohyb těžiště směrem dolů a nahoru ovlivnil i trvání předposledního kontaktu s podložkou (viz. Tab. 2).

Tab. 11 Snížení těžiště v předposledním kroku

jméno	pokus	$H_2 - H_1$ (m)
Hojka	bez pokynu	0,019
	rychle	0,016
	polohovaně	0,040
Urban	bez pokynu	0,036
	rychle	0,023
	polohovaně	0,043

9.2.7 Výška těžiště při posledním kontaktu s podložkou v předposledním kroku

Nejnižší hodnotu H_3 mají atleti u polohovaného pokusu na rozdíl od hodnot H_1 . Hojka má hodnotu H_3 u rychlostního pokusu o 10 mm vyšší než u pokusu bez pokynu. Urban má hodnotu H_3 vyšší u pokusu bez pokynu o 15 mm než u rychlostního pokusu (viz. Tab. 12).

Tab. 12 Výška těžiště při ukončení předposledního kroku

jméno	pokus	H_3 (m)
Hojka	bez pokynu	0,852
	rychle	0,862
	polohovaně	0,841
Urban	bez pokynu	0,962
	rychle	0,947
	polohovaně	0,937

V předposledním kroku dochází u Urbana k snížení těžiště. U Hojky naopak dochází k zvýšení těžiště. Oba atleti měli hodnoty $H_3 - H_1$ v rychlostním pokusu vyšší než v pokusu bez pokynu: Hojka o 16 mm a Urban o 24 mm. V polohovaném pokusu byli hodnoty $H_3 - H_1$ nižší než v pokusu bez pokynu: Hojka o 6 mm a Urban o 8 mm (viz. Tab. 13).

Tab. 13 Rozdíl výšky těžiště na začátku a na konci předposledního kroku

jméno	pokus	$H_3 - H_1$ (m)
Hojka	bez pokynu	0,006
	rychle	0,022
	polohovaně	0,000
Urban	bez pokynu	-0,026
	rychle	-0,004
	polohovaně	-0,034

9.2.8 Výška těžiště v okamžiku nasazení do odrazu

Výška těžiště na začátku odrazové fáze je významný kinematický faktor. Urban má nejvyšší hodnotu H_d při pokusu bez pokynu. H_d při rychlostním pokusu je o 14 mm menší než při pokusu bez pokynu. H_d při polohovaném pokusu je o 34 mm menší než při pokusu bez pokynu. Hojka má nejvyšší hodnotu H_d při rychlostním pokusu. H_d při pokusu bez pokynu je o 11 mm menší než při rychlostním pokusu. H_d při

polohovaném pokusu je o 18 mm menší než při rychlostním pokusu (viz. Tab. 14). Atleti mají sice srovnatelné hodnoty se světovou špičkou, nutné je ale brát v potaz rozdílnou tělesnou výšku skokanů.

Tab. 14 Výška těžiště v okamžiku nasazení do odrazu

jméno	pokus	H_d (m)
Hojka	bez pokynu	0,843
	rychle	0,854
	polohovaně	0,836
Urban	bez pokynu	0,957
	rychle	0,943
	polohovaně	0,923

9.2.9 Výška těžiště v okamžiku nejmenší vzdálenosti od země při odrazové fázi

V odrazové fázi se těžiště u atletů pohybuje především směrem vzhůru. K výraznému snížení došlo v předposledním kroku a od té doby se těžiště pohybuje vzhůru. Snížení těžiště u atletů nastane krátce v průběhu došlapu. Z blízkosti časových hodnot t_d a t_{\min} lze předpokládat blízkost hodnot H_{\min} a H_d . U skoků bez pokynu a u rychlostního pokusu jsou H_{\min} a H_d shodné. U polohovaného pokusu se poloha těžiště po odrazu mírně sníží (viz. Tab. 15).

Tab. 15 Nejmenší výška těžiště v odrazové fázi

jméno	pokus	H_{\min} (m)
Hojka	bez pokynu	0,843
	rychle	0,854
	polohovaně	0,831
Urban	bez pokynu	0,957
	rychle	0,943
	polohovaně	0,921

9.2.10 Výška těžiště v okamžiku ukončení odrazu a zahájení letové fáze

Výška těžiště v okamžiku odrazu je důležitý kinematický faktor. Urban měl polohu těžiště při odrazu nejvýše při pokusu bez pokynu. Při rychlostním pokusu měl polohu těžiště níže o 74 mm než při pokusu bez pokynu. Při polohovaném pokusu měl polohu těžiště níže o 41 mm než při pokusu bez pokynu. Hojka měl také polohu těžiště při odrazu nejvýše při pokusu bez pokynu. Při rychlostním pokusu měl polohu těžiště níže

o 6 mm než při pokusu bez pokynu. Při polohovaném pokusu měl polohu těžiště níže o 50 mm než při pokusu bez pokynu (viz. Tab. 16).

Tab. 16 Výška těžiště při ukončení odrazu

jméno	pokus	H_o (m)
Hojka	bez pokynu	1,361
	rychle	1,355
	polohovaně	1,311
Urban	bez pokynu	1,434
	rychle	1,360
	polohovaně	1,393

9.2.11 Maximální výška těžiště nad zemí v letové fázi

Urban dosáhl nejvyšší hodnoty H_{\max} v rychlostním skoku, nejnižší v polohovaném pokusu. Urban naopak dosáhl nejvyšší hodnoty H_{\max} v polohovaném skoku, nejnižší v rychlostním pokusu (viz. Tab. 17). Při porovnání nejlepších hodnot H_{\max} mezi atlety dostaneme rozdíl 67 mm. Tento rozdíl je ovlivněn rozdílnou tělesnou výškou atletů, ta je patrná v rozdílech výšky těžiště obou atletů v předodrazovém rytmu.

Tab. 17 Maximální výška těžiště v letové fázi

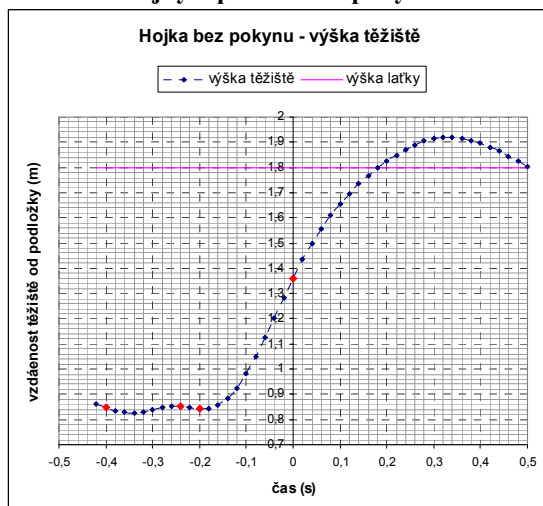
jméno	pokus	H_{\max} (m)
Hojka	bez pokynu	1,920
	rychle	1,908
	polohovaně	1,935
Urban	bez pokynu	1,997
	rychle	2,002
	polohovaně	1,954

9.2.12 Vertikální pohyb těžiště v průběhu skoku

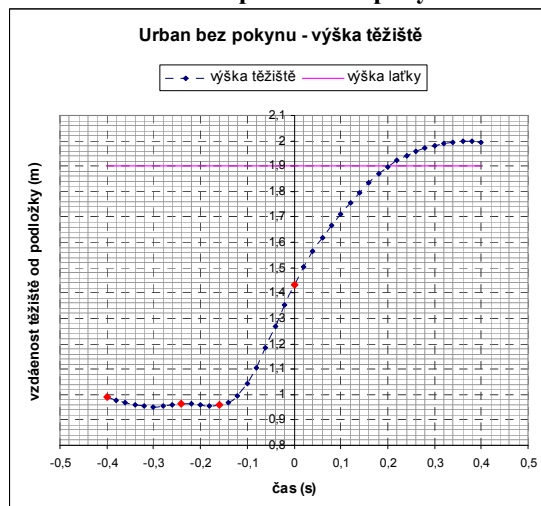
Na grafu 1 až 6 je znázorněna výška těžiště v průběhu pohybu. Časový bod nula odpovídá momentu odrazu. Červeně označené body jsou momenty seřazené podle časové posloupnosti: okamžik došlapu v předposledním kroku, okamžik odrazu v předposledním kroku, okamžik nasazení do odrazu a dokončení odrazu. Vzdálenost těžiště od země je v předposledním kroku vyznačena mezi prvními dvěma červenými body. Těžiště se napřed sníží a následně zvýší. Doba letu mezi předposledním krokem a odrazem je krátká. V odrazové fázi, která je vyznačena mezi třetím a čtvrtým červeným bodem, dochází k mohutnému zdvihu těžiště. Po dokončení odrazu je dráha těžiště již

neměnná, má tvar paraboly. Na grafech jsou patrné větší výkyvy v předposledním kroku u polohovaného pokusu při porovnání s rychlostním pokusem.

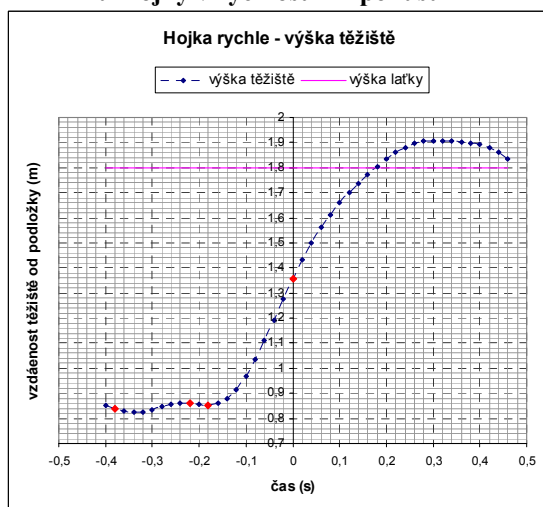
Graf 1 Výška těžiště v průběhu skoku u Hojky v pokusu bez pokynu



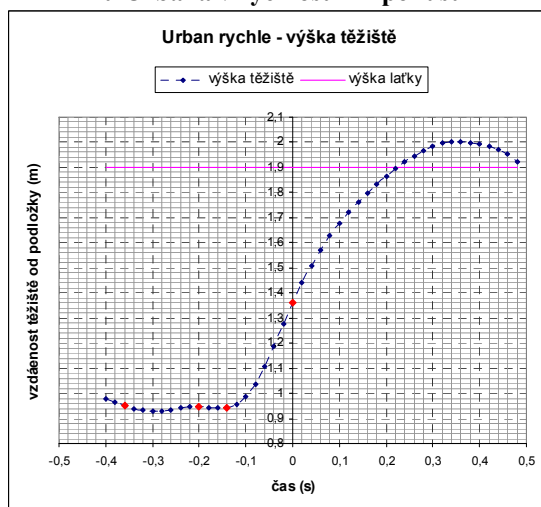
Graf 4 Výška těžiště v průběhu skoku u Urbana v pokusu bez pokynu



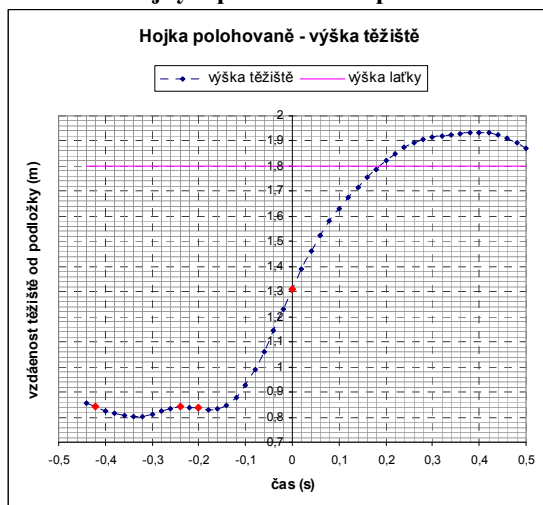
Graf 2 Výška těžiště v průběhu skoku u Hojky v rychlostním pokusu



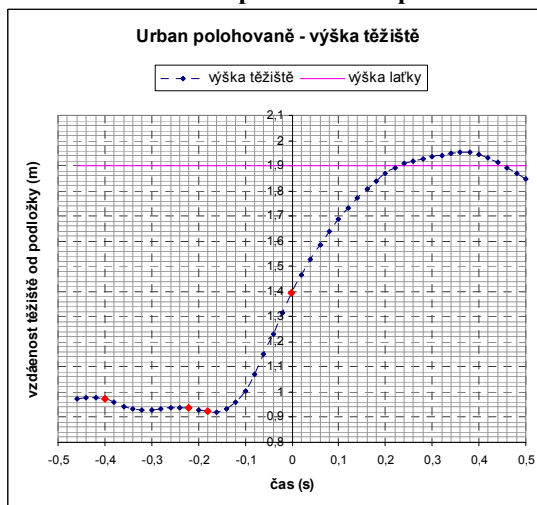
Graf 5 Výška těžiště v průběhu skoku u Urbana v rychlostním pokusu



Graf 3 Výška těžiště v průběhu skoku u Hojky v polohovaném pokusu



Graf 6 Výška těžiště v průběhu skoku u Urbana v polohovaném pokusu



9.2.13 Převýšení latky těžištěm skokana

Hodnoty okolo 10 cm svědčí o provedení korektní techniky při přechodu latky (viz. Tab. 18). Světoví skokani dosahují převýšení těžištěm latky pod 5 cm

Tab. 18 Převýšení latky těžištěm skokana

jméno	pokus	H_{\max} -výška latky (m)
Hojka	bez pokynu	0,120
	rychle	0,108
	polohovaně	0,135
Urban	bez pokynu	0,097
	rychle	0,102
	polohovaně	0,054

9.2.14 Zdvih těžiště

Rozdíl mezi nejnižším a nejvyšším bodem těžiště v odrazové fázi je dráha, po kterou působila odrazová síla vertikálním směrem. Nejvyšší hodnoty se vyskytují u pokusu bez pokynu. Urban má nejnižší hodnoty u rychlostního pokusu. Hojka má nejnižší hodnoty u polohovaného pokusu (viz. Tab. 19), to jsou paradoxně pokusy, při kterých dosáhli atleti nejlepší hodnoty H_{\max} . Hodnota zdvihu těžiště se podle výsledků nejeví pro výkon jako významný kinematický faktor, důležitější je soustředit se na hodnoty vertikální rychlosti a výšky těžiště na konci odrazové fáze.

Tab. 19 Zdvih těžiště

jméno	pokus	$H_o - H_{\min}$ (m)
Hojka	bez pokynu	0,518
	rychle	0,501
	polohovaně	0,480
Urban	bez pokynu	0,477
	rychle	0,417
	polohovaně	0,472

9.2.15 Kolmá vzdálenost kulminačního bodu od svislé roviny laťky

Urban kulminoval optimálně nad laťkou v rychlostním pokusu, v ostatních pokusech kulminoval za laťkou. Hojka kulminoval optimálně nad laťkou v polohovaném pokusu, v ostatních pokusech kulminoval před laťkou (viz. Tab. 20).

Tab. 20 Vzdálenost kulminačního bodu od svislé roviny laťky, v tabulce znaménko – značí kulminaci za laťkou, pokud je hodnota bez znaménka, kulminační bod se nacházel před rovinou laťky

jméno	pokus	kolmá vzdálenost kulminačního bodu od svislé roviny laťky (m)
Hojka	bez pokynu	9
	rychle	14
	polohovaně	-2
Urban	bez pokynu	-24
	rychle	0
	polohovaně	-10

Čím menší je rozdíl odrazové vzdálenosti a kolmé vzdálenost těžiště od laťky při odrazu, tím blíže k laťce se nachází kulminační bod letu těžiště. Hojka dosáhl optimálního místa kulminace, když se těžiště při odrazu nacházelo o 5 cm blíže k svislé rovině laťky než bod odrazu. Urban dosáhl optimálního místa kulminace, když se těžiště v okamžiku odrazu nacházelo stejně daleko od svislé roviny laťky jako bod odrazu.

9.3 Rychlostní parametry

Rychlostní parametry jsou hodnoceny podle dvou rychlostí, jejichž složením dostaneme celkovou rychlost. Jsou to rychlost horizontální v_h a rychlost vertikální v_v .

9.3.1 Rychlosti těžiště při došlapu v předposledním kroku

Horizontální rychlost v předposledním kroku je ve všech pokusech u Hojky výrazně vyšší než u Urbana. Vyšší horizontální rychlost charakterizuje rychlostní provedení skoku tzv. „Speed“ flop. Hojka zvýšil při rychlostním pokusu horizontální rychlost

o 28 ms^{-1} oproti pokusu bez pokynu, Urban tuto hodnotu navýšil pouze o 4 ms^{-1} . Při polohovaném pokusu Hojka zvýšil horizontální rychlost o 24 ms^{-1} oproti pokusu bez pokynu, Urban měl naopak tuto hodnotu nižší o 8 ms^{-1} (viz. Tab. 21).

Vertikální rychlost je u obou atletů záporná. Těžiště těla se pohybuje směrem k zemi. Tyto hodnoty jsou u obou skokanů v malém rozmezí. V polohovaném provedení je tato hodnota u obou atletů nižší, to naznačuje výraznější pohyb těla dolů a přípravu na odraz.

Tab. 21 Horizontální a vertikální rychlost těžiště na začátku předodrazového kroku

jméno	pokus	Horizontální rychlost těžiště na začátku předposledního kroku (ms^{-1})	Vertikální rychlost těžiště na začátku předposledního kroku (ms^{-1})
Hojka	bez pokynu	6,62	-0,66
	rychle	6,90	-0,65
	polohovaně	6,86	-0,77
Urban	bez pokynu	6,11	-0,53
	rychle	6,15	-0,59
	polohovaně	6,03	-0,54

9.3.2 Rychlosti těžiště na začátku odrazové fáze

Hodnoty horizontální rychlosti na začátku odrazové fáze jsou podobné jako na začátku předodrazového kroku. Hojka oproti začátku předodrazového kroku nepatrně navýšil v_h u rychlostního pokusu a u pokusu bez pokynu. U polohovaného pokusu snížil v_h oproti rychlosti na začátku předposledního kroku o $0,27 \text{ ms}^{-1}$. Hojka v_h u všech pokusů navýšil o $0,13\text{-}0,30 \text{ ms}^{-1}$ oproti rychlosti na začátku předodrazového kroku (viz. Tab. 22).

Vertikální rychlost směrem dolů se u Hojky přiblížila k nulové hodnotě, Urban se pohybuje těžištěm vzhůru na začátku odrazu u pokusu bez pokynu a u rychlostního pokusu. U polohovaného pokusu je $v_h = -0,29 \text{ ms}^{-1}$, to je o $0,5 \text{ ms}^{-1}$ jiná hodnota než ve dvou zbývajících pokusech. Elitní skokani mají vyšší horizontální rychlost na začátku odrazové fáze.

Tab. 22 Horizontální a vertikální rychlost těžiště na začátku odrazové fáze

jméno	pokus	Horizontální rychlost těžiště na začátku odrazové fáze (ms^{-1})	Vertikální rychlost těžiště na začátku odrazové fáze (ms^{-1})
Hojka	bez pokynu	6,64	-0,15
	rychle	6,93	-0,01
	polohovaně	6,59	-0,29
Urban	bez pokynu	6,38	0,25
	rychle	6,28	0,31
	polohovaně	6,33	-0,29

9.3.3 Rychlosti těžiště na konci odrazové fáze

Na konci odrazu je důležitým mechanickým faktorem vertikální rychlost těžiště. Tato rychlost je v rychlostním pokusu vyšší o 14 ms^{-1} u Hojky a o 37 ms^{-1} u Urbana. Hojka dosáhl nejvyšší vertikální rychlosti u polohovaného pokusu, narozdíl od Urbana, který v polohovaném pokusu dosáhl rychlosti nejmenší (viz. Tab. 23). Skoky s nejvyšší vertikální rychlostí měly i nejvyšší hodnoty H_{max} . Elitní skokani mají vyšší vertikální rychlost na konci odrazové fáze.

Tab. 23 Horizontální a vertikální rychlost těžiště na konci odrazové fáze

jméno	pokus	Horizontální rychlost těžiště na konci odrazové fáze (ms^{-1})	Vertikální rychlost těžiště na konci odrazové fáze (ms^{-1})
Hojka	bez pokynu	3,93	3,79
	rychle	4,14	3,93
	polohovaně	3,62	4,08
Urban	bez pokynu	3,95	3,75
	rychle	3,70	4,12
	polohovaně	3,49	3,71

9.3.4 Změna horizontální a vertikální rychlosti v průběhu odrazové fáze

Nejvyššího nárůstu vertikální rychlosti dosáhli atleti u polohovaného skoku, u tohoto skoku nastalo také největší snížení rychlosti horizontální (viz. Tab. 24). Hojka má hodnoty změn vertikální rychlosti vyšší než Urban, to je zapříčiněno rozdílnými vertikálními rychlostmi na začátku odrazové fáze.

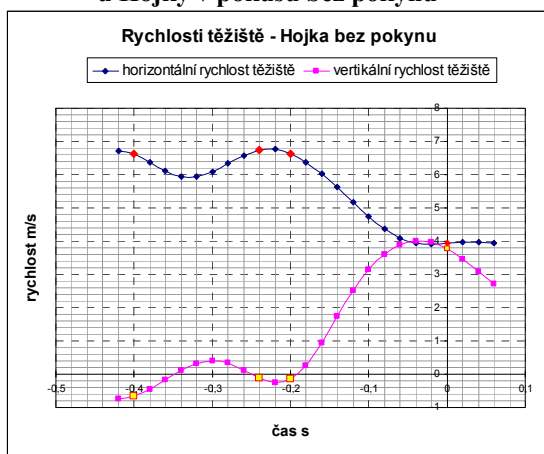
Tab. 24 Změna horizontální a vertikální rychlosti těžiště v průběhu odrazové fáze

jméno	pokus	Změna horizontální rychlosti těžiště v průběhu odrazové fáze (ms^{-1})	Změna vertikální rychlosti těžiště v průběhu odrazové fáze (ms^{-1})
Hojka	bez pokynu	-2,70	3,94
	rychle	-2,79	3,94
	polohovaně	-2,97	4,36
Urban	bez pokynu	-2,42	3,50
	rychle	-2,58	3,81
	polohovaně	-2,84	4,00

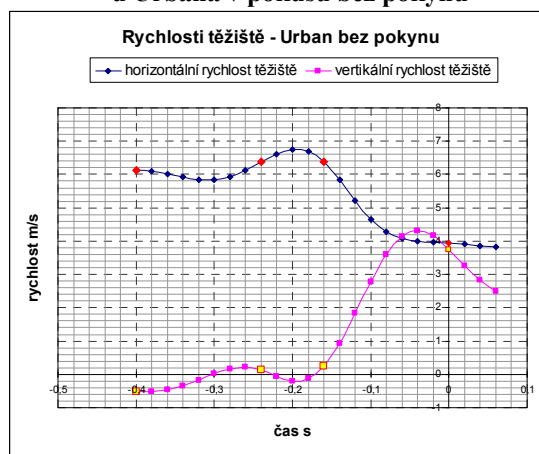
9.3.5 Průběh hodnot horizontální a vertikální rychlosti těžiště před odrazem

Na grafu 7 až 12 je znázorněna horizontální a vertikální rychlost těžiště v průběhu pohybu. Časový bod nula odpovídá momentu odrazu. Červené body na modré křivce horizontální rychlosti pohybu a žluté body na křivce vertikální rychlosti pohybu jsou momenty seřazené podle časové posloupnosti: okamžik došlapu v předposledním kroku, okamžik odrazu v předposledním kroku, okamžik nasazení do odrazu a dokončení odrazu. Rychlost těžiště v předposledním kroku je vyznačena mezi prvními dvěma body. Rychlost těžiště při odrazu je vyznačena mezi třetím a čtvrtým bodem. Se snižující se horizontální rychlostí narůstá vertikální rychlost. Tento vztah je vidět v předodrazovém kroku, ale především při odrazu. Těsně před odrazem se růst vertikální rychlost zastaví a začíná lineárně klesat.

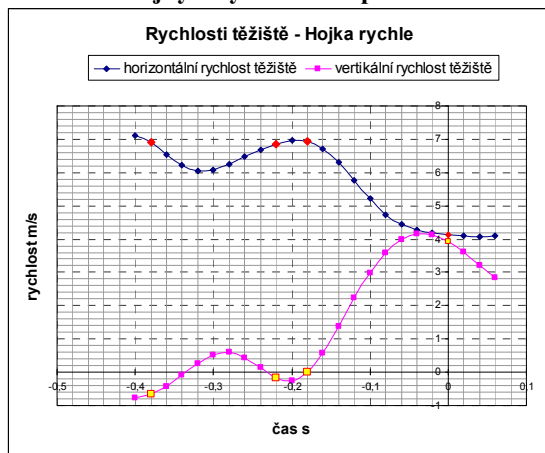
Graf 7 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Hojky v pokusu bez pokynu



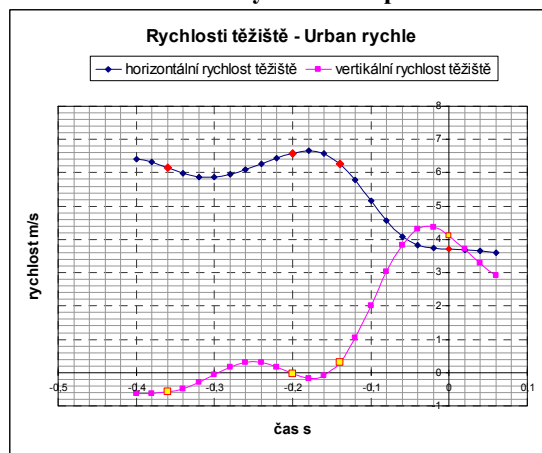
Graf 10 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Urbana v pokusu bez pokynu



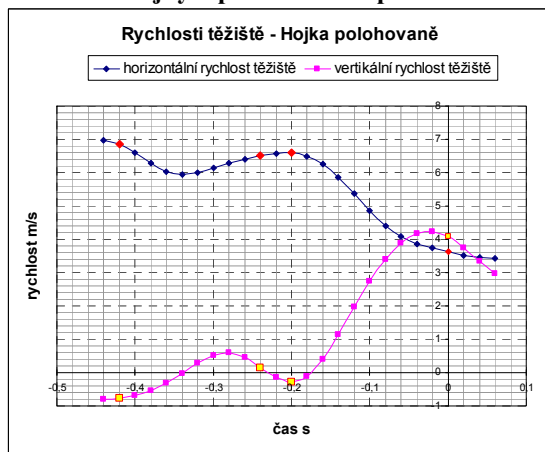
Graf 8 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Hojky v rychlostním pokusu



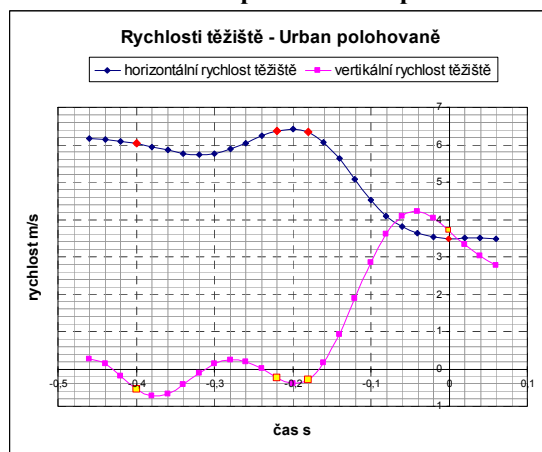
Graf 11 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Urbana v rychlostním pokusu



Graf 9 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Hojky v polohovaném pokusu



Graf 12 Rychlost těžiště v průběhu skoku u Urbana v polohovaném pokusu



9.4 Úhlové parametry

9.4.1 Úhel kolena odrazové nohy při došlapu

Velikost úhlu v kolenním kloubu na začátku odrazové fáze je u Hojky vyšší než u Urbana. Urban má nejmenší hodnoty v polohovaném pokusu, nejvyšší v pokusu bez pokynu. Hojka má nejnižší hodnoty při pokusu bez pokynu (viz. Tab. 25).

Tab. 25 Velikost úhlu kolena odrazové nohy při došlapu

jméno	pokus	úhel kolena odrazové nohy při došlapu (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	159,8
	rychle	163,4
	polohovaně	163,6
Urban	bez pokynu	157,2
	rychle	155,9
	polohovaně	154,8

9.4.2 Amortizační úhel

Nejmenší amortizační úhel měl Hojka při pokusu bez pokynu, v tomto pokusu klesl úhel od došlapu o 33°. Při rychlostním pokusu byl pokles 22° a při polohovaném pokusu 28°. Urban měl tyto změny úhlů 16°, 14° a 20° (viz. Tab. 25 a 26).

Tab. 26 Amortizační úhel

jméno	pokus	úhel kolena odrazové nohy při amortizaci (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	126,7
	rychle	143,2
	polohovaně	134,9
Urban	bez pokynu	141,5
	rychle	141,6
	polohovaně	135

9.4.3 Úhel kolena při odrazu, při posledním kontaktu s podložkou

Úhel v kolenu odrazové končetiny mají oba atleti menší u polohovaného pokusu než u rychlého pokusu. Pokud porovnáme úhel kolena na začátku a na konci odrazové fáze, má Urban na konci skoku úhel o 10° větší u všech pokusů. Hojka má u skoku bez pokynu úhel na konci skoku vyšší o 2°, u rychlostního pokusu o 10° a u polohovaného pokusu o 5° (viz. Tab. 27).

Tab. 27 Úhel v kolenu na konci odrazové fáze

jméno	pokus	úhel kolena odrazové nohy při ukončení odrazu (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	162,1
	rychle	174,4
	polohovaně	168,6
Urban	bez pokynu	169,7
	rychle	168,7
	polohovaně	164,8

9.4.4 Odrazový úhel

Odrazový úhel má Hojka optimální při polohovaném pokusu. Urban má optimální odrazový úhel při rychlostním pokusu (viz. Tab. 28). V polohovaném pokusu je rozdíl vzdáleností těžiště od laťky a odrazové vzdálenosti u Hojky 5 cm. Stejný rozdíl je i u rychlostního pokusu. Proto je příklon k laťce v těchto pokusech shodný a záklon skokana je vyšší u rychlostního pokusu. U Urbana je odrazová vzdálenost a vzdálenost

těžiště při odrazu u rychlostního pokusu totožná, odrazový úhel je tedy úhlem záklonu skokana.

Tab. 28 Odrazový úhel

jméno	pokus	odrazový úhel (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	86,6
	rychle	86,4
	polohovaně	87,8
Urban	bez pokynu	85,4
	rychle	86,3
	polohovaně	84,4

9.4.5 Úhel odklonu těžiště od laťky při zahájení odrazu

Odklon těžiště na začátku skoku je v malém rozmezí u všech pokusů. Oba atleti mají nejmenší úhel při polohovaném pokusu (viz. Tab. 29). To zřejmě souvisí s pokynem soustředit se při odrazu na korektní polohu těla.

Tab. 29 Odklon těžiště od laťky na začátku odrazové fáze

jméno	pokus	úhel odklonu od laťky na začátku odrazu (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	61,5
	rychle	61,7
	polohovaně	59,5
Urban	bez pokynu	68,9
	rychle	67,6
	polohovaně	66,0

9.4.6 Rozběhový úhel

Urban má vyšší hodnoty rozběhového úhlu než Hojka ve všech pokusech v rozmezí 5° až 10°. Při rychlostním pokusu měli atleti nejvyšší hodnoty rozběhového úhlu. U obou atletů byly nejmenší hodnoty rozběhového úhlu při polohovaném pokusu (viz. Tab. 30).

Tab. 30 Rozběhový úhel

jméno	pokus	rozběhový úhel (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	34,5
	rychle	37,4
	polohovaně	36,6
Urban	bez pokynu	45,0
	rychle	46,1
	polohovaně	43,6

9.4.7 Úhel nasazení do odrazu

Vzdálenost mezi patou a špičkou se pohybuje do 3 dm. Proto může nepřesné zaměření odrazového chodidla výrazně ovlivnit velikost úhlu nasazení do odrazu. Výsledky tohoto parametru mohou být více nepřesné (viz. Tab. 31). Ve všech pokusech měli atleti při nasazení do odrazu blíže k laťce špičku než patu odrazového chodidla. Nejnižší hodnoty jsou u obou atletů u skoků, v kterých dosáhli nejvyšší hodnoty H_{\max} .

Tab. 31 Úhel nasazení do odrazu

jméno	pokus	úhel nasazení do odrazu (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	11,4
	rychle	15,0
	polohovaně	4,6
Urban	bez pokynu	12,1
	rychle	4,7
	polohovaně	7,8

Pro určení rizika poranění kotníku lze sledovat rozdíl mezi úhlem nasazení do odrazu a rozběhovým úhlem (viz. Tab. 32).

Tab. 32 Rozdíl mezi úhlem nasazení do odrazu a rozběhovým úhlem

jméno	pokus	Rozdíl mezi úhlem nasazení do odrazu a rozběhovým úhlem (úhlové stupně)
Hojka	bez pokynu	23,2
	rychle	22,3
	polohovaně	32,0
Urban	bez pokynu	32,9
	rychle	41,3
	polohovaně	35,8

10 Závěry

Celkem bylo získáno 44 různých kinematických parametrů. Z těchto 44 parametrů bylo porovnáno a zhodnoceno 35 kinematických parametrů. Zbylé hodnoty, mezi něž patří časové okamžiky a výška laťky, nebyly vzájemně porovnávány, slouží především pro možnost čtení z grafů. Ve sledovaných 35 kinematických parametrech se výsledky projevíly při porovnávání rychlostního a polohového pokusu s pokusem bez pokynu v 24 případech shodně nebo podobně u obou výškařů. Rozporuplné nebo nejasné výsledky byly nalezeny u 11 kinematických faktorů.

Polohovaný pokus je charakteristický oproti pokusu bez pokynu pečlivější přípravou na odraz. Předposlední krok trvá delší dobu. Rozsah pohybu těžiště nahoru a dolů je výraznější. Nastává nejvýraznější snížení horizontální rychlosti a zvýšení vertikální rychlosti. Rozběhová rychlost je menší. Odklon od laťky je výraznější. Rozběhový úhel je menší.

Rychlostní pokus je charakterizován vyšší horizontální rychlostí v průběhu skoku, menším rozsahem pohybu těžiště nahoru a dolů, kratší dobou trvání odrazu. Větší byla odrazová vzdálenost. Amortizační úhel byl menší, rozběhový úhel větší. Délka posledního kroku byla kratší než v pokusu polohovaném.

Ze sledovaných parametrů je patrný rozdíl v technice L. Hojky a L. Urbana. Oba atleti mají pevně zažitou rozběhovou šablonu. Pokyny nerozhodily rozběhovou fázi atletů. Urban provádí odraz s menším rozsahem pohybů, které jsou při nižší horizontální rychlosti provedeny rychle. Tento způsob skákání se popisuje jako „power“ flop. Hojka využívá vyšší rozběhové rychlosti, inklinuje spíše ke „speed“ flopu, i když používá při odrazu obouručný soupažný švih, který pro tuto techniku není charakteristický.

Pro Hojku se jeví jako vhodná metoda skákat polohovaně. Při polohovaném pokusu zachová zažitou vysokou horizontální rychlost a při soustředění se na správnou polohu odrazu vyprodukuje vysokou vzletovou rychlost. Urban naopak při pokynu na zvýšení intenzity předvede správně zažitou techniku při vyšší horizontální rychlosti, čímž zvýší maximální polohu těžiště v letové fázi.

Světová špička oproti skokanům má vyšší rychlostní hodnoty, kratší časové úseky a výraznější odklon od laťky, což může být považováno za předpoklad pro vyšší výkonnost.

11 Seznam použité literatury

- ANTEKOLOVIC, L., BLAZEVIC, I., MEJOVSEK, M., COH, M. Longitudinal Follow-up of Kinematic Parameters in the High Jump – A case Study. IAAF New Studies in Athletics, 2006, č. 4, s. 37-37
- DAPENA, J. A Biomechanical Scientific Support Program for High Jumpers. Proceedings, 25-29 June, 1996, s. 68-80
- DAPENA, J. Biomechanical Studies in the High Jump and the Implications to Coaching. Modern Athlete and Coach, 31, 1993, c. 4, s. 7-12
- DAPENA, J. Introduction to the Biomechanics of High Jumping. Colonge, 7-9 June, 1990, s. 309-322
- DAPENA, J. Rotation over the bar in the Fosbury-flop high jump. Biomechanics Laboratory, Department of Kinesiology, Indiana University. In www.coachr.org/rotation.htm, 1997
- DEPORTE, E., VAN GHELUVE, B. Force Platform Data in Elite High Jump: Competition versus Training Condition. Techniques in Athletics, Colonge 7-9 June, 1990, s. 762-766
- DOSTÁL, E., VELEBIL, V. aj. *Didaktika školní atletiky*. Praha: Karolinum, 1992. 260 s.
- DOVALIL, J. aj. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2002. 332 s.
- ISOLEHTO, J., VIRMAVIRTA, M., KYRÖLÄINEN, H., KOMI, P. Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. IAAF New Studies in Athletics, 2007, č. 2, s. 17-27
- JACOBY, E., FRALEY, B. *Complete Book of Jumps*. 1st ed. Champaign : Human Kinetics, 1995. 146 s.
- KARAS, V., SUŠANKA, P., OTÁHAL, S. *Základy biomechaniky tělesných cvičení*. Praha: Univerzita Karlova, 1989. 198 s.
- NIGG, B. M. Die leichtathletischen Sprungdisziplinen – eine Übersicht. Leichtathletik, 28 1991, 6 ob., s. 15-18
- ŠIMONEK, M. Technická příprava. In: VACULKA, J. aj. *Trénink lehkooatletických disciplín*. Brno: Tisk, 1975. s. 266-281

TIDOW, G. Ideal-Typical Phases of the Flop Technique. *Techniques in Athletics*, Colonge 7-9 June, 1990, s. 767-778

VELEBIL, V., KRÁTKÝ, P., FIŠER, V., PRIŠČÁK, J. *Atletické skoky*. Praha: Olympia, 2002. 120 s.

12 Přílohy

12.1 Seznam příloh

Příloha 1:

Počítačový 3D model pokusu bez pokynu L. Hojky, pohled zadní kamery

Příloha 2:

Počítačový 3D model pokusu bez pokynu L. Hojky, pohled boční kamery

Příloha 3:

Počítačový 3D model rychlostního pokusu L. Hojky, pohled zadní kamery

Příloha 4:

Počítačový 3D model rychlostního pokusu L. Hojky, pohled boční kamery

Příloha 5:

Počítačový 3D model polohovaného pokusu L. Hojky, pohled zadní kamery

Příloha 6:

Počítačový 3D model polohovaného pokusu L. Hojky, pohled boční kamery

Příloha 7:

Počítačový 3D model pokusu bez pokynu L. Urbana, pohled zadní kamery

Příloha 8:

Počítačový 3D model pokusu bez pokynu L. Urbana, pohled boční kamery

Příloha 9:

Počítačový 3D model rychlostního pokusu L. Urbana, pohled zadní kamery

Příloha 10:

Počítačový 3D model rychlostního pokusu L. Urbana, pohled boční kamery

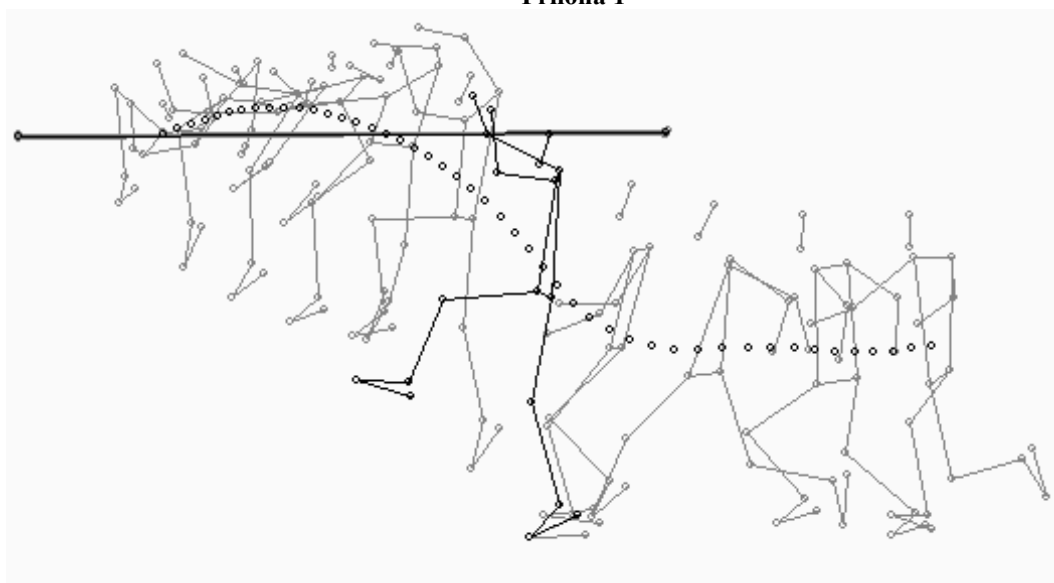
Příloha 11:

Počítačový 3D model polohovaného pokusu L. Urbana, pohled zadní kamery

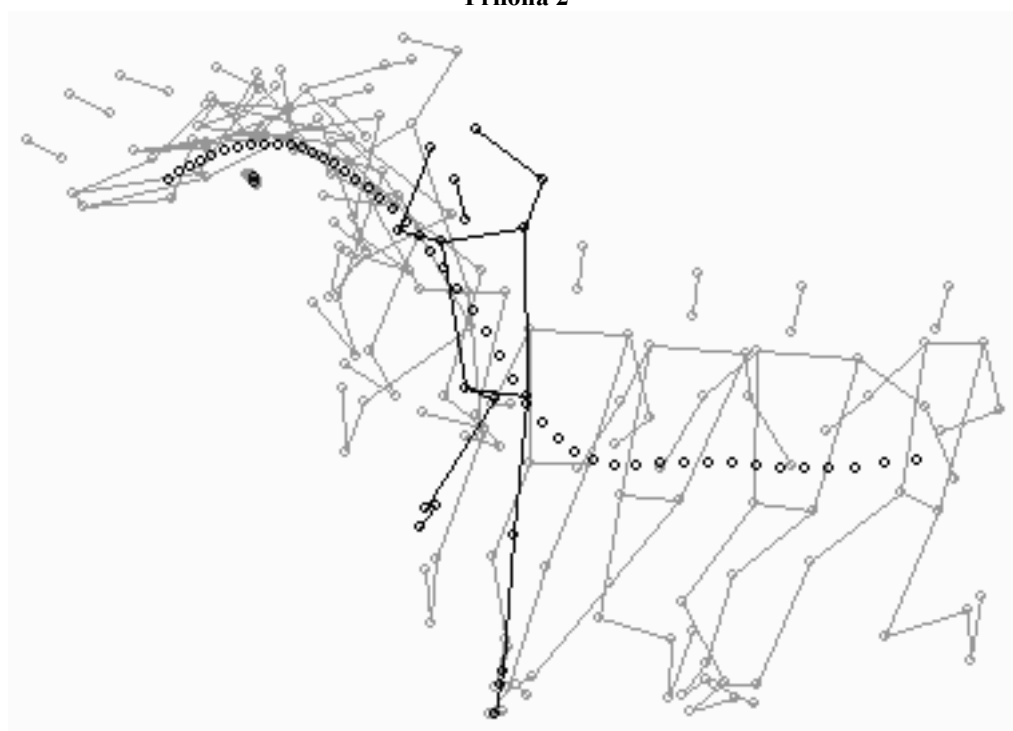
Příloha 12:

Počítačový 3D model polohovaného pokusu L. Urbana, pohled boční kamery

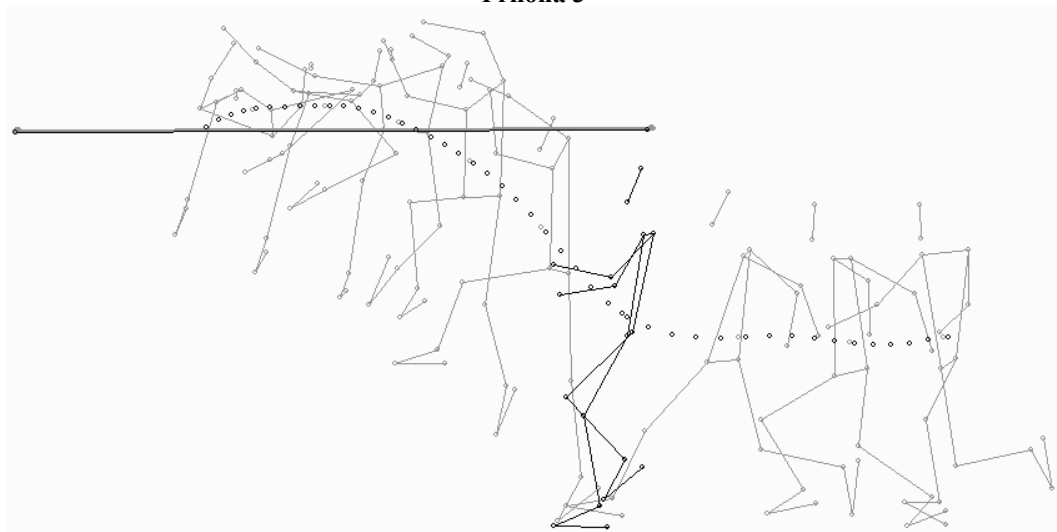
Příloha 1



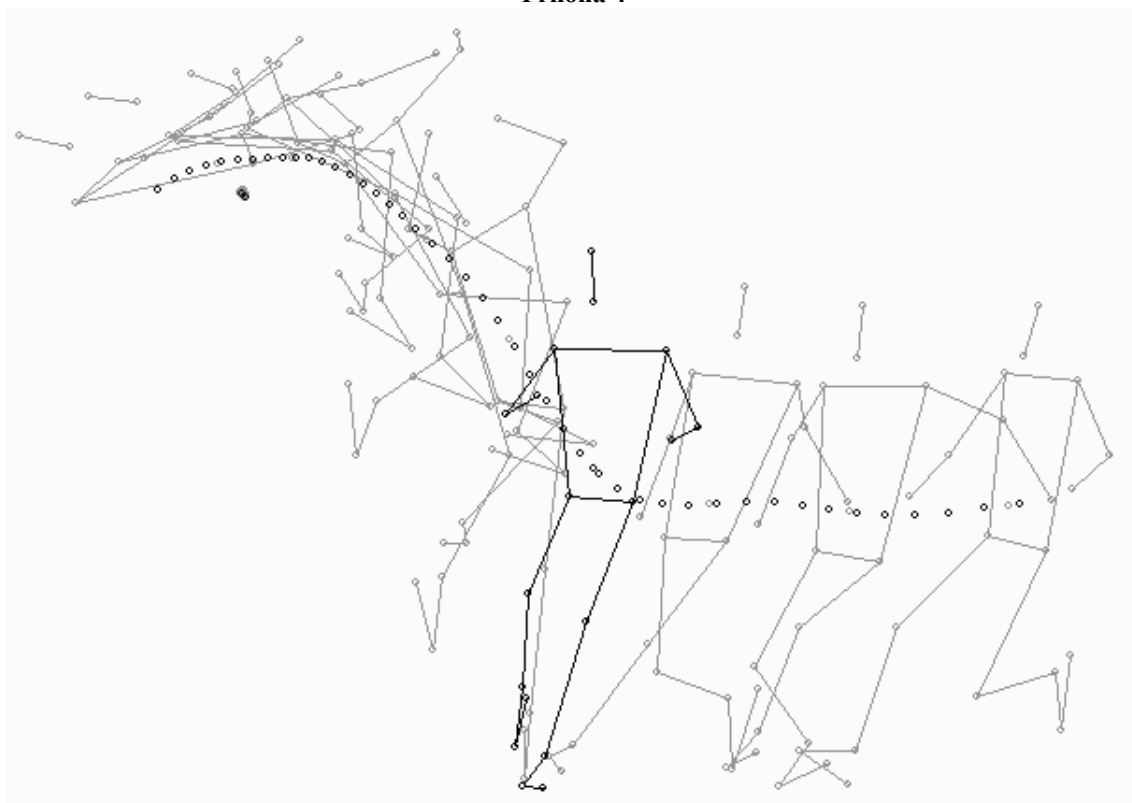
Příloha 2



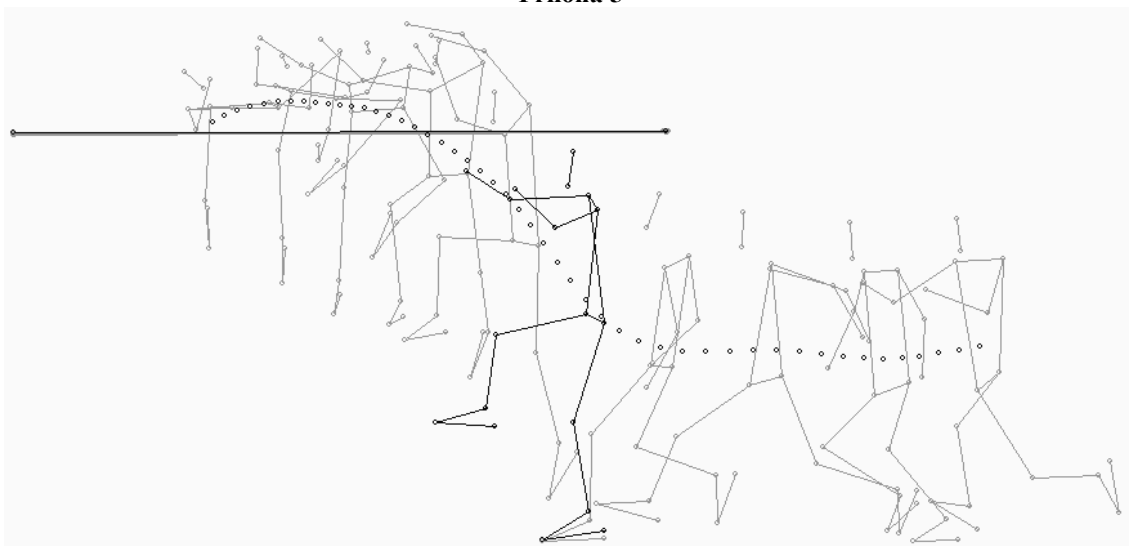
Příloha 3



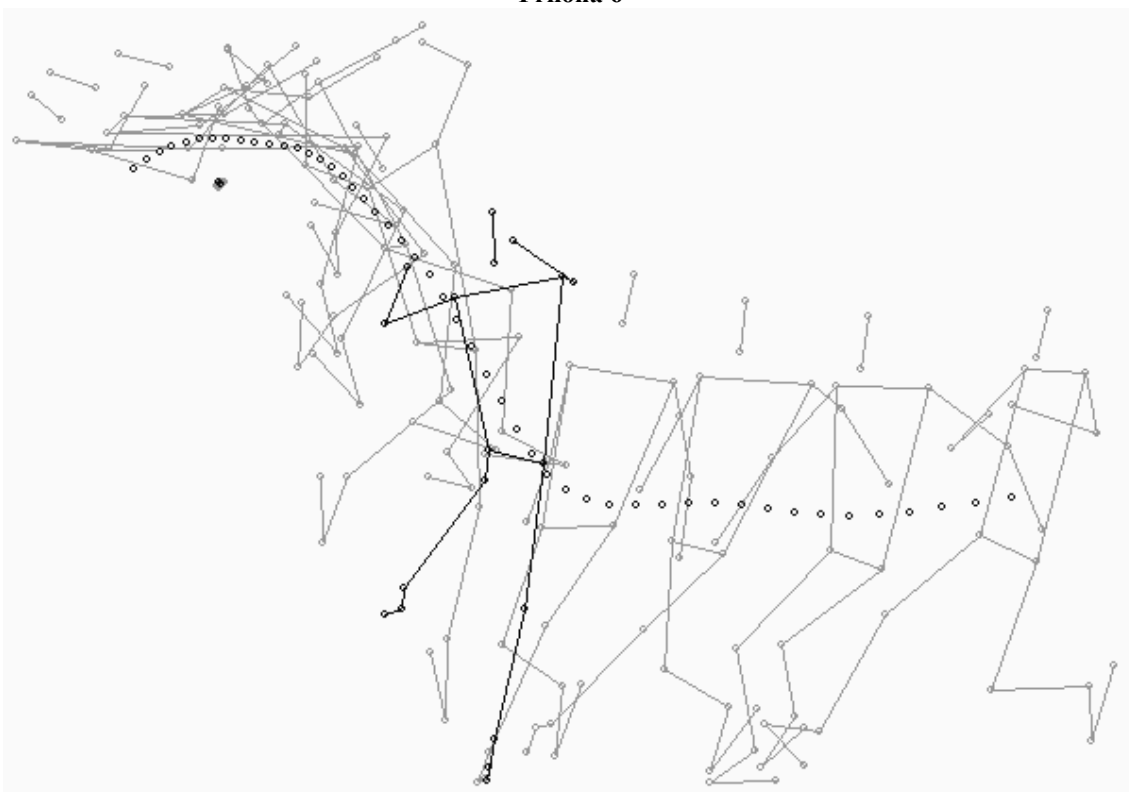
Příloha 4



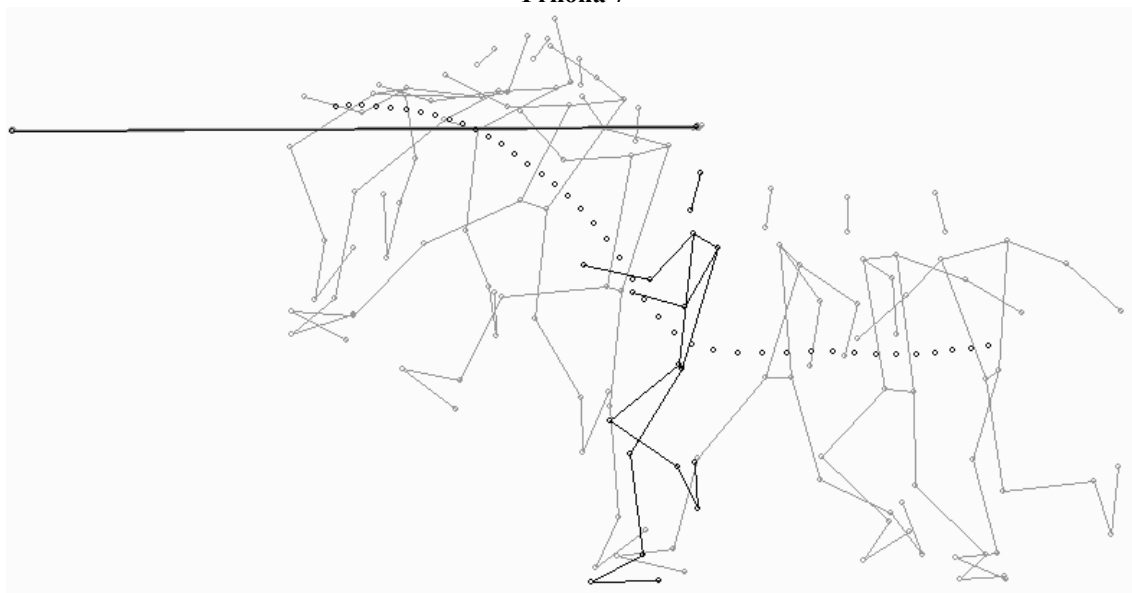
Příloha 5



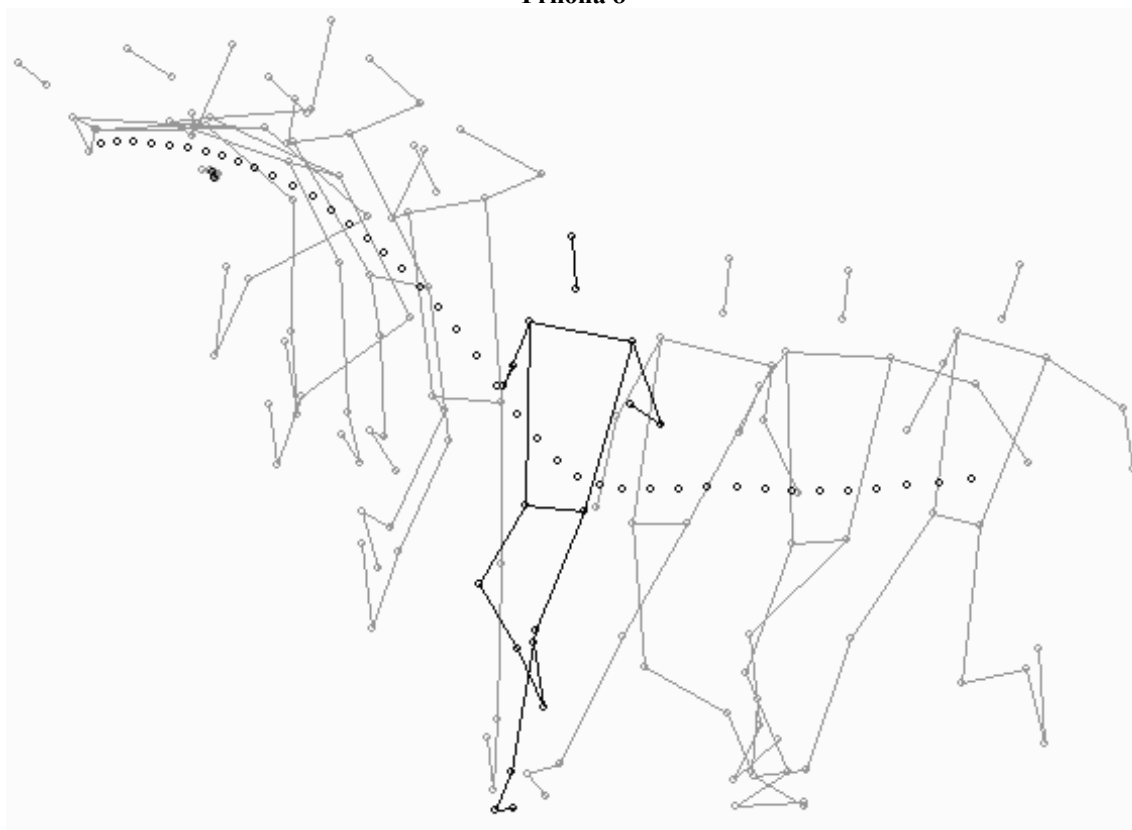
Příloha 6



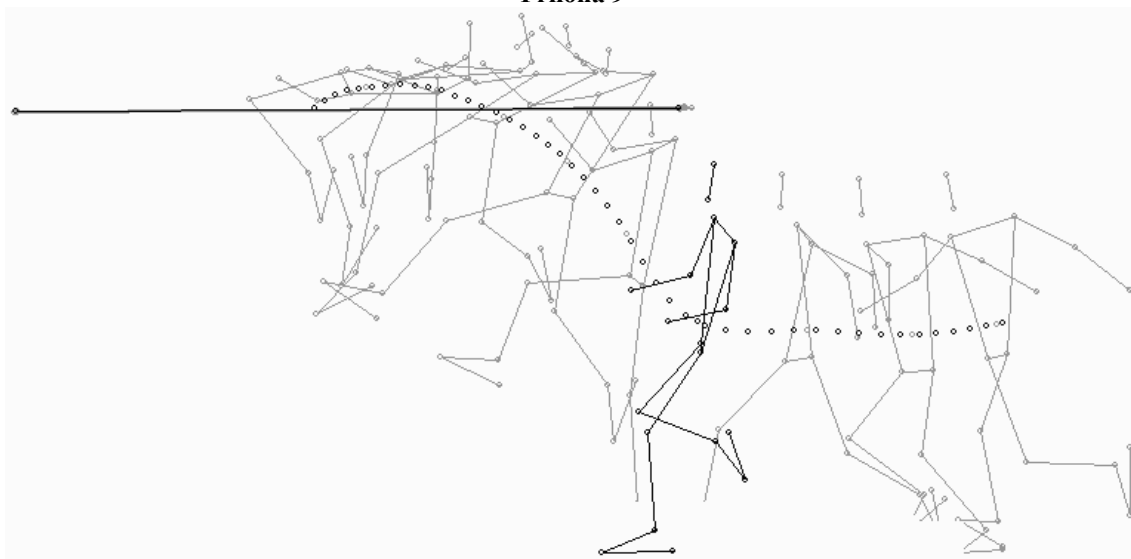
Příloha 7



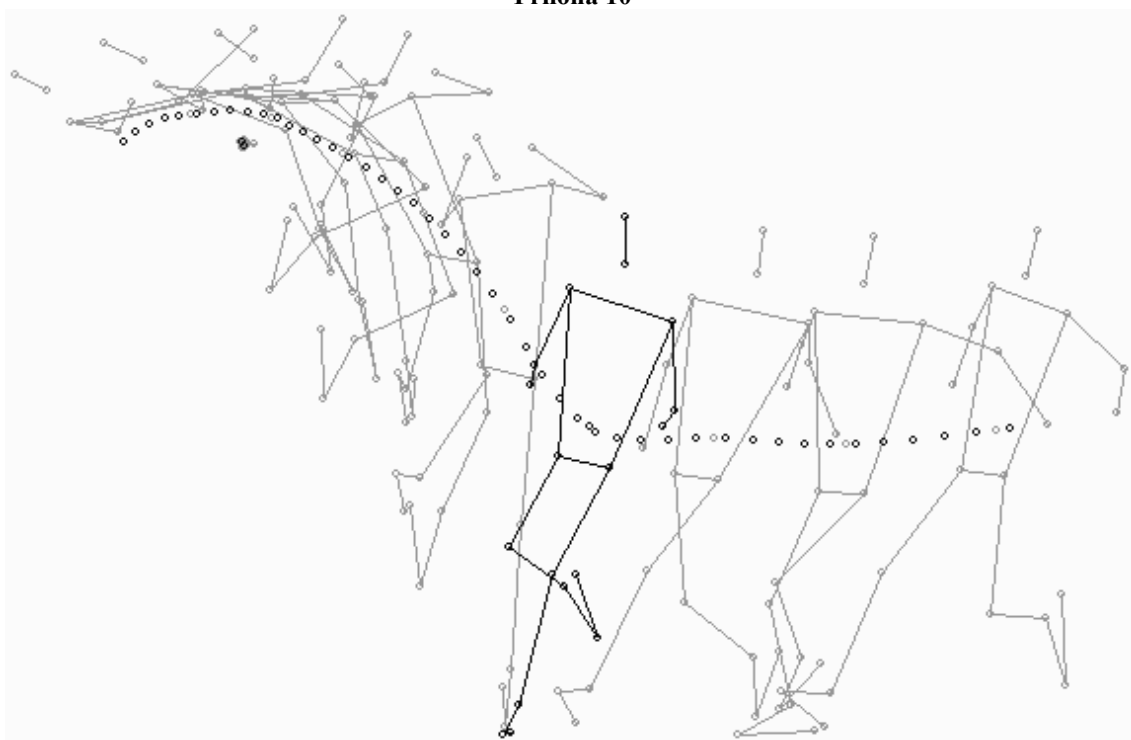
Příloha 8



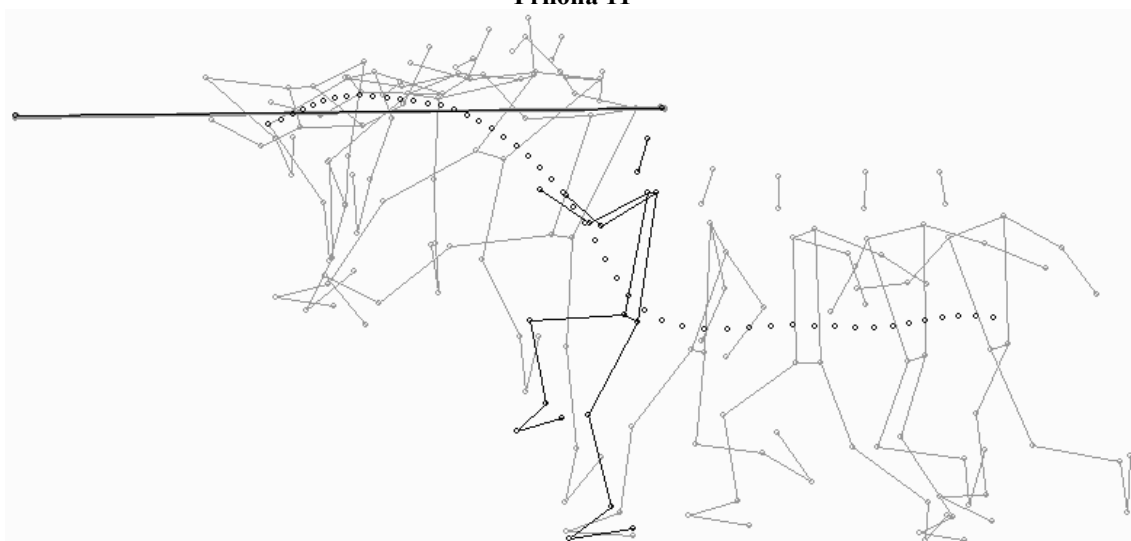
Příloha 9



Příloha 10



Příloha 11



Příloha 12

