

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU



**SOUČASNÉ POJETÍ SOUPAŽNÉHO ODPICHU
PŘI KLASICKÉ TECHNICE BĚHU NA LYŽÍCH**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

PhDr. Dana Finková, Ph.D.

Konzultant:

Mgr. Libor Soumar, Ph.D.

Vypracoval:

Ing. Mgr. Roman Horyna

Praha, duben 2012

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

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

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

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

Poděkování

Touto cestou chci poděkovat PhDr. Daně Finkové, Ph.D. za odborné vedení práce, za praktické rady a za možnost využít videozáznam z Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009. Poděkování patří rovněž zaměstnancům pracoviště CASRI, zejména Mgr. Liboru Soumarovi, Ph.D. za technickou pomoc při analýze pomocí softwaru APAS.

Abstrakt

Název práce: Současné pojetí soupažného odpichu při klasické technice běhu na lyžích

Cíl práce: Časoprostorová analýza uzlových bodů a pohybových fází soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009.

Metoda: Případová studie, ve které jsme pomocí kinematografické metody provedli analýzu soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků. Analyzovali jsme videozáznam ze závodu na 15 km klasicky při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009. Pro analýzu byl použit software APAS.

Výsledky: Pomocí časových a prostorových charakteristik jsme popsali uzlové body a pohybové fáze soupažného běhu jednodobého a prostého u vybraných závodníků. Charakterizovali jsme současné pojetí techniky soupažného běhu jednodobého, neboť vybraní závodníci tvořili relativně homogenní soubor. Dospěli jsme k závěru, že při odpichu dochází nejprve k flexi, a pak následné extenzi v loketním kloubu, mezi trupem a stehnem skluzové dolní končetiny a částečně v kolenním a hlezenním kloubu skluzové dolní končetiny, což má za následek vytvoření velké propulzní síly. Odpich se tak stává významnějším hnacím prvkem, než odraz.

Klíčová slova: běh na lyžích, soupažný běh jednodobý, soupažný běh prostý, kinematografická analýza, vrcholoví závodníci

Abstract

Title of the thesis: Current concepts of double poling by classic technique in cross-country skiing

Object of the thesis: The spatial-temporal analysis of node points and kinetic phases of the kick double poling and double poling of selected competitors at the FIS Nordic World Ski Championships in Liberec 2009.

Method: A case study in which we used the kinematographic method for the analysis of the kick double poling and double poling of selected competitors. We analyzed the video of the 15-km classic in the FIS Nordic World Ski Championships in Liberec 2009. For the analysis we used the software APAS.

Results: We performed spatial-temporal description of node points and kinetic phases of the kick double poling and double poling of selected competitors. We characterized current concepts of kick double poling technique, because selected competitors were relatively homogeneous set. By double poling we found out flexion-extension pattern in elbow, hip joints of slipping lower limb and partly in knee and ankle joints of slipping lower limb which results in generation of great propulsive force. Double poling becomes more significant driving element than push-off.

Keywords: cross-country skiing, kick double poling, double poling, kinematic analysis, top competitors

Obsah

ABSTRAKT	5
ABSTRACT	6
OBSAH	7
1. ÚVOD	9
2. TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	11
2.1 TEORIE TECHNIKY	11
2.2 TECHNIKA BĚHU NA LYŽÍCH	12
2.2.1 Členění běžecké techniky	12
2.2.2 Klasická technika	14
2.3 ANALÝZY TECHNIKY BĚHU NA LYŽÍCH.....	17
2.4 POHYBOVÉ FÁZE SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO	22
2.4.1 Skluz s odpichem	23
2.4.2 Dvouoporový skluz	24
2.4.3 Výpad.....	25
2.4.4 Odraz.....	26
2.4.5 Prostý skluz.....	26
2.5 VÝCHODISKA PRO KINEMATICKOU ANALÝZU SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO	27
2.5.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu	28
2.5.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu.....	29
2.5.3 Uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže.....	29
2.5.4 Uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu.....	30
2.5.5 Uzlový bod 5 – oddálení odrazové lyže od sněhu.....	31
2.6 POHYBOVÉ FÁZE SOUPAŽNÉHO BĚHU PROSTÉHO.....	31
2.6.1 Skluz s odpichem	32
2.6.2 Skluz bez odpichu.....	33
2.7 VÝCHODISKA PRO KINEMATICKOU ANALÝZU SOUPAŽNÉHO BĚHU PROSTÉHO	33
2.7.1 Uzlový bod 1 – Zapíchnutí holí do sněhu.....	34
2.7.2 Uzlový bod 2 – Oddálení holí od sněhu.....	35
3. CÍL A ÚKOLY PRÁCE	36
3.1 CÍL PRÁCE	36
3.2 ÚKOLY PRÁCE.....	36
4. METODIKA PRÁCE	37
4.1 POUŽITÉ METODY	37
4.2 POPIS SLEDOVANÉHO SOUBORU	38
4.3 SLEDOVANÉ PROMĚNNÉ.....	39
4.4 TECHNICKÉ ZABEZPEČENÍ ZÁZNAMU	40
4.5 SLEDOVANÉ BODY.....	40
4.6 ZPRACOVÁNÍ ZÁZNAMU POMOCÍ SOFTWARE APAS	41
4.7 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT	44

5. VÝSLEDKY A JEJICH ROZBOR.....	46
5.1 UZLOVÉ BODY - SOUPAŽNÝ BĚH JEDNODOBÝ	46
5.1.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí sněhu	47
5.1.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu.....	49
5.1.3 Uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže.....	51
5.1.4 Uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu.....	52
5.1.5 Uzlový bod 5 – oddálení lyže od sněhu.....	54
5.2 UZLOVÉ BODY - SOUPAŽNÝ BĚH PROSTÝ.....	55
5.2.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu	56
5.2.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu.....	57
5.3 POHYBOVÉ FÁZE SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO	59
5.4 POHYBOVÉ FÁZE SOUPAŽNÉHO BĚHU PROSTÉHO.....	61
5.5 POHYBY TĚŽIŠTĚ TĚLA A RYCHLOST JEHO POHYBU	62
6. DISKUZE.....	66
6.1 SOUPAŽNÝ BĚH JEDNODOBÝ.....	66
6.2 SOUPAŽNÝ BĚH PROSTÝ	71
6.3 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO S TEORETICKÝM ROZBOREM LITERATURY.....	75
6.4 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY SOUPAŽNÉHO BĚHU PROSTÉHO S TEORETICKÝM ROZBOREM LITERATURY.....	79
6.5 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉ TECHNIKY SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO	84
7. ZÁVĚR	86
8. SEZNAM LITERATURY	88
9. PŘÍLOHY	91

1. Úvod

Běh na lyžích je silově vytrvalostní disciplína, která se vyznačuje cyklickými pohyby s vysokým výdejem energie. Propulzní sílu běžce na lyžích zajišťují svalové skupiny horních a dolních končetin, pletence ramenního a svalstvo trupu. Pro výkon v běhu na lyžích je nezbytné rozvíjet všechny složky sportovního tréninku. Z pohybových schopností je základem síla a vytrvalost (aerobní kapacita). Stále častěji se při sprintech, hromadných startech a spurtech uplatňuje rychlost a obratnost. Taktická a psychická složka nabyla na významu se zavedením nových disciplín v běhu na lyžích (skiatlon, teamové sprinty). Nezastupitelnou úlohu plní technická složka, která je předmětem diplomové práce.

V klasické technice běhu na lyžích se stále častěji využívá soupažný běh jednodobý a prostý. K tomu přispělo několik faktorů: hromadné starty, růst popularity sprintů, zlepšení funkčních vlastností lyží (skluznost) a holí (menší hmotnost), homologace tratí, apod. Propulzní sílu při soupažném běhu jednodobém na rozdíl od střídavého běhu dvoudobého vytváří současně obě paže zapojené do odpichu a dolní končetina při odrazu. V soupažném běhu prostém vytváří hnací sílu současně pouze obě paže při odpichu. Vyšší rychlost je však dána možností zkrácení pohybového cyklu, tzn. větší frekvencí lokomoce.

Téma diplomové práce jsme vybrali z důvodu opomíjení klasické techniky v důsledku rozvoje bruslení pro potřeby kondiční přípravy sportovců z různých sportovních odvětví, z důvodu podceňování technické přípravy u lyžařů běžců obecně a z důvodu stále častějšího využívání této techniky běhu nejen po rovině, ale i do mírných stoupání. V bakalářské práci jsme analyzovali techniku střídavého běhu dvoudobého Pettera Northuga při MS 2009 v Liberci (Horyna, 2010) a zkušenosti využijeme v této diplomové práci.

V teoretické části práce vymezíme jednotlivé pohybové fáze soupažného běhu jednodobého a prostého s jasně identifikovatelnými momenty přechodu z jedné pohybové fáze do druhé – uzlovými body. V praktické části provedeme kinematografickou analýzu soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků při MS 2009 v Liberci a pokusíme se jednotlivé uzlové body a pohybové fáze identifikovat na základě časových, prostorových a rychlostních charakteristik. Následovat bude vzájemné porovnání těchto časových a prostorových charakteristik u

jednotlivých závodníků, jejich statistické zpracování a věcné zhodnocení. Výsledkem bude stanovení aktuální techniky soupažného běhu jednodobého a prostého u vybraných závodníků a vyvození závěrů pro optimální techniku.

2. Teoretický rozbor problematiky

2.1 Teorie techniky

Technikou se rozumí účelný způsob řešení pohybového úkolu, který je v souladu s předepsanými pravidly příslušného sportu a v souladu se zákonitostmi pohybu vůbec.

S ohledem na individuální zvláštnosti může být tentýž pohybový úkol řešen různě, což dává technice osobitý ráz, který se označuje jako styl.

Technika se spojuje s vysokou *rezultativností* provedení, tj. s takovým uspořádáním pohybu, které vede k dosažení vysokého výkonu. Při vykonávání pohybu je nezbytné respektovat zákony mechaniky, což v důsledku vede k *účelnému* provedení pohybu. Požadavek *racionalizace* techniky znamená vydávat právě tolik úsilí, kolik je v daný okamžik pro plnění úkolu třeba, přitom jde o využití pasivních vnitřních sil, setrvačných sil a také sil reaktivních a vnějších. Na způsobu vzájemného působení těchto sil závisí efekt vynakládaného úsilí, a tedy i stupeň dokonalosti techniky pohybu. Kritérium *efektivity* je určeno stupněm využití pohybového potenciálu. V daném smyslu existuje nesporná zákonitost – nepřímo úměrná závislost mezi dokonalostí a velikostí úsilí na jednotku sportovního výkonu. Dalším kritériem je *ekonomie*, tzn. hospodárné provádění pohybu z hlediska energetického zabezpečení. Hodnotícím kritériem je také její *stabilita* provedení. Všechna kritéria spolu navzájem více či méně souvisí, neboť vyjadřují principy složitého mechanismu realizace sportovního výkonu.

Hodnocení techniky vychází převážně ze znalostí biomechaniky, anatomie, fyziologie spolu se zvládnutím problematiky sportu. Exaktní posouzení umožňuje analýza pohybu, při níž se využívá různých forem registrace pohybu i úsilí (fotografie, kinogram, videozáznam, dynamografie atd.). Je žádoucí volit pokud možno kvantitativní přístup, tj. orientovat se na měření, popř. usměrněné pozorování a posuzování a eliminovat tak na minimum subjektivitu, jejíž podíl na posuzování techniky může být značný (Dovalil a kol., 2008).

Podle Žáka (2012) je technika běhu na lyžích jedním z limitujících faktorů úspěšnosti závodníka. Tréninkové objemy ani metody se ve světě neliší, spíše záleží na tom, jak kdo dokáže efektivně odpočívat a šetřit energii, která se spotřebovává nejen při činnosti svalů, ale i při nárocích na nervosvalovou koordinaci pohybů. Pokud se správný pohyb častým opakováním dostane do fáze pohybového stereotypu a stane se z něho

podmíněný reflex, nedojde k zatěžování centrální nervové soustavy a pohyb je méně energeticky náročný. To je hlavní význam důležitosti nácviku techniky pohybu.

Metodou naší práce je kinematografická analýza video záznamu, kterou Dovalil a kol. (2002) zahrnuje do pojmu „vnější“ technika, která se projevuje jako organizovaný sled pohybů a operací sdružených v pohybovou činnost. Kinematickými parametry jsou směr a dráha pohybu, jeho rychlost, zrychlení apod. Tyto biomechanické charakteristiky jsou vizuálně pozorovatelné a většinou prakticky měřitelné. Vyjadřují nejen kvantitativní hledisko, ale podílejí se i na kvalitativních znacích pohybového projevu, jeho přesnosti, plynulosti, stálosti a rytmu (Dovalil a kol., 2002).

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

2.2 Technika běhu na lyžích

Každý běžec na lyžích má svůj specifický styl, který je charakteristický pro jeho lokomoci. Dokonce i na vrcholové úrovni se vyznačují závodníci širokou škálou stylů, které se více či méně přibližují optimální (efektivní) technice.

Tato optimální technika se v průběhu let měnila a její evoluce pokračuje podle Hindmana (2005) do dnešní doby.

Podle Chovance a kol. (1983) jsou základními kritérii optimální techniky v běhu na lyžích účelnost, ekonomičnost a stabilizace. Účelnost definují jako vlastnost cílového zaměření pohybu a hodnotí ji úspěšností – srovnáním optimální techniky se skutečným stavem. Ekonomičnost charakterizují tím, že daný pohybový úkon se provádí s menším výdejem energie. Vzhledem k tomu, že běh na lyžích je cyklická činnost, je důležité šetřit síly díky efektivní technice. Dostatečná stabilizace techniky běhu na lyžích je charakteristická její stálostí, tzn. odolností jak vzhledem k únavě, tak i vzhledem k měnícím se vnějším podmínkám, tj. skluzu, odrazu, kvalitě sněhu a stopy.

2.2.1 Členění běžecké techniky

Chovanec a kol. (1983) uvádí, že při běhu na lyžích se překonává různorodý terén, při jehož zdolání se používají lyžařské prvky, které tvoří široký obsah techniky běhu na lyžích.

Obsah běžecké techniky člení na:

- způsoby běhu na lyžích – střídavý běh dvoudobý, střídavý běh čtyřdobý, soupažný běh jednodobý, soupažný běh dvoudobý,
- způsoby výstupu – stoupavý běh, prostý běh, stoupavý krok, výstup jednostranným a oboustranným odvratem a stranou,
- způsoby sjezdů – pohotovostní, odpočinkový snížený a nízký,
- způsoby změny směru – odšlápnutí, odšlapování, přešlápnutí, přešlapování, oblouky,
- způsoby zrychlování jízdy – jízda s odpichem soupaž, bruslení,
- způsoby brzdění – jednostranný a oboustranný přívrat, sesouvání, regulace rychlosti jízdy v obloucích.

Chovanec a kol. (1983) popisují pouze způsoby klasické techniky, které považují za základní složku běžecké techniky. Bruslení zařazují mezi způsoby zrychlování jízdy.

Teprve Dvořák a kol. (1992) zdůrazňují, že v současné době má běžecká technika daleko bohatší obsah než tomu bylo v minulosti, a zahrnuje tedy:

- techniku běhu – klasická technika (střídavý běh dvoudobý, soupažný běh jednodobý) a bruslení (oboustranné bruslení dvoudobé a jednodobé),
- způsoby výstupů – běh stoupavý, běh prostý, stoupavý krok, jednostranný a oboustranný odvrat, výstup stranou, oboustranné bruslení dvoudobé a střídavé,
- způsoby sjezdu – pohotovostní, odpočinkový a nízký sjezdový postoj,
- způsoby změny směru – odšlap, odšlapování, přešlap, přešlapování, přeskok, oblouky středního poloměru, telemark,
- způsoby brzdění – jednostranný a oboustranný přívrat, sesouvání,
- způsoby zrychlování – odpich soupaž a bruslení.

V současné době se v základních charakteristikách členění jednotlivých způsobů běhu na lyžích shodují Soumar, Bolek (2001), Hottenrot, Urban (2004), Gnad, Psotová (2005), Hindman (2005), Ilavský a kol. (2005).

V klasické technice se shodují na následujících způsobech běhu:

- střídavý běh dvoudobý (diagonal stride, Diagonalschritt),
- soupažný běh jednodobý (kick double poling, Doppelstockschub mit Zwischenschritt),
- soupažný běh prostý (double poling, Doppelstockschub).

V bruslení se shodují na následujících způsobech běhu:

- jednostranné bruslení (Marathon skate, Halbschlittschuhschritt),

- oboustranné bruslení jednodobé (V2 skate, Symmetrisch 1:1),
- oboustranné bruslení dvoudobé se symetrickým pohybem paží (V2 alternate skate, Symmetrisch 2:1),
- oboustranné bruslení dvoudobé s asymetrickým pohybem paží (V1 skate, Asymmetrisch 2:1),
- oboustranné bruslení střídavé (diagonal V, Diagonal skating),
- oboustranné bruslení prosté (no-pole skate, Schlittschuhschritt).

Kromě způsobů běhu obsahuje běžecská technika výstupy, sjíždění, změny směru, brzdění a zrychlování (Soumar, Bolek, 2001; Hottenrot, Urban, 2004; Gnad, Psotová, 2005).

2.2.2 Klasická technika

Klasická technika běhu na lyžích je tradiční způsob běžecského lyžování, který je spojen s počátky lyžařského sportu, a také termín vystihuje její dlouhodobou tradici. Tato tradice byla částečně přerušena vznikem nové lyžařské techniky bruslení, což využilo pro kondiční přípravu široké spektrum sportovců. Klasická technika byla odsunuta do pozadí z důvodu náročnější přípravy lyží hlavně za nepříznivých sněhových podmínek a nižší rychlosti pohybu (Ilavský a kol., 2005). Důležitou příčinou je rovněž technicky větší náročnost klasického způsobu běhu na lyžích.

Klasická technika nicméně zůstává základem, neboť jsou v ní obsaženy všechny lyžařské dovednosti, na nichž je založena i technika bruslení (Gnad, Psotová, 2005). Proto již v etapě základní sportovní přípravy u žáků je nutné začít s nácvikem klasické techniky. Začít se učit klasický způsob dříve než bruslení má svoji logiku, neboť přirozeným lidským pohybem je chůze, nikoliv výpady či poskoky do stran. Zkusme pár minut vykonávat oboje a je jasné, co vydržíme déle a s menší námahou. Stejně tak chůze na lyžích nás bude stát méně energie vydávané po delší dobu než bruslení, u kterého si žák nebo začátečník nemá šanci odpočinout (Jakl, 2009).

V klasické technice běhu na lyžích rozlišujeme dva základní způsoby běhu – střídavý běh a soupažný běh. Chovanec a kol. (1983) člení střídavý běh na dvoudobý a čtyřdobý, který se dnes již nepoužívá. Soupažný běh člení na jednodobý a dvoudobý, který se dnes již také nepoužívá. Dvořák a kol. (1992) považuje za základ klasické techniky běhu na lyžích střídavý běh dvoudobý a soupažný běh jednodobý. Jako modifikace

uvádí dále střídavý běh čtyřdobý, soupažný běh dvoudobý a vícedobý, stoupavý běh střídavý a prostý běh. Soumar, Bolek (2001) jako nejpoužívanější způsoby běhu při klasické technice uvádějí střídavý běh dvoudobý, soupažný běh jednodobý, soupažný běh prostý a stoupavý běh. Hottenrott, Urban (2004) člení klasickou techniku běhu na lyžích na střídavý běh dvoudobý (Diagonalschritt), soupažný běh jednodobý (Doppelstockschub mit Zwischenschritt), soupažný běh prostý (Doppelstockschub) a další techniky, které se týkají stoupání, změny směru, zrychlování a brzdění. Gnad, Psotová (2005) člení klasickou techniku běhu na lyžích na střídavý běh dvoudobý a soupažný běh jednodobý. Hindman (2005) člení klasickou techniku běhu na lyžích na střídavý běh dvoudobý (diagonal stride), soupažný běh jednodobý (kick double pole), soupažný běh prostý (double pole), stoupavý běh (diagonal climbing) a výstup oboustranným odvratem (herringbone). Ilavský a kol. (2005) člení klasickou techniku běhu na lyžích na střídavý běh dvoudobý, soupažný běh jednodobý a soupažný běh prostý.

Každý způsob běhu členíme na dvě základní pohybové části¹ (Chovanec a kol., 1983; Dvořák a kol., 1992; Soumar, Bolek, 2001; Ilavský a kol., 2005; Gnad, Psotová, 2005):

- část skluzová,
- část odrazová.

Každou pohybovou část dále členíme na několik pohybových fází. Každá pohybová fáze je ohraničena a charakterizována dobou trvání, rychlostí pohybu a délkou dráhy (Chovanec a kol., 1983).

Střídavý běh dvoudobý

Střídavý běh dvoudobý je základní způsob běhu. Používá se ve všech sněhových a terénních podmínkách, na rovině a v mírných stoupáních. V prudším stoupání se uplatňují jeho modifikace běhu do svahu (stoupavý běh, prostý běh, stoupavý krok). Svoji strukturou se podobá chůzi. Jedná se o střídavý odraz ze zatížené lyže do skluzu na opačné lyži a provádí se střídavý odpich opačnou holí.

Dvořák a kol. (1992) a Gnad, Psotová (2005) rozlišují sedm hlavních pohybových prvků (dovedností): příprava na odraz; odraz; švihová práce dolní končetiny; přenášení hmotnosti těla; práce paží s odpichem holemi; pohyby trupu, pánve a ramen; jízda ve skluzu v jednooporovém postavení.

¹ Netýká se to soupažného běhu prostého, který postrádá odrazovou část.

Soupažný běh jednodobý

Soupažný běh jednodobý se používá jako plynulé pokračování střídavého běhu dvoudobého, na který logicky navazuje, a to při dosažení takové rychlosti a frekvence střídavého běhu, kterou již není možné dále zvyšovat a optimálně technicky zvládnout s ohledem na profil terénu a skluzové podmínky (přechody ze stoupání do sjezdu a opačně, zvýšení tempa, při předjíždění, při hromadných startech, atd.). Podle okolností a situace často tvoří přechod mezi střídavým během dvoudobým a soupažným během prostým.

Příprava na odraz, odraz, jízda ve skluzu v jednooporovém postavení a švihový pohyb dolní končetiny jsou dovednosti shodné se střídavým během dvoudobým. Pohyb paží se soupažným odpichem holemi, nastavení trupu, jízda ve skluzu ve dvouoporovém postavení jsou dovednosti typické pro soupažný běh jednodobý (Dvořák a kol., 1992, Gnad, Psotová, 2005).

Soupažný běh jednodobý se používá na rovině nebo v mírném klesání a v mírném stoupání (Ilavský a kol., 2005). Chovanec a kol. (1983) uvádí využití tohoto způsobu běhu na lyžích při rychlém sněhu na rovině i do mírného stoupání a při špatném skluzu v klesání². Podle Dvořáka a kol. (1992) a Gnada, Psotové (2005) tento způsob běhu na lyžích slouží mj. k udržení rychlosti při mírných sjezdech a ke zrychlování jízdy. Soumar, Bolek (2001) poznamenává využití tohoto způsobu běhu na lyžích mimo jiné v situaci, kdy stoupací vosk nezajišťuje dostatečné tření pro plnohodnotný odraz. Hottenrott, Urban (2004) zařazují soupažný běh jednodobý podle dosahované rychlosti mezi střídavý běh dvoudobý a soupažný běh prostý. Maximální rychlost se pohybuje do 6 m/s.

Pohybový cyklus začíná soupažným odpichem holemi doprovázeným předklonem trupu a návratem odrazové lyže na sněh, po té probíhá skluz po obou lyžích. Následuje odraz, při kterém probíhá švih paží vpřed a zapíchnutím holí do sněhu začíná nový pohybový cyklus.

² To však bylo v minulosti ovlivněno nejen druhem sněhu, ale především také nižší skluzností lyží.

Soupažný běh prostý

Při soupažném běhu prostém dochází k intenzivnímu odpichování holemi a posun vpřed je výsledkem činnosti práce horních končetin a svalstva trupu. Používá se při startu, při jízdě po rovině i do mírného stoupání, při předbíhání a při závěrečném spurtu. Dochází k dynamické práci svalstva paží jejich zatěžováním, přitahováním hmotnosti trupu k holím. Rozlišuje se základní a sprintérská forma odpichu (Ilavský a kol., 2005). Soumar, Bolek (2001) doporučuje využití tohoto způsobu běhu na lyžích, kdy není realizován odraz dolních končetin, při obtížích s koordinací odpichu a odrazu při soupažném běhu jednodobém. Hottenrott, Urban (2004) poznamenávají využití tohoto způsobu běhu na lyžích při přechodu z jednoho způsobu běhu na lyžích na druhý. Dosahovaná maximální rychlost při soupažném běhu prostém se pohybuje mezi 6 – 9 m/s.

Soupažný běh prostý zahrnuje tři základní pohybové prvky (dovednosti): pohyb paží se soupažným odpichem holemi, nastavení trupu a jízda ve dvouoporovém postavení.

Pohybový cyklus začíná soupažným odpichem se zapojením svalstva nejen horních končetin, trupu, ale i dolních končetin. Po dokončení odpichu dochází ke švihu paží s holemi vpřed, lyžař se dostává na špičky do přepadu a zapíchnutím holí začíná nový pohybový cyklus.

2.3 Analýzy techniky běhu na lyžích

První analýzy techniky běhu na lyžích se zabývaly pouze analýzou klasické techniky běhu.

Donskoj, Gross (1973) popsali kinematickou strukturu střídavého běhu dvoudobého na základě analýzy 24 světových lyžařů běžců při mezinárodních soutěžích (MS, OH). Celý pohybový cyklus dělí na dvě fáze – skluz a stání lyže, a dále na 5 částí – volný skluz, skluz s napřímením oporové nohy, skluz s přisednutím, výpad a odraz s napřímením nohy. V jejich studii střídavého běhu dvoudobého dospěli k zastoupení jednotlivých částí v poměru 5 : 7 : 2 : 1 : 2, tedy poměr skluzu a stání lyže zhruba 4 : 1.

Chovanec (1976) popisuje pohybové fáze střídavého běhu dvoudobého a soupažného běhu jednodobého, výsledky výzkumů přebírá ze sovětské literatury od Donskoje, Grosse (1971). Soupažný běh jednodobý dělí na dvě základní pohybové části – skluz a

odraz, a ty dále na 5 pohybových fází – prostý skluz, skluz s odpichem, dvouoporový skluz, výpad a odraz.

Teprve po nástupu bruslení se i tato technika také stala předmětem analýz. Jirků a kol. (1986) uveřejňují zřejmě první kinematickou a dynamometrickou analýzu bruslení na lyžích pořízenou při MS v Seefeldu v roce 1985 na trati 50 km. Analyzovali jednostranné bruslení a jeden pohybový cyklus rozdělili na dvě fáze – akcelerační a brzdivou. V jednom pohybovém cyklu dále vyznačili čtyři uzlové body.

Žalčík (1987) analyzoval pomocí kinematografické metody videozáznam se štafet na 4 x 10 km při MS v Seefeldu v roce 1985. Zaměřil se na jednostranné bruslení na rovině a do mírného stoupání u dvou závodníků. Pohybový cyklus rozdělil na dvě části: aktivní dvouoporovou a pasivní jednooporovou. Celý cyklus rozčlenil na 4 pohybové fáze: přípravná, odpich holemi, odraz nohy, pasivní fáze. Dále se zabýval vztahy mezi rychlostí, délkou a frekvencí kroku u bruslení na lyžích.

Komi (1987) analyzoval reakční síly holí a lyže během střídavého běhu dvoudobého při jízdě do kopce. Zkoumal rozložení vynaložené síly mezi horní a dolní končetiny na různých sklonech svahu a u různých druhů vosku. Při zapíchnutí hole do sněhu činí vertikální síla odpichu cca 20 % hmotnosti těla. Při dobrém namazání lyží je propulzní síla tvořena 15 – 30 % z odpichu. Během fáze odrazu je vertikální reakční síla lyže dvojnásobná oproti hmotnosti těla. Dále zkoumal směr reakčních sil aplikovaných na lyži a porovnával je s použitým stoupacím voskem.

Komi, Norman (1987) sledovali úhlovou rychlost horní končetiny při odpichu a velikost síly odpichu během střídavého běhu dvoudobého. Zjistili, že na počátku odpichu dochází k flexi v loketním kloubu, během které se maximalizuje síla odpichu. V následné extenzi se dále zvyšuje úhlová rychlost horní končetiny, ale síla odpichu klesá. Počáteční flexe v lokti je výhodná pravděpodobně z důvodu excentrického prodloužení m. triceps brachii a následná extenze umocní koncentrickou reakci svalu.

Smith a kol. (1989) analyzovali pomocí kinematografické metody muže a ženy při závodě na 50 resp. 20 km volnou technikou při ZOH v Calgary. V analýze oboustranného bruslení dvoudobého s asymetrickým pohybem paží definovali dominantní a submisivní lyži, neboť skluz na obou lyžích neprobíhá po stejné dráze. V závěrech analýzy uvádí, že v mírnějším stoupání je doba cyklu delší než v prudším stoupání. V jednotlivých cyklech je procentuálně delší doba odpichu ve strmějším stoupání, procentuální podíl skluzu v cyklu je stejný nebo menší než v mírnějším stoupání.

Soumar (1991) provedl analýzu oboustranného bruslení dvoudobého při SP v Tauplitz v roce 1990. Cílem práce byl popis struktury pohybu při bruslení na lyžích pomocí prostorové kinematografie z pohledu základních biomechanických charakteristik. Sledoval čas, délku, rychlost a frekvenci pohybu a základní úhlové charakteristiky. Vymezil základní rozdíly mezi symetrickým a asymetrickým provedením a porovnal dvě typické školy (severskou a sovětskou) z hlediska základních časoprostorových charakteristik.

Bilodeau a kol. (1992) analyzovali pohybové fáze vybraných způsobů bruslení. Stanovili jejich chronogram, tzn. procentuální podíl, kdy jsou hole nebo lyže v kontaktu se sněhem a časový průběh odpichu, resp. skluzu a přenosu obou holí a lyží.

Smith, Heagy (1994) a Gregory a kol. (1994) zkoumali na ZOH v roce 1992 při oboustranném bruslení dvoudobém vztah mezi úhlem odvratu, úhlem hranění, rychlostí lokomoce lyžaře a vytvářením propulzní síly. Na rovině byl úhel odvratu a úhel hranění menší, rychlost lokomoce větší a vytváření propulzní síly menší než tomu bylo při stoupání, ve kterém je nutné vynaložit větší propulzní sílu při překonávání gravitace. Ta se vytváří právě větším úhlem odvratu a hranění.

Vilnerová (1995) se zabývala analýzou střídavého běhu dvoudobého pomocí prostorové kinematografie. Vyhodnocení záznamu provedla pomocí systému APAS, kde použila 22bodový model lyžaře běžce. Body se nacházely na vybraných kloubních spojeních a na lyžích a holích běžce. Výsledkem práce byl popis v té době aktuálního pojetí střídavého běhu dvoudobého.

Smith a kol. (1996) analyzovali soupažný běh prostý v závodě žen na 30 km při ZOH v Lillehammeru. Úhel zapíchnutí hole dosahoval 10° až 15° od vertikály. Úhel v loketním kloubu při zapíchnutí hole dosahoval 100° i více. Následná flexe zmenšila úhel o 20° až 30° , poté proběhla extenze. Dále zkoumali úhel trupu měřený od vertikály a vertikální pohyb těžiště těla. Základní kinematické charakteristiky jsou uvedeny v kapitole 6.4 a tab. 20.

Viitasalo a kol. (1997) analyzovali pět lyžařů na trati 50 km volnou technikou při MS ve Falunu v roce 1993. Porovnali procentuální rozdíly vybraných časoprostorových charakteristik při opakovaném měření v průběhu jednoho závodu v mírném stoupání. Vyslovili závěr, že jeden pohybový cyklus ve stoupání je reprezentativní pro celkový pohybový projev při bruslení do stoupání. Zároveň vysoká korelace mezi časem na jedno kolo v závodě a časem dosaženým na 800 m do stoupání předurčuje významně výsledek závodu.

Pustovrh, Jošt (2000) analyzovali 27 lyžařů na trati 30 km volnou technikou při juniorském MS v Reit im Winkel v roce 1991. Závodníky analyzovali v průběhu jednoho pohybového cyklu oboustranného bruslení dvoudobého s asymetrickým pohybem paží. Nejvyšší koeficient korelace uvádí ve vztahu délky aktivního pohybu v cyklu a délky skluzu na submisivní lyži ($r = 0,84$).

Holmberg a kol. (2005) zkoumali u 11 elitních běžců na lyžích kinematické a kineziologické charakteristiky soupažného běhu prostého při závodní rychlosti na kolečkových lyžích na trenažeru. Analyzovali reakční sílu podložky na odpich hole a odraz lyže, úhlové charakteristiky v loketním, kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu, charakteristiku pohybového cyklu (čas, rychlost, vzdálenost) a elektromyografii svalů horní a dolní části těla. Došli k následujícím závěrům:

1. V první třetině fáze odpichu síla odpichu roste do maxima a je vysoce pozitivně korelována s rychlostí lokomoce lyžaře.
2. Nejdříve dochází k flexi v loketním, kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu až do nejmenšího úhlu, který se nachází v uzlovém bodě, který je časově shodný s maximem síly odpichu. S postupnou extenzí v těchto kloubech síla odpichu klesá.
3. Analyzovali a popsali dva odlišné způsoby odpichu (A, B). Způsob odpichu A prováděli lepší lyžaři a byl charakteristický větší úhlovou rychlostí při flexi v loketním a kyčelním kloubu, dosažením menších úhlů při flexi v loketním, kyčelním a kolenním kloubu, vyšší silou odpichu a kratší fází odpichu. U způsobu odpichu B u horších lyžařů tomu bylo naopak.
4. Metodou povrchové elektromyografie zjistili zapojení svalů při soupažném běhu prostém. Na odpichu se významně podílí nejen svalstvo horní poloviny těla, ale i dolní poloviny těla.

Základní kinematické charakteristiky jsou uvedeny v kapitole 6.4, tab. 20 a grafech 8, 9. Holmberg a kol. (2006) zkoumali kinematické a kineziologické charakteristiky zapojení dolní části těla při soupažném běhu prostém na kolečkových lyžích na trenažeru, a to při fixovaném kolenním a hlezenním kloubu a při volném pohybu v kolenním a hlezenním kloubu.

Stöggl a kol. (2006) ověřovali kineziologickou podobnost třech imitačních cvičeníh na běžícím pásu se soupažným během prostým na kolečkových lyžích. Měřili sílu odpichu holí, úhel v loketním a kyčelním kloubu a elektromyografickou aktivitu osmi svalů na horní části těla.

Psotová (2007) provedla kinematografickou analýzu v rámci každého pohybového půlcyklu oboustranného bruslení jednodobého při jízdě na lyžích a definovala tři uzlové body, u kterých zvolila rozhodující parametry, které jsou důležité pro optimální provedení techniky oboustranného bruslení jednodobého. Vymezila fáze pohybové činnosti u tohoto způsobu bruslení a určila časové trvání a procentuální zastoupení těchto pohybových fází. Dále terminologicky popsala oboustranné bruslení jednodobé a podle posuzovací škály vyhodnotila techniku vybraných závodníků. Diskutovala využití kolečkových lyží jako tréninkového prostředku pro zdokonalování techniky oboustranného bruslení jednodobého.

Stöggl a kol. (2008) zkoumali využití techniky dvojitého odrazu na in-line bruslích v běžeckém lyžování. Stanovili hypotézu, že technika dvojitého odrazu zvýší rychlost při sprintech v běhu na lyžích. Zkoumali sílu odrazu, úhlové charakteristiky v kolenním kloubu, časové a rychlostní charakteristiky pohybového cyklu a elektromyografií devět svalů na dolní části těla.

Kračmar a kol. (2008) sledovali koordinaci pohybu u vybraných klíčových svalových skupin při bruslení na běžeckých lyžích (volná technika, skating) a srovnávali ji s koordinací při bruslení na kolečkových lyžích s holemi. Našli kineziologickou podobnost pohybu obou sportovních aktivit, která dovoluje potvrdit náležitost užití kolečkových lyží jako specifického tréninkového prostředku pro bruslení na lyžích.

Stöggl a kol. (2010) porovnávali techniku dvojitého odrazu s oboustranným bruslením jednodobým a dvoudobým s asymetrickým pohybem paží ve stoupání. Zjistili vyšší rychlost techniky dvojitého odrazu a oboustranného bruslení dvoudobého s asymetrickým pohybem paží oproti technice oboustranného bruslení jednodobého. Vzhledem k větší délce cyklu, menší frekvenci, delší zotavovací fázi je technika dvojitého odrazu více ekonomická při prudších stoupáních ve srovnání s technikou oboustranného bruslení dvoudobého s asymetrickým pohybem paží. I z taktického hlediska provedení techniky dvojitého odrazu zabírá méně místa než technika oboustranného bruslení dvoudobého s asymetrickým pohybem paží, neboť neprobíhá tolik laterálně a není nutné měnit techniku při přechodu do stoupání a ze stoupání na rovinu.

2.4 Pohybové fáze soupažného běhu jednodobého

Při soupažném běhu jednodobém platí všechny základní pohybové zásady jako při běhu střídavém. Rovněž některé pohybové prvky jsou shodné, platí to především pro přípravu na odraz, odraz a švihovou práci dolních končetin, skluz v jednooporovém postoji a pohyby těžiště těla (Chovanec a kol, 1983; Dvořák a kol., 1992; Gnad, Psotová, 2005).

Jednotlivé pohybové fáze musí začínat ve vhodném okamžiku, navazovat na sebe ve správném sledu a plynule, každý prvek vyžaduje svoji optimální intenzitu (stupeň vynaložené síly) a dynamičnost pohybu.

Pro každou pohybovou fázi sledujeme následující charakteristiky (Chovanec a kol., 1983; Ilavský a kol., 2005):

- dobu trvání,
- rychlost provedení,
- stupeň vynaložené síly,
- prostorové charakteristiky.

V následující části se budeme věnovat posuzování prostorové charakteristiky.

Běh na lyžích je cyklickou pohybovou činností. **Za jeden cyklus označujeme při soupažném běhu jednodobém jeden jednokrok.** Za základ členění jednotlivých pohybových fází nám poslouží tedy celý cyklus – běžecký krok, ve kterém jsou obsaženy všechny pohybové dovednosti. Hottenrott, Urban (2004) rozlišují tři pohybové fáze – odraz (Beinabdruckphase), švih (Beinschwungphase) a odpich (Doppelstockphase). Chovanec a kol. (1983), Dvořák a kol. (1992) a Gnad, Psotová (2005) rozlišují v rámci každého kroku dvě základní části – odrazovou a skluzovou část. Skluzová část se dále člení na tři pohybové fáze – prostý skluz (jednooporový), skluz s odpichem a skluz po odpichu (dvouoporový). Odrazová část se skládá ze dvou pohybových fází – výpadu a odrazu. Všechny pohybové fáze na sebe v rámci celého pohybového cyklu plynule navazují.

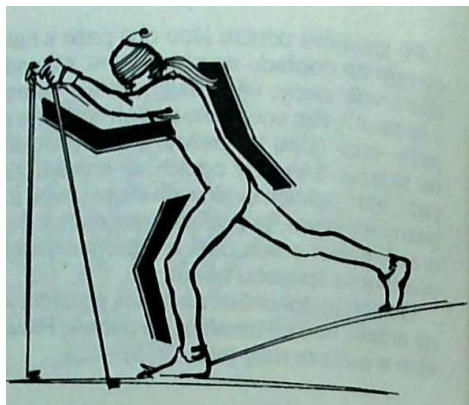
Pro popis kinematické struktury soupažného běhu jednodobého (a také pro následnou vlastní analýzu kinematografického záznamu) jsme vybrali členění pohybového cyklu podle Chovance a kol. (1983), které uplatňují Dvořák a kol. (1992) a Gnad, Psotová (2005). V rámci každého pohybového cyklu rozlišují pět pohybových fází, které na sebe v čase plynule navazují a zahrnují pohyby dolních i horních končetin a trupu. Do výše

uvedeného členění jsme dále zakomponovali popis pohybových fází podle Soumara, Bolka (2001), Hottenrotta, Urbana (2004), Ilavského a kol. (2005) a Hindmana (2005).

2.4.1 Skluz s odpichem

Podle Chovance a kol. (1983) tato fáze následuje po fázi prostého skluzu. Po zapíchnutí holí do sněhu před tělem vně stopy ve vzdálenosti asi uprostřed mezi špičky lyží a vázání běžec pokračuje ve skluzu na skluzové dolní končetině, zatímco odlehčená dolní končetina se vrací švihovým pohybem dopředu. Při zakončení odpichu holemi končí švihový pohyb odlehčené dolní končetiny vpřed a obě dolní končetiny se sjedou na stejnou úroveň, obě lyže jsou stejně zatíženy.

Dvořák a kol. (1992) zdůrazňuje, že pro soupažný odpich holemi je nutné vytvořit pevný blok paže-trupu-dolní končetiny, což je předpoklad pro přenos hybné síly do skluzu. Samotný odpich se provádí zapojením nejen svalstva paží, ale i velkých svalových skupin trupu (obr. 1). Aby byl soupažný běh jednodobý efektivní, je potřeba vést mohutný odpich holemi po dlouhé dráze, neboť práce paží a odpich holemi tvoří dominantní hybnou sílu tohoto způsobu běhu. Odpich je dokončen za tělem, poslední impuls dává zápěstí, pevné držení holí se uvolňuje do poutek. Hlavice hole je mezi ukazovákem a palcem ruky.



Obrázek 1 Zapojení svalstva horních končetin, trupu a dolní končetiny při soupažném odpichu (Dvořák a kol., 1992).

Gnad, Psotová (2005) poznamenávají, že švihový pohyb dolní končetiny se časově shoduje se zahájením soupažného odpichu. V okamžiku, kdy paže míjejí při odpichu boky, pokládáme lyže na sněh. Trup se v průběhu odpichu předklání až do ukončení odpichu.

Podle Soumara, Bolka (2001) odpich končí s dolními končetinami pokrčenými v kolenou a trupem vodorovně s podložkou. Pro začátečníky bývá často obtížné koordinovat pohyby při soupažném běhu jednodobém. Zdůrazňuje, že pohyb začíná nejdříve odrazem a až po ukončení odrazu následuje zapíchnutí holí.

Ilavský a kol. (2005) označuje počátek této pohybové fáze jako moment, při kterém odlehčená dolní končetina začíná znovu klesat ze shora dolů a zezadu dopředu nejprve zcela uvolněně a bez jakékoliv aktivity svalstva. Poté je dán noze švihový impuls vpřed zapojením svalstva přední části stehna.

Hottenrott, Urban (2004) popisují tuto fázi jako „aktivní skluz“ nebo také „Doppelstockphase“, která se skládá z fáze tahu a fáze tlaku. Tyto fáze jsou doplněny fází švihnutí odrazové dolní končetiny vpřed. Ve fázi tahu se trup ohýbá do předklonu při fixovaném úhlu v loketním kloubu. Se začátkem fáze tlaku končí švihnutí dolní končetiny vpřed. Ohnuté paže jsou vedeny vzad do úplného napnutí.

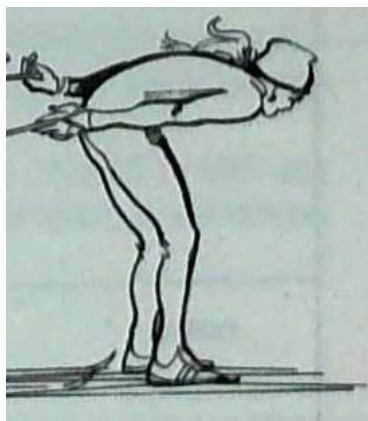
Hindman (2005) doplňuje některé důležité zásady ve fázi odpichu:

- tlak na hůl s pokrčenými pažemi v lokti je účinnější než s pažemi napnutými,
- tlak je potřebné provádět více vzad než dolů, čímž se úsilí přeneso více do dopředného pohybu,
- pokrčení hlezenního kloubu (v důsledku toho i kolenního kloubu) dává počáteční impuls pro přenesení hmotnosti těla na hole, což zrychlí dopředný pohyb,
- po odpichu je důležité protlačovat pánev vpřed (nevystřkovat zadek), přičemž je nutné zapojit břišní svalstvo.

2.4.2 Dvouoporový skluz

Podle Chovance a kol. (1983) se jedná se o třetí – poslední skluzovou fází, která začíná okamžikem zakončení odpichu holemi, kdy končí švihový pohyb odlehčené dolní končetiny vpřed a obě dolní končetiny se sjedou na stejnou úroveň, obě lyže jsou stejně zatíženy. V průběhu pohybové fáze dochází dále ke snižování těžiště těla vlivem většího předklonu trupu a pokrčením dolní končetiny v kolenním kloubu. Tato pohybová fáze končí zastavením budoucí odrazové lyže.

Dvořák a kol. (1992) popisuje dvouoporový skluz, ve kterém hlava, trup, paže a hole tvoří jednu přímku (obr. 2).



Obrázek 2 Dvouoporový skluz (Dvořák a kol., 1992).

Gnad, Psotová (2005) uvádí, že ihned po vytažení holí ze sněhu se trup zdvihá vpřed a vzhůru a paže dokončují zášvih.

Hottenrott, Urban (2004) popisují tuto fázi jako „švihnutí paží“ – „Arm- Schwungphase, během které lyžař nevyvíjí žádné síly a příslušné svalové skupiny relaxují. Po ukončení odpichu paže s holemi se vykývnu vzad nahoru a trup se narovná.

Hindman (2005) uvádí, že po oddálení holí od sněhu následuje zášvih horními končetinami vzad do úplného vypuštění holí a lyžař staví patu na lyži. To umožňuje lepší skluz na lyžích, ale může to narušit rovnováhu zejména pokud nemá lyžař flexi v hlezenním kloubu.

2.4.3 Výpad

Podle Chovance a kol. (1983), Dvořáka a kol. (1992), Soumara, Bolka (2001) a Gnada, Psotové (2005) se jedná o dovednost shodnou se střídavým během dvoudobým (kromě lokomoce horních končetin). Zastavení budoucí odrazové lyže v předchozí pohybové fázi slouží k uskutečnění odrazu. Výpad je první částí odrazu. Okamžikem zastavení skluzné lyže běžec pokrčuje budoucí odrazovou dolní končetinu v kolenním kloubu, ale současně se zvětšuje úhel v kyčelním kloubu mezi stehnem a trupem odrazové dolní končetiny. Úhel v hlezenním kloubu odrazové dolní končetiny se zmenšuje. Hole směřují vpřed. Fáze končí počátkem aktivního odrazu odrazovou dolní končetinou.

Hottenrott, Urban (2004) zahrnují tuto fázi do výše uvedené fáze „švihnutí paží“ – „Arm- Schwungphase, během které se trup lyžaře narovná a paže s holemi předšvihávají vpřed.

2.4.4 Odraz

Chovanec a kol. (1983), Gnad, Psotová (2005) stejně jako Hottenrott, Urban (2004) popisují tuto pohybovou fázi jako odraz (s napínáním nohy), resp. odraz (Beinabdruckphase). Počátek této pohybové fáze je dán maximální flexí odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu. V průběhu odrazu dochází k napnutí dolní končetiny, úhel v hlezenním i kolenním kloubu a úhel mezi trupem a stehnem odrazové dolní končetiny se zvětšuje. Fáze odrazu je zakončena okamžikem, kdy se odrazová lyže oddálila od sněhu. Paže s holemi směřují vpřed nahoru.

Podle Ilavského a kol. (2005) na odrazové dolní končetině dochází k tlaku jako dynamické činnosti dolní končetiny, kterou se má dodat tělesné hmotě impuls směrem dopředu a nahoru. V průběhu této činnosti se všechny klouby odrazové dolní končetiny, které předtím byly ve flexi, napínají, takže segmenty stehna a lýtka vytvářejí jednu linii se sklonem trupu. V momentu odrazu se dosahuje maximální síly, kterou musí odrazová dolní končetina vykonat v celé fázi pohybového cyklu. Poté následuje oddálení lyže odrazové dolní končetiny od sněhu.

Hottenrott, Urban (2004) zdůrazňují závislost dopředného účinku pohybu na úhlu odrazu dolní končetiny od sněhu. Ten by se měl pohybovat od 35° do 60° ³. Trup a pánev se protlačí před odrazem vpřed. Odraz končí úplným napnutím odrazové dolní končetiny.

Hindman (2005) uvádí, že odraz u soupažného běhu jednodobého není tolik účinný jako u střídavého běhu dvoudobého, neboť hmotnost těla není zcela přenesena na odrazovou dolní končetinu, ale je rozvržena v dvouoporovém postavení na obě dolní končetiny.

2.4.5 Prostý skluz

Podle Chovance a kol. (1983), Soumara, Bolka (2001) a Gnada, Psotové (2005) po dokončení odrazu nohou běžec začíná skluz na skluzové dolní končetině. Pohybová fáze začíná oddálením odrazové lyže od sněhu, přičemž rovněž obě hole nejsou v kontaktu se sněhem. Obě paže švihnou s odrazem vpřed do výše ramen. Dvořák a kol. (1992) poznamenává, že obě paže s holemi jdou po zahájení odrazu spodním obloukem co nejvíce dopředu do předpažení. Dochází k mírné flexi odlehčené dolní končetiny, která

³ Příliš velký úhel odrazu je nevýhodný, neboť se vynaloží méně síly na horizontální posun a příliš malý úhel je nebezpečný kvůli podklouznutí lyže.

byla na počátku pohybové fáze při odrazu v maximální extenzi v kolenním kloubu. V hlezenním kloubu odlehčené dolní končetiny dochází k dorzální flexi chodidla. Úhel mezi trupem a odlehčenou dolní končetinou se zmenšuje. Běžec se pohybuje pouze ve skluzu na jedné lyži – provádí tzv. prostý skluz. Je to rovněž jediná fáze, ve které běžec nemůže aktivně působit na rychlost běhu ve smyslu jeho zrychlení. Může pouze ovlivnit velikost tření ve skluzu. Zakončení pohybové fáze je dáno zapíchnutím holí do sněhu.

Ilavský a kol. (2005) poznamenává, že po dynamickém odraze, který umožňuje razantní přesunutí celé hmotnosti trupu a ramen dopředu skrze obě ruce na hole, zůstává dolní končetina na určitý okamžik v poloze maximálního uvolnění, přičemž pasivně sleduje pohyb těla dopředu. Odlehčení trvá od okamžiku maximálního uvolnění až po počátek jejího přísunu. Z hlediska relaxace se jedná o důležitou fázi, která je v cyklických sportech nezbytná z důvodu kumulativního efektu. Tato pohybová fáze je zakončena počátkem přenosu odlehčené dolní končetiny vpřed.

Hottenrott, Urban (2004) specifikují tuto pohybovou fázi jako „pasivní skluz“ nebo také „Einbeinige Gleitphase“ nebo též „Beinschwungphase“, kdy relaxuje svalstvo odlehčené dolní končetiny. Paže předšvihávají do výše hlavy a celý trup je v mírném předklonu (až přepadu), což je výchozí pozice pro následný odpich, který může být podpořen hmotností těla.

Hindman (2005) uvádí, že dochází k tzv. předpětí těla, které pomáhá zvýšit sílu odpichu a práce dolních končetin. Konec pohybové fáze je dán nejzazším bodem vykývnutí odlehčené dolní končetiny.

2.5 Východiska pro kinematickou analýzu soupažného běhu jednodobého

Při kinematografické analýze soupažného běhu jednodobého budeme vycházet z pohybových fází soupažného běhu jednodobého podle Chovance a kol. (1983).

Prostorová charakteristika jednotlivých pohybových fází je dána pomocí přesně vymezených uzlových bodů. Podle Chovance a kol. (1983) se jedná o pět uzlových bodů, mezi nimiž se nachází pět pohybových fází, které na sebe časově navazují.

Uzlové body:

- uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu,
- uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu,
- uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže,

- uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu,
- uzlový bod 5 – oddálení odrazové lyže od sněhu.

Pohybové fáze:

- pohybová fáze I – skluz s odpichem: probíhá mezi uzlovým bodem 1 a 2,
- pohybová fáze II – dvouoporový skluz: probíhá mezi uzlovým bodem 2 a 3,
- pohybová fáze III – výpad: probíhá mezi uzlovým bodem 3 a 4,
- pohybová fáze IV – odraz: probíhá mezi uzlovým bodem 4 a 5,
- pohybová fáze V – prostý skluz: probíhá mezi uzlovým bodem 5 a 1.

Přehled o posloupnosti pohybových fází a jejich ohraničení uzlovými body nám poskytne tab. 1.

Tabulka 1 Členění soupažného běhu jednodobého podle Chovance a kol. (1983).

Pohybová část	Pohybová fáze	Ohraničení pohybové fáze – uzlové body
A) Skluz	V. Prostý skluz	5. Oddálení lyže od sněhu
	I. Skluz s odpichem	1. Zapíchnutí holí do sněhu
		2. Oddálení holí od sněhu
	II. Dvouoporový skluz	3. Zastavení skluzné lyže
B) Odraz	III. Výpad	4. Maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu
	IV. Odraz	5. Oddálení lyže od sněhu

Popis pohybové činnosti v jednotlivých pohybových fázích je uveden v kap. 2.4.1 – 2.4.5. V následujícím textu se zaměříme na popis uzlových bodů.

2.5.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu

Okamžik zapíchnutí holí do sněhu probíhá v momentě, kdy lyžař provádí skluz na skluzové dolní končetině (obr. 3). Odrazová dolní končetina je odlehčená a mírně pokrčená v kolenním kloubu. Trup je mírně nakloněný vpřed (Chovanec a kol., 1983).

Švihový pohyb dolní končetiny se časově shoduje se zahájením soupažného odpichu (Hottenrott, Urban, 2004; Gnad, Psotová, 2005; Ilavský a kol., 2005). Horní končetiny jsou v předpažení pokrčené, protože tlak na hůl je účinnější než při napnutých horních končetinách. Pánev je protlačována vpřed (Hindman, 2005).



Obrázek 3 Zapíchnutí holí do sněhu.

2.5.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu

Při zakončení odpichu holemi končí švihový pohyb odlehčené dolní končetiny vpřed a obě dolní končetiny se sjedou na stejnou úroveň (obr. 4), obě lyže jsou stejně zatíženy (Chovanec a kol., 1983). Dvořák a kol. (1992) zdůrazňuje, že odpich je dokončen za tělem, poslední impulz dává zápěstí, pevné držení holí se uvolňuje do poutek. Gnad, Psotová (2005) poznamenávají, že trup se v průběhu odpichu předklání až do ukončení odpichu. Podle Soumara, Bolka (2001) odpich končí s dolními končetinami pokrčenými v kolenu a trupem vodorovně s podložkou.



Obrázek 4 Oddálení holí od sněhu.

2.5.3 Uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže

Jedná se o okamžik konce skluzu budoucí odrazové dolní končetiny, u níž dochází k zastavení skluzné lyže. Vizualně je to okamžik, kdy budoucí odrazová dolní končetina

vlivem zastavení ukončí souběžný pohyb se skluzovou dolní končetinu a začne za ní zaostávat (obr. 5). Dochází ke snižování těžiště těla pokrčováním skluzové, teď již budoucí odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu. Paže jsou pokrčené a pohybují se vpřed nahoru (Chovanec a kol., 1983).



Obrázek 5 Zastavení skluzné lyže.

2.5.4 Uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu

Jedná se o okamžik počátku odrazu, kdy dochází k maximálnímu pokrčení nyní již odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu (obr. 6). Těžiště těla však nedosahuje ve vertikálním směru svého minima jako je tomu u střídavého běhu dvoudobého, neboť lyžař prováděl při odpichu flexi trupu a nyní dochází k jeho napřimování. Paže jsou pokrčené a stále se pohybují vpřed nahoru (Chovanec a kol., 1983).



Obrázek 6 Maximální pokrčení odrazové dolní končetiny kolenním kloubu.

2.5.5 Uzlový bod 5 – oddálení odrazové lyže od sněhu

Je to okamžik posledního kontaktu odrazové lyže se sněhem (obr. 7). Lyžař začíná skluz na skluzové dolní končetině. Odrazová dolní končetina je po odraze odlehčená. Trup je mírně nakloněný vpřed, obě horní končetiny jsou v předpažení povýš pokrčmo a připravují se na odpich. Obě hole tedy nejsou v dotyku se sněhem (Chovanec a kol., 1983; Soumar, Bolek, 2001; Gnad, Psotová, 2005). Dvořák a kol. (1992) uvádí při dokončení odrazu nutnost maximální extenze v kolenním i hlezenním kloubu (plantární flexe nohy), tj. úhel 180° . Úhel mezi trupem a stehnem odrazové dolní končetiny by měl být rovněž 180° .



Obrázek 7 Oddálení odrazové lyže od sněhu.

2.6 Pohybové fáze soupažného běhu prostého

Soupažný běh prostý se liší od soupažného běhu jednodobého absencí odrazu dolní končetiny. Impulz pro dopředný pohyb dodávají pouze paže. Se soupažným během jednodobým jsou shodné tyto dovednosti: jízda ve skluzu ve dvouoporovém postavení, pohyb paží se soupažným odpichem holemi a hluboký předklon trupu (Gnad, Psotová, 2005).

Pro každou pohybovou fázi sledujeme stejné charakteristiky jako u soupažného běhu jednodobého (Chovanec a kol., 1983; Ilavský a kol., 2005):

- dobu trvání,
- rychlost provedení,
- stupeň vynaložené síly,
- prostorové charakteristiky.

V následující části se budeme věnovat posuzování prostorové charakteristiky.

Za základ členění pohybových fází nám poslouží celý pohybový cyklus, ve kterém jsou obsaženy všechny pohybové prvky. Hottenrott, Urban (2004) rozlišují dvě pohybové fáze – odpich (Doppelstockphase), který rozdělují na dvě podfáze – přítah, odtah (Zug-, Schubphase), a setrvačná fáze (Schwungphase). Hindman (2005) rozlišuje shodné pohybové fáze jako Hottenrott, Urban (2004) a nazývá je odpich (poling phase) a zotavení (recovery phase). Pro potřeby této diplomové práce jsme označili pohybové fáze jako skluz s odpichem a skluz bez odpichu. Pohybové fáze na sebe v rámci celého pohybového cyklu plynule navazují.

Pro popis kinematické struktury soupažného běhu prostého (a také pro následnou vlastní analýzu kinematografického záznamu) jsme vybrali členění pohybového cyklu podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005), které jsou kompatibilní⁴ s členěním pohybového cyklu soupažného běhu jednodobého podle Chovance a kol. (1983), Dvořáka a kol. (1992) a Gnada, Psotové (2005). V rámci pohybového cyklu rozlišujeme dvě pohybové fáze, které na sebe v čase plynule navazují.

2.6.1 Skluz s odpichem

Hottenrott, Urban (2004) označují tuto fázi jako přítah a odtah (Zugphase, Schubphase). Předpokladem pro efektivní odpich je přenesení těžiště těla vpřed. Hmotnost těla leží na špičkách chodidel a částečně dochází k zvednutí paty nohou. Po předšvihnutí lehce pokrčených paží do úrovně hlavy se hole zapichují paralelně v úhlu o něco menším než 90 °. Ve fázi přítahu dochází k zapojení pletence ramenního, svalů paže a zad. Horní část těla přitom jakoby „padá“ na hole. Dochází k flexi trupu. Lehké pokrčení paží zůstává zachováno. Kolena jsou během fáze přítahu lehce pokrčena. Tzv. přisednutí je nevýhodné, neboť tímto nelze přenést hmotnost těla na hole. Jakmile ruce míjejí kolena, začíná fáze odtahu, pro kterou je charakteristické úplné napnutí pokrčených paží a otevření rukou. Dolní končetiny zůstávají v lehkém pokrčení s fixovaným úhlem v kolenním kloubu.

Hindman (2005) zdůrazňuje, že dochází k tzv. předpětí těla, které pomáhá zvýšit sílu odpichu společně s prací dolních končetin, které se pokrčují v hlezenním i kolenním kloubu. Tlak je potřebné provádět více vzad než dolů, čímž se úsilí přeneso více do

⁴ Oba dva uzlové body soupažného běhu prostého podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005) jsou totožné s uzlovými body, které stanovil Chovanec a kol. (1983), Dvořák a kol. (1992) a Gnad, Psotová (2005) u soupažného běhu jednodobého.

dopředného pohybu. Po odpichu se protlačuje pánev vpřed, přičemž se zapojuje břišní svalstvo.

2.6.2 Skluz bez odpichu

Hottenrott, Urban (2004) označují tuto fázi jako „Schwungphase“. Během fáze skluzu relaxuje unavené svalstvo. Paže s holemi švihnou po dokončení fáze odtahu vzad nahoru a trup se začíná narovnávat. Dále dochází ke švihnutí paží s holemi vpřed a následuje příprava na další odpich, což je spojeno s přenesením hmotnosti těla vpřed.

Hindman (2005) uvádí, že po oddálení holí od sněhu následuje zášvih pažemi vzad do úplného vypuštění holí a lyžař staví paty na lyži. To umožňuje lepší skluz na lyžích, ale může to narušit rovnováhu zejména pokud nemá lyžař flexi v hlezenním kloubu.

2.7 Východiska pro kinematickou analýzu soupažného běhu prostého

Při kinematografické analýze soupažného běhu prostého budeme vycházet z pohybových fází soupažného běhu prostého podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005), které jsou kompatibilní⁵ s členěním pohybového cyklu soupažného běhu jednodobého podle Chovance a kol. (1983), Dvořáka a kol. (1992) a Gnada, Psotové (2005).

Prostorová charakteristika jednotlivých pohybových fází je dána pomocí přesně vymezených uzlových bodů. Podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005) se jedná o dva uzlové body, mezi nimiž se nachází dvě pohybové fáze, které na sebe časově navazují.

Uzlové body:

- uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu,
- uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu.

Pohybové fáze:

- pohybová fáze I – skluz s odpichem: probíhá mezi uzlovým bodem 1 a 2,
- pohybová fáze II – skluz bez odpichu: probíhá mezi uzlovým bodem 2 a 1.

⁵ Oba dva uzlové body soupažného běhu prostého podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005) jsou totožné s uzlovými body, které stanovil Chovanec a kol. (1983), Dvořák a kol. (1992) a Gnad, Psotová (2005) u soupažného běhu jednodobého.

Přehled o posloupnosti pohybových fází a jejich ohraničení uzlovými body nám poskytne tab. 2.

Tabulka 2 Členění soupažného běhu prostého podle Hottenrota, Urbana (2004) a Hindmana (2005).

Pohybová fáze	Ohraničení pohybové fáze – uzlové body
I. Skluz s odpichem	1. Zapíchnutí holí do sněhu
	2. Oddálení holí od sněhu
II. Skluz bez odpichu	1. Zapíchnutí holí do sněhu

Popis pohybové činnosti v jednotlivých pohybových fázích je uveden v kap. 2.6.1 – 2.6.2. V následujícím textu se zaměříme na popis uzlových bodů.

2.7.1 Uzlový bod 1 – Zapíchnutí holí do sněhu

Podle Hottenrota, Urbana (2004) je těžiště těla přeneseno vpřed a lyžař je v přepadu (obr. 8). Hmotnost těla leží na špičkách chodidel a dochází k zvednutí paty nohou. Pokrčené paže se opírají do holí v úrovni hlavy a hole se zapichují paralelně v úhlu o něco menším než 90 °. Horní část těla přitom jakoby „padá“ na hole. Trup je v mírné flexi. Kolena jsou lehce pokrčena. Hindman (2005) zdůrazňuje, že dochází k tzv. předpětí těla, které pomáhá zvýšit sílu odpichu společně s prací dolních končetin, které jsou lehce pokrčeny v hlezenním i kolenním kloubu. Tlak je potřebné provádět více vzad než dolů, čímž se úsilí přeneso více do dopředného pohybu. Pánev se protlačuje vpřed, přičemž se zapojuje břišní svalstvo.



Obrázek 8 Zapíchnutí holí do sněhu.

2.7.2 Uzlový bod 2 – Oddálení holí od sněhu

Podle Hottenrotta, Urbana (2004) je hmotnost těla je rozložena na celých chodidlech (obr. 9). Paže jsou v extenzi a končí odpích hned za stehny. Trup je v předklonu – dochází zde k největší flexi trupu k vzhledem k podložce. Kolena jsou mírně pokrčena. Hindman (2005) uvádí, že až po oddálení holí od sněhu lyžař staví paty na lyže.



Obrázek 9 Oddálení holí od sněhu.

3. Cíl a úkoly práce

3.1 Cíl práce

Časoprostorová analýza uzlových bodů a pohybových fází soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009.

3.2 Úkoly práce

- Popis uzlových bodů a pohybových fází soupažného běhu jednodobého a prostého podle literatury.
- Výběr vhodných závodníků z kinematografického záznamu pořízeného při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci v roce 2009.
- Kinematografická analýza soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků se zaměřením na určení uzlových bodů a z nich vyplývajících pohybových fází.
- Určení časových, prostorových a rychlostních charakteristik jednotlivých uzlových bodů a pohybových fází.
- Charakteristika současného pojetí techniky běhu na lyžích u soupažného běhu jednodobého a prostého.
- Vyvození závěrů.

4. Metodika práce

V naší diplomové práci se jedná o aplikovaný výzkum v závodních podmínkách, konkrétně při závodě mužů na 15 km klasickou technikou s individuálním startem při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci dne 20. února 2009. Jedná se o případovou studii, kdy objektem výzkumu je sedm vybraných závodníků.

4.1 Použité metody

Metodologie je návodem k racionálnímu a tedy i ekonomickému postupu na cestě za poznáním skutečnosti. Proces vědeckého poznání se skládá v zásadě ze dvou etap. První je získávání poznatků, druhá pak jejich zhodnocení za účelem zobecnění. Každá z těchto etap má své metody. K základním obecným metodám vědecké práce v první etapě patří pozorování, popis, srovnávání a experiment. U druhé etapy to jsou analýza, syntéza, indukce, dedukce a analogie (Kovář, Blahuš, 1993). V naší práci použijeme metody analýzy dokumentů a kinematografické analýzy k získání vstupních informací a metody srovnávání k interpretaci výsledků práce.

Případová studie je zaměřena na hledání relevantních ovlivňujících faktorů a interpretaci vztahů. Jde o to, dojít pro daný případ k přesným a hloubkovým závěrům. Případové studie můžeme použít pro ilustraci jevu, porozumění, exploraci, popis nebo jako meta-studii (Hendl, 1999). V našem případě se jedná o práci převážně kvantitativního charakteru, ale objevují se zde i prvky kvalitativní. Rozhodli jsme se použít případové studie, která umožňuje tyto dva aspekty sloučit.

Při realizaci naší práce použijeme nejprve metodu analýzy dokumentů. Při zkoumání minulosti pro získání informací z pramenů využijeme tzv. metodu přímou, kdy z určitého zdroje čerpáme takovou informaci, která je v něm uvedena. Jde hlavně o prostá zjištění, popis, vyprávění nebo data, jména a jiné údaje (Kovář, Blahuš, 1993). Hlavní analyzované dokumenty přebíráme od Chovance a kol. (1983), Dvořáka a kol. (1992), Gnada, Psotové (2005), Soumara, Bolka (2001), Ilavského a kol. (2005), Hottenrotta, Urbana (2004) a Hindmana (2005), kteří ve svých dílech uvádějí charakteristiku techniky soupažného běhu jednodobého a prostého.

Po analýze dokumentů použijeme metodu kinematografické analýzy. Ta nám umožní definovat uzlové body a pohybové fáze a určit jejich časoprostorové a rychlostní charakteristiky u vybraných závodníků.

Nakonec použijeme srovnávací metodu, která je nejstarším způsobem poznání a dá se použít jen tam, kde existují nejméně dva jevy nebo dvě věci, které mají něco společného (Kovář, Blahuš, 1993). Tuto metodu využijeme při porovnání údajů, které získáme metodami kinematografické analýzy a analýzy dokumentů.

Pro kinematografickou analýzu využijeme softwarový program APAS. Ke zpracování kvantitativních dat použijeme běžný PC software, v našem případě statistické funkce programu MS EXCEL. Výsledné hodnoty budou zaznamenány do tabulek a grafů.

Po formální stránce budeme vycházet z publikace Diplomové a závěrečné práce (Holušová, Krobotová, 2005) a webových stránek UK FTVS [2].

4.2 Popis sledovaného souboru

Pro kinematickou analýzu jsme vybrali z klasické techniky běhu na lyžích soupažný běh jednodobý a prostý, které jsou v závodním pojetí nejvíce používanými způsoby běhu zejména na rovině a v mírném klesání i stoupání. Objektem rozboru v této diplomové práci jsou závodníci, kteří se umístili v první jedenáctce výše uvedeného závodu na 15 km klasickou technikou:

- Andrus Veerpalu vyhrál daný závod. Je dvojnásobným olympijským vítězem, dvojnásobným mistrem světa a několikanásobným vítězem světového poháru.
- Lukáš Bauer skončil v závodě druhý. Je stříbrný a bronzový medailista z olympijských her, vítěz Tour de ski a vítěz několika světových pohárů.
- Kris Freeman se umístil čtvrtý, a to je jeho dosud nejlepší umístění v kariéře.
- Dario Cologna skončil na šestém místě. Jedná se o zlatého olympijského medailistu z Vancouveru 2010, trojnásobného vítěze Tour de ski a několikanásobného vítěze světového poháru.
- Johan Olsson se umístil na osmém místě. Získal zlato ve štafetě, bronz na 30 km ve stíhacím závodě a na 50 km klasicky na ZOH ve Vancouveru 2010.
- Martin Bajčičák skončil na desátém místě. Výraznějších úspěchů nedosáhl, snad kromě jedné výhry ve světovém poháru v Reit im Winkel v roce 2005 a na MS v roce 2007 v běhu na 50 km, kde se umístil na šestém místě.

- Franz Goering skončil na jedenáctém místě. Výraznějších úspěchů dosáhl pouze ve štafetě na MS v Liberci 2009 (2. místo) a v Oslu 2011 (3. místo).

Tabulka 3 Přehled vybraných závodníků včetně použitého způsobu běhu na lyžích v analyzovaném úseku v prvním kole – IN: iniciály, ZB: způsob běhu na lyžích, SB 1: soupažný běh jednodobý, SB P: soupažný běh prostý, P: pořadí.

Jméno	IN	Stát	Věk	ZB	Mezičas 5 km	Mezičas 10 km	Cílový čas	P
Andrus Veerpalu	AV	Estonsko	38	SB 1	12:54,6	25:56,5	38:54,4	1.
Lukáš Bauer	LB	Česká republika	31	SB P	12:46,8	25:50,9	39:00,7	2.
Kris Freeman	KF	USA	28	SB 1	13:18,8	26:18,0	39:12,1	4.
Dario Cologna	DC	Švýcarsko	22	SB P	12:55,9	26:10,9	39:27,7	6.
Johan Olsson	JO	Švédsko	28	SB 1	13:02,7	26:23,0	39:36,5	8.
Martin Bajčičák	MB	Slovenská republika	32	SB 1	13:26,2	26:33,1	39:51,9	10.
Franz Goering	FG	Německo	24	SB 1	13:12,8	26:33,4	39:52,7	11.

4.3 Sledované proměnné

Sledované proměnné budou sloužit jako podklad pro výsledkovou část analýzy. Zařadili jsme do nich tyto proměnné:

- úhel v kyčelním kloubu mezi trupem a levou a pravou dolní končetinou,
- úhel v kyčelním kloubu mezi trupem a podložkou,
- úhel v kolenním kloubu levé a pravé dolní končetiny,
- úhel v hlezenním kloubu levé a pravé dolní končetiny,
- úhel v loketním kloubu levé a pravé horní končetiny,
- úhel mezi holí a podložkou při zapíchnutí holí do sněhu a oddálení holí od sněhu,
- vertikální průběh polohy těžiště těla,
- horizontální průběh polohy těžiště těla,
- rychlost pohybu těžiště těla,
- rychlost pohybu špičky levé a pravé boty,
- kontakt levé a pravé hole se sněhem,
- kontakt levé a pravé lyže se sněhem.

Vzhledem k tomu, že jde o jednorázové pozorování několika lyžařů, ostatní relevantní proměnné uvedeme pro zjednodušení problému jako vstupní informace (věk závodníka: 22 – 38 let; sklon trati na vybraném úseku – 4 °) nebo je nebudeme sledovat (somatotyp, sněhové podmínky, druh namazaného vosku).

4.4 Technické zabezpečení záznamu

Podkladem kinematografické analýzy je videomateriál, který byl pořízen při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci dne 20. února 2009. Technické zabezpečení proběhlo ve spolupráci s výzkumným pracovištěm CASRI Praha.

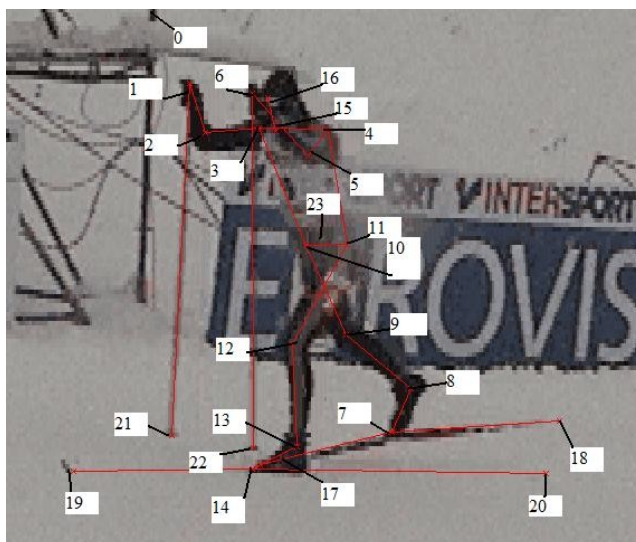
Průběh závodu snímaly dvě stacionární videokamery SONY ze šikmého čelního pohledu, každá z jedné strany trati. Frekvence snímání byla 50 obrázků za sekundu. Pro zavedení plošného souřadného systému byla použita metoda kalibrace prostoru, kdy byl uprostřed trati umístěn kvádr o rozměrech 1x2x2 metry, a při analýze byl určen pevný bod (roh budovy, konstrukce). Filmovaný úsek se nacházel 250 m po startu při výjezdu ze stadionu, kterým závodníci projížděli 4x. Záběry soupažného běhu jednodobého a prostého byly vybrány z průjezdu prvním kolem, kdy závodníci byli svěží a většina jich použila soupažný běh prostý nebo jednodobý. Z těchto důvodů jsme zvolili první kolo, neboť v dalších kolech vybraní závodníci použili střídavý běh dvoudobý.

Při práci se softwarem APAS a realizaci výstupů jsme využili disertační práci Psoťové (2007), jejíž postup byl analogický.

4.5 Sledované body

Pro charakterizování jednotlivých uzlových bodů a následně pohybových fází je nutné zjistit výše uvedené sledované proměnné. Nezbytným předpokladem je určení vztahů mezi polohami jednotlivých segmentů těla a změny těchto poloh v průběhu pohybové činnosti. Jednotlivé sledované body se nacházely na hlavních kloubních spojeních, na lyžích a na holích. Celkem jsme vybrali 22 sledovaných bodů na soustavě lyžař – lyže – hole (obr. 10). Jednalo se o spojení levé a pravé ruky s holí, levý a pravý loketní kloub, levý a pravý ramenní kloub, levý a pravý bok, levý a pravý kolenní kloub, levý a pravý hlezenní kloub, levou a pravou špičku boty, bradu, čelo, ohbí u levé a pravé špičky lyže,

patku levé a pravé lyže, dolní konec tubusu u talířku levé a pravé hole. Jednotlivé segmenty těla byly vytvořeny spojením dvou příslušných sledovaných bodů.



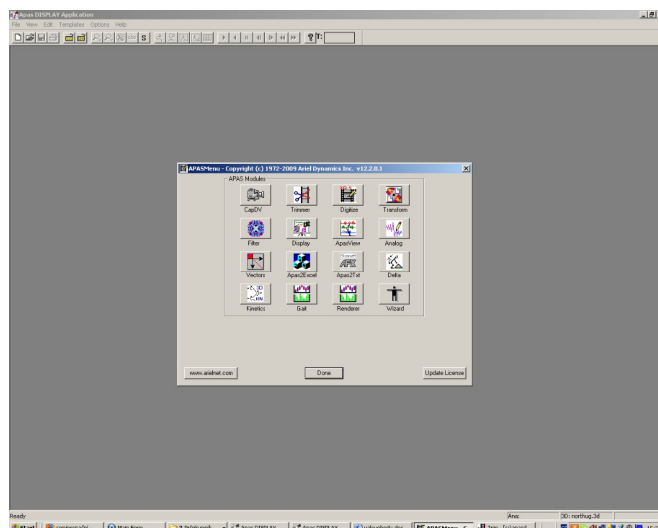
Obrázek 10 Sledované body na soustavě lyžař – lyže – hole.

Legenda k obr. 10:

0 – pevný bod,	11 – levý bok,	22 – dolní konec tubusu u talířku hole levé,
1 – pravá ruka,	12 – levé koleno,	23 – těžiště celé soustavy (výpočet softwaru)
2 – pravý loket,	13 – levý kotník,	
3 – pravé rameno,	14 – špička levé boty,	
4 – levé rameno,	15 – brada,	
5 – levý loket,	16 – čelo,	
6 – levá ruka,	17 – ohbí u špičky pravé lyže,	
7 – špička pravé boty,	18 – patka pravé lyže,	
8 – pravý kotník,	19 – ohbí u špičky levé lyže,	
9 – pravé koleno,	20 – patka levé lyže,	
10 – pravý bok,	21 – dolní konec tubusu u talířku hole pravé,	

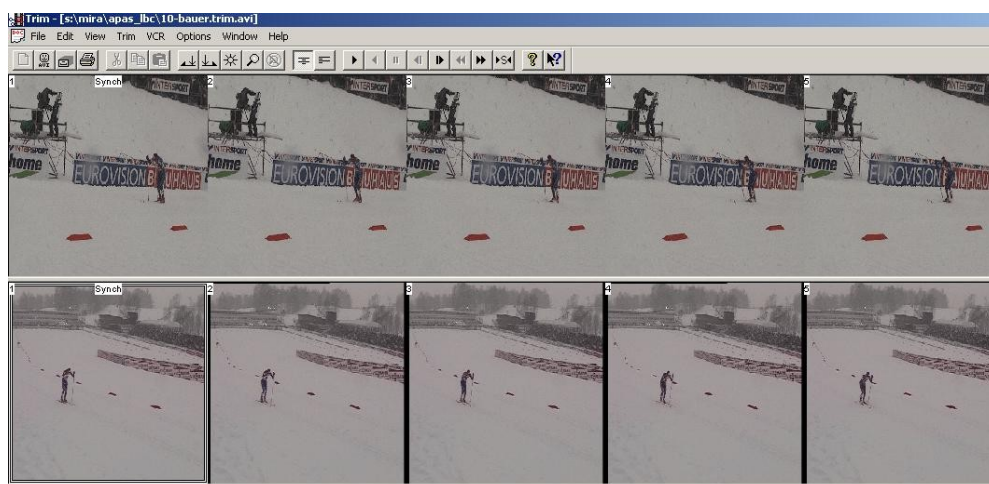
4.6 Zpracování záznamu pomocí softwaru APAS

Zpracování digitální podoby záznamu jsme uskutečnili pomocí softwaru firmy *Ariel Dynamics Inc.*, Ariel Performance Analysis System – APAS [1]. Tento software zahrnuje několik modulů, které jsou využívány v průběhu analýzy ke specifickým operacím. Pracovali jsme zejména s moduly *Trim*, *Digitize*, *Transform*, *Filter* a *Display* (obr.11).



Obrázek 11 Nabídka modulů softwaru APAS.

V *modulu Trim* jsme synchronizovali digitální záznam sledovaných závodníků z obou kamer tím, že jsme označili synchronizační značkou počátek pohybového cyklu, a modul srovnal automaticky oba záznamy (obr. 12). Potom jsme vybrali jeden pohybový cyklus, který začínal zapíchnutím holí a končil rovněž zapíchnutím holí, a uložili jsme pro další práci pouze tuto část sekvence. Záznamy byly připravené pro analýzu.

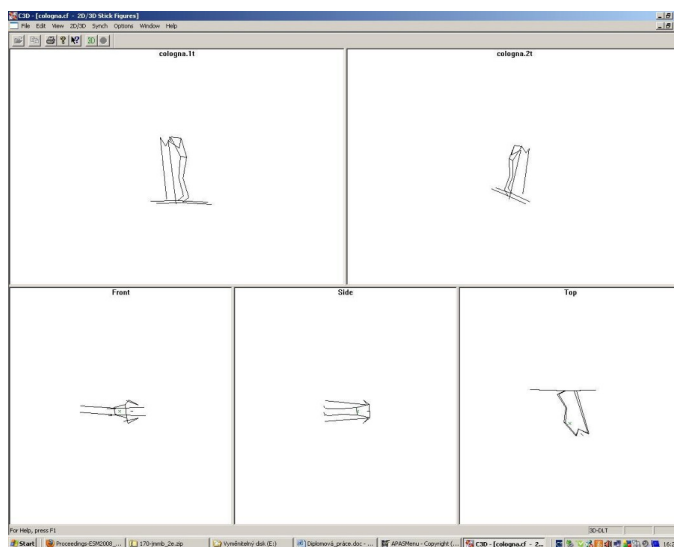


Obrázek 12 Synchronizace digitálního záznamu v *modulu Trim*.

V *modulu Digitize* probíhala hlavní část analýzy, tedy označení sledovaných bodů (1 – 22) na těle závodníků z pohledu obou kamer a označení pevného bodu (0) (obr. 10). Použili jsme ruční odečet obrazových souřadnic. Sledované body byly po kliknutí myši označeny červeným křížkem a pokud byly spojeny s jiným bodem do určitého předem definovaného vztahu (např. segment těla, lyže, hole, apod.), vznikla mezi nimi červená spojnice. Od druhého obrázku sekvence byla volba umístění sledovaného bodu částečně

usnadněna softwarem. Ten vyhledával možnou polohu bodu podle umístění na předchozím obrázku a podle dosavadního průběhu křivky polohy tohoto bodu. Pro přesnější identifikaci sledovaného bodu jsme používali dvojnásobný až čtyřnásobný zoom. Všechna data byla průběžně ukládána až po označení posledního obrázku z obou kamer.

V *modulu Transform* jsme získali z plošných 2D souřadnic z jednotlivých kamer prostorové 3D souřadnice sledovaných bodů v průběhu celého pohybového cyklu (obr.13).



Obrázek 13 Výsledek 3D analýzy po transformaci příslušných 2D souborů.

V *modulu Filter* jsme provedli kontrolu průběhu polohy a rychlosti jednotlivých sledovaných bodů (1 – 22) a těžiště těla (23) u vybraných závodníků. Grafy zobrazovaly vždy dvě křivky, a to skutečnou polohu bodu dle analýzy a extrapolovanou křivku, která vyrovnávala šumy vzniklé při digitalizaci. Rozdíly mezi skutečnými a vyhlazenými křivkami byly pro další zpracování zanedbatelné a při další práci jsme již pracovali s extrapolovanými daty.

V *modulu Display* jsme vyfiltrovali ty sledované proměnné, které nebylo možno vizuálně určit z jednotlivých obrázků (obr. 14):

- horizontální průběh polohy těžiště těla,
- vertikální průběh polohy těžiště těla,
- rychlost pohybu těžiště těla,
- rychlost pohybu špičky levé, resp. pravé boty,
- úhel mezi holí a podložkou při zapíchnutí holí do sněhu a při oddálení holí od sněhu,

- úhel v loketním kloubu levé a pravé paže,
- úhel v kyčelním kloubu mezi trupem a levou a pravou dolní končetinou,
- úhel v kyčelním kloubu mezi trupem a podložkou,
- úhel v kolenním kloubu levé a pravé nohy,
- úhel v hlezenním kloubu levé a pravé dolní končetiny.

Ostatní dvě sledované proměnné jsme z jednotlivých obrázků posoudili vizuálně:

- kontakt levé a pravé lyže se sněhem,
- kontakt levé a pravé hole se sněhem.

A	M	T	C	X	Filename	Trial/Type	Chan/Qty	Joint/Seg	XYZ	Start	End
=>					bajcicak.3d	Linear	Displacement	C.G.	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Linear	Displacement	C.G.	Z	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Linear	Velocity	C.G.	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Linear	Velocity	L.FOOT	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Linear	Velocity	R.FOOT	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	L.UPARM-L.F.	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	R.UPARM-R.F.	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	L.THIGH-L.TR	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	R.THIGH-R.TR	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Seg. Angle	Displacement	L.TRUNK	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Seg. Angle	Displacement	R.TRUNK	X	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	L.FOOT-L.SH	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	R.FOOT-R.SH	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	L.THIGH-L.SH	3D	0.010	1.070
=>					bajcicak.3d	Joint Angle	Displacement	R.THIGH-R.S	3D	0.010	1.070

Obrázek 14 Sledované proměnné vygenerované v *modulu Display*.

Dále jsme v *modulu Display* vytvořili grafy a číselné tabulky s výsledky průběhu sledovaných proměnných v rámci pohybového cyklu.

Pro další úpravu tabulek a fotografií jsme využili běžně dostupné programy *Microsoft Excel* a *Malování*.

4.7 Statistické zpracování dat

Interindividuální porovnání v diplomové práci je doplněno trendem, kterým prochází v současné době technika soupažného běhu jednodobého a prostého. Pro vystihnutí tohoto trendu je nezbytné charakterizovat hodnotu dat u jednotlivých závodníků mírou centrální tendence, nebo-li střední hodnotou. Jako nejvhodnější střední hodnotu

použijeme aritmetický průměr, který je definován jako součet všech naměřených údajů vydělený jejich počtem. Označujeme ho pomocí symbolu \bar{x} nebo M (Hendl, 2009).

Výpočet má podobu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

kde znak \sum symbolizuje součet hodnot x_i pro všechny možné hodnoty indexu i .

Pro zjištění velikosti interindividuálních rozdílů je potřebné znát rozptýlenost dat kolem aritmetického průměru a jako nejvhodnější mírou je směrodatná odchylka, která je definována jako odmocnina z rozptylu a vrací míru rozptýlenosti (na rozdíl od rozptylu) do měřítka původních dat (Hendl, 2009):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

kde znak \sum symbolizuje součet kvadratických odchylek měření od aritmetického průměru.

5. Výsledky a jejich rozbor

Při rozboru hodnot získaných analýzou pohybové činnosti při soupažném běhu jednodobém a prostém budeme analyzovat jednotlivé prostorové charakteristiky uzlových bodů a pohybových fází (dobu, délku, rychlost a procentuální zastoupení pohybové fáze na celkové době pohybového cyklu) u každého závodníka. Dále provedeme interindividuální srovnání jednotlivých závodníků. Počítáme s chybou odečtu v řádu mezi dvěma obrázky – tedy 0,02 sekundy, což při průměrné rychlosti pohybu 5 m/s činí vzdálenost 0,10 m.

Ve výsledkové části budou u všech tabulek použity následující zkratky:

- UB: uzlový bod
- PC: pohybový cyklus
- PF: pohybová fáze
- DK: dolní končetina
- M: aritmetický průměr (Mean)
- SD: směrodatná odchylka (Standard Deviation)
- s: sekunda
- m: metr
- n = 5: počet vybraných závodníků na lyžích

5.1 Uzlové body - soupažný běh jednodobý

Uzlové body 1, 2 a 5 jsme určili vizuálně z jednotlivých obrázků, neboť se jedná o jasně viditelné okamžiky (zapíchnutí hole do sněhu, oddálení hole od sněhu, oddálení odrazové lyže od podložky).

Uzlový bod 3 a 4 jsme museli zjistit pomocí softwaru APAS, kde jsme v *modulu Display* vygenerovali příslušnou veličinu.

Pro uzlový bod 3 (zastavení skluzné lyže) jsme vygenerovali rychlost špičky lyžařské boty odrazové lyže a určili jsme minimální hodnotu (příloha – graf 1).

Pro uzlový bod 4 (maximální pokrčení odrazové DK v kolenním kloubu) jsme vygenerovali velikost úhlu mezi stehnem a bércelem a určili jsme minimální hodnoty (příloha - graf 21).

Při určování délky pohybových fází jsme vycházeli z údajů o horizontálním pohybu těžiště těla (příloha – graf 2).

Při určování velikosti úhlu mezi levou holí a podložkou a pravou holí a podložkou při jejich zapíchnutí do sněhu a oddálení od sněhu jsme vycházeli z grafů 4 a 5 (příloha – graf 4 a 5).

Při určování velikosti úhlu v loketním kloubu levé a pravé horní končetiny jsme vycházeli z grafů 8 a 9 (příloha – graf 8 a 9).

Při určování velikosti úhlu v kyčelním kloubu mezi trupem a levým a pravým stehnem jsme vycházeli z grafů 12 a 13 (příloha – graf 12 a 13).

Při určování míry předklonu trupu jsme vycházeli z velikosti úhlů mezi podložkou a trupem. Hodnoty úhlů jsme zprůměrovali mezi levou stranou trupu a podložkou a pravou stranou trupu a podložkou, neboť rozdíly byli minimální. Vycházeli jsme z grafů 16 a 17 (příloha – graf 16 a 17).

Při určování velikosti úhlu v kolenním kloubu levé a pravé dolní končetiny jsme vycházeli z grafů 20 a 21 (příloha – graf 20 a 21).

Při určování velikosti úhlu v hlezenním kloubu levé a pravé dolní končetiny jsme vycházeli z grafů 24 a 25 (příloha – graf 24 a 25).

5.1.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí sněhu



Obrázek 15 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu

Tab. 4 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 1 při soupažném běhu jednodobém u pěti vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Při zapíchnutí holí do sněhu je úhel mezi levou holí a podložkou $98^\circ \pm 4,62^\circ$ (tj. 8° od vertikály směrem vpřed) a mezi pravou holí a podložkou $99^\circ \pm 2,97^\circ$ (tj. 9° od vertikály směrem vpřed). Úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $89^\circ \pm$

16,10 ° a u pravé horní končetiny 79 ° ± 18,49 °. Úhel mezi levým stehnem a trupem je 159 ° ± 6,65 ° a mezi pravým stehnem a trupem je 125 ° ± 7,16 °. Úhel mezi trupem a podložkou je 129 ° ± 4,32 ° (tj. 51 ° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je 149 ° ± 9,36 ° a v pravém kolenním kloubu 149 ° ± 6,04 °. Úhel v levém hlezenním kloubu je 94 ° ± 6,43 ° a v pravém hlezenním kloubu 93 ° ± 5,52 °.

Tabulka 4 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 1 (n = 5).

	MB	KF ⁶	FG	JO	AV	M	SD
L hůl k x (°)	93	94	103	102	96	98	4,62
P hůl k x (°)	104	98	100	99	96	99	2,97
L loket (°)	114	91	91	80	71	89	16,10
P loket (°)	96	76	100	69	56	79	18,49
L stehno-trup (°)	155	157	170	153	159	159	6,65
P stehno-trup (°)	122	125	137	121	119	125	7,16
Trup k x (°)	130	126	124	131	135	129	4,32
L koleno (°)	146	138	157	143	160	149	9,36
P koleno (°)	155	152	153	142	143	149	6,04
L kotník (°)	87	102	100	90	93	94	6,43
P kotník (°)	95	99	93	94	84	93	5,52

Nejmenší úhel mezi holí a podložkou při zapíchnutí holí do sněhu je u závodníka MB (levá hůl) 93 ° (tj. 3 ° od vertikály směrem vpřed), největší úhel je také u závodníka MB (pravá hůl) 104 ° (tj. 14 ° od vertikály směrem vpřed). Interindividuální rozdíly jsou však malé (SD u levé hole k x je 4,62 °; u pravé hole k x je 2,97 °). Nejmenší úhel v loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu je u závodníka AV 56 °; největší úhel u závodníka MB 114 °. V loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu nacházíme největší interindividuální rozdíly, což potvrzují velké hodnoty SD (16,10 ° v levém, resp. 18,49 ° v pravém loketním kloubu). Nejmenší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka JO 153 ° a největší úhel u závodníka FG 170 °. Nejmenší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka AV 119 ° a největší úhel u závodníka FG 137 °. Interindividuální rozdíly jsou minimální, vyšších hodnot dosahuje pouze závodník FG. Nejmenší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka FG 124 ° (tj. 56 ° od horizontály směrem vzhůru, malý předklon) a největší úhel u závodníka AV 135 ° (tj. 45 ° od horizontály směrem vzhůru, větší předklon). Interindividuální rozdíly jsou malé. Nejmenší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka KF 138 ° a největší úhel

⁶ KF jako jediný provádí odraz z levé dolní končetiny, a proto z důvodu srovnání je levá strana v úhlech mezi holí a x, v loketním kloubu, mezi stehnem a trupem, v kolenu a kotníku zaměněna za pravou a opačně.

u závodníka AV 160 °. Nejmenší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka JO 142 ° a největší úhel u závodníka MB 155 °. Interindividuální rozdíly jsou malé, větší v levém než v pravém kolenním kloubu. Nejmenší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka MB 87 ° a největší úhel u závodníka KF 102 °. Nejmenší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka AV 84 ° a největší úhel u závodníka KF 99 °. Interindividuální rozdíly nejsou velké.

5.1.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu



Obrázek 16 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu

Tab. 5 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 2 při soupažném běhu jednodobém u pěti vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Tabulka 5 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 2 (n = 5).

	MB	KF ⁷	FG	JO	AV	M	SD
L hůl k x (°)	144	147	147	153	149	148	3,32
P hůl k x (°)	148	147	149	154	151	150	2,77
L loket (°)	165	151	167	163	164	162	6,32
P loket (°)	164	163	151	146	156	156	7,71
L stehno-trup (°)	98	109	99	84	98	98	8,91
P stehno-trup (°)	99	105	113	88	105	102	9,27
trup k x (°)	140	138	138	151	139	141	5,54
L koleno (°)	136	142	140	136	147	140	4,6
P koleno (°)	144	153	163	139	145	149	9,39
L kotník (°)	94	98	103	97	104	99	4,21
P kotník (°)	102	106	115	100	99	104	6,5

⁷ KF jako jediný provádí odraz z levé dolní končetiny, a proto z důvodu srovnání je levá strana v úhlech mezi holí a x, v loketním kloubu, mezi stehnem a trupem, v koleni a kotníku zaměněna za pravou a opačně.

Při oddálení holí od sněhu je úhel mezi levou holí a podložkou $148^\circ \pm 3,32^\circ$ (tj. 58° od vertikály směrem vpřed) a mezi pravou holí a podložkou $150^\circ \pm 2,77^\circ$ (tj. 60° od vertikály směrem vpřed). Úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $162^\circ \pm 6,32^\circ$ a u pravé horní končetiny $156^\circ \pm 7,71^\circ$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je $98^\circ \pm 8,91^\circ$ a mezi pravým stehnem a trupem je $102^\circ \pm 9,27^\circ$. Úhel mezi trupem a podložkou je $141^\circ \pm 5,54^\circ$ (tj. 39° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je $140^\circ \pm 4,6^\circ$ a v pravém kolenním kloubu $149^\circ \pm 9,39^\circ$. Úhel v levém hlezenním kloubu je $99^\circ \pm 4,21^\circ$ a v pravém hlezenním kloubu $104^\circ \pm 6,5^\circ$.

Nejmenší úhel mezi holí a podložkou při oddálení holí od sněhu je u závodníka MB 144° (tj. 54° od vertikály směrem vpřed), největší úhel je u závodníka JO 154° (tj. 64° od vertikály směrem vpřed). Interindividuální rozdíly jsou však malé (SD u levé hole k_x je $3,32^\circ$; u pravé hole k_x je $2,77^\circ$). Nejmenší úhel v loketním kloubu při oddálení holí od sněhu je u závodníka JO 146° ; největší úhel u závodníka FG 167° . Při oddálení holí od sněhu nejsou tak velké interindividuální rozdíly v úhlu loketního kloubu než je tomu při zapíchnutí holí do sněhu. Nejmenší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka JO 84° a největší úhel u závodníka KF 109° . Nejmenší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka JO 88° a největší úhel u závodníka FG 113° . Interindividuální rozdíly jsou větší než v UB 1 při zapíchnutí holí do sněhu. Nižších hodnot dosahuje pouze závodník JO. Nejmenší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníků KF a FG 138° (tj. 42° od horizontály) a největší úhel u závodníka JO 151° (tj. 29° od horizontály). Interindividuální rozdíly jsou minimální, vyšších hodnot dosahuje pouze závodník JO. Nejmenší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníků MB a JO 136° a největší úhel u závodníka AV 147° . Nejmenší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka JO 139° a největší úhel u závodníka FG 163° . Interindividuální rozdíly jsou větší v pravém než v levém kolenním kloubu. Nejmenší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka MB 94° a největší úhel u závodníka AV 104° . Nejmenší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka AV 99° a největší úhel u závodníka FG 115° . Interindividuální rozdíly jsou minimální.

5.1.3 Uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže



Obrázek 17 Uzlový bod 3 – zastavení skluzné lyže

Tab. 6 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 3 při soupažném běhu jednodobém u pěti vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Tabulka 6 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 3 (n = 5).

	MB	KF ⁸	FG	JO	AV	M	SD
L loket (°)	140	137	143	130	128	136	6,43
P loket (°)	131	133	132	131	131	132	0,89
L stehno-trup (°)	115	121	115	129	112	118	6,77
P stehno-trup (°)	129	124	127	142	122	129	7,85
Trup k x (°)	123	126	123	114	128	123	5,36
L koleno (°)	131	130	138	143	148	138	7,71
P koleno (°)	129	134	140	137	136	135	4,09
L kotník (°)	90	88	101	99	107	97	7,91
P kotník (°)	78	83	87	79	90	83	5,13

Při zastavení skluzné lyže je úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $136^{\circ} \pm 6,43^{\circ}$ a u pravé horní končetiny $132^{\circ} \pm 0,89^{\circ}$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je $118^{\circ} \pm 6,77^{\circ}$ a mezi pravým stehnem a trupem je $129^{\circ} \pm 7,85^{\circ}$. Úhel mezi trupem a podložkou je $123^{\circ} \pm 5,36^{\circ}$ (tj. 57° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je $138^{\circ} \pm 7,71^{\circ}$ a v pravém kolenním kloubu $135^{\circ} \pm 4,09^{\circ}$. Úhel v levém hlezenním kloubu je $97^{\circ} \pm 7,91^{\circ}$ a v pravém hlezenním kloubu $83^{\circ} \pm 5,13^{\circ}$. Nejmenší úhel v loketním kloubu při zastavení skluzné lyže je u závodníka AV 128° ; největší úhel u závodníka FG 143° . U pravé horní končetiny při zastavení skluzné lyže jsou v loketním kloubu menší interindividuální rozdíly než je tomu u levé horní končetiny. Nejmenší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka AV 112° a

⁸ KF jako jediný provádí odraz z levé dolní končetiny, a proto z důvodu srovnání je levá strana v úhlech v loketním kloubu, mezi stehnem a trupem, v koleni a kotníku zaměněna za pravou a opačně.

největší úhel u závodníka JO 129 °. Nejmenší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka AV 122 ° a největší úhel u závodníka JO 142 °. Nejmenší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka JO 114 ° (tj. 66 ° od horizontály směrem vzhůru) a největší úhel u závodníka AV 128 ° (tj. 52 ° od horizontály). Interindividuální rozdíly u pravého a levého stehna k trupu a trupu k podložce jsou minimální, vyšších hodnot dosahuje pouze závodník JO. Nejmenší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka KF 130 ° a největší úhel u závodníka AV 148 °. Nejmenší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka MB 129 ° a největší úhel u závodníka FG 140 °. Interindividuální rozdíly jsou větší v levém než v pravém kolenním kloubu. Nejmenší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka KF 88 ° a největší úhel u závodníka AV 107 °. Nejmenší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka MB 78 ° a největší úhel u závodníka AV 90 °.

5.1.4 Uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu



Obrázek 18 Uzlový bod 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu

Tab. 7 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 4 při soupažném běhu jednodobém u pěti vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Tabulka 7 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 4 (n = 5).

	MB	KF ⁹	FG	JO	AV	M	SD
L loket (°)	110	116	116	113	112	113	2,61
P loket (°)	123	116	124	118	115	119	4,09
L stehno-trup (°)	118	116	115	124	111	117	4,76
P stehno-trup (°)	148	141	145	156	139	146	6,69
trup k x (°)	119	121	119	115	124	120	3,29
L koleno (°)	135	130	139	141	143	138	5,18
P koleno (°)	126	128	133	133	125	129	3,81
L kotník (°)	97	93	106	102	107	101	5,96
P kotník (°)	77	74	73	76	71	74	2,39

Při maximálním pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu je úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $113^\circ \pm 2,61^\circ$ a u pravé horní končetiny $119^\circ \pm 4,09^\circ$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je $117^\circ \pm 4,76^\circ$ a mezi pravým stehnem a trupem je $146^\circ \pm 6,69^\circ$. Úhel mezi trupem a podložkou je $120^\circ \pm 3,29^\circ$ (tj. 60° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je $138^\circ \pm 5,18^\circ$ a v pravém kolenním kloubu $129^\circ \pm 3,81^\circ$. Úhel v levém hlezenním kloubu je $101^\circ \pm 5,96^\circ$ a v pravém hlezenním kloubu $74^\circ \pm 2,39^\circ$.

Nejmenší úhel v loketním kloubu při maximálním pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu je u závodníka MB 110° ; největší úhel u závodníka FG 124° . Interindividuální rozdíly jsou malé. Nejmenší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka AV 111° a největší úhel u závodníka JO 124° . Nejmenší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka AV 139° a největší úhel u závodníka JO 156° . Nejmenší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka JO 115° (tj. 65° od horizontály směrem vzhůru) a největší úhel u závodníka AV 124° (tj. 56° od horizontály směrem vzhůru). Interindividuální rozdíly jsou malé (SD = $3,29^\circ$). Nejmenší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka KF 130° a největší úhel u závodníka AV 143° . Nejmenší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka AV 125° a největší úhel u závodníků FG a JO 133° . Interindividuální rozdíly jsou větší v levém než v pravém kolenním kloubu. Nejmenší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka KF 93° a největší úhel u závodníka AV 107° . Nejmenší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka AV 71° a největší úhel u závodníka MB 77° . Interindividuální rozdíly jsou větší v levém než v pravém hlezenním kloubu.

⁹ KF jako jediný provádí odraz z levé dolní končetiny, a proto z důvodu srovnání je levá strana v úhlech v loketním kloubu, mezi stehnem a trupem, v koleni a kotníku zaměněna za pravou a opačně.

5.1.5 Uzlový bod 5 – oddálení lyže od sněhu



Obrázek 19 Uzlový bod 5 – oddálení lyže od sněhu

Tab. 8 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 5 při soupažném běhu jednodobém u pěti vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Při oddálení lyže od sněhu je úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $95^\circ \pm 15,25^\circ$ a u pravé horní končetiny $96^\circ \pm 15,76^\circ$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je $116^\circ \pm 4,27^\circ$ a mezi pravým stehnem a trupem je $172^\circ \pm 3,27^\circ$. Úhel mezi trupem a podložkou je $117^\circ \pm 1,73^\circ$ (tj. 63° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je $138^\circ \pm 3,49^\circ$ a v pravém kolenním kloubu $148^\circ \pm 2,30$. Úhel v levém hlezenním kloubu je $104^\circ \pm 5,94^\circ$ a v pravém hlezenním kloubu $106^\circ \pm 5,83^\circ$.

Tabulka 8 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 5 (n = 5).

	MB	KF ¹⁰	FG	JO	AV	M	SD
L loket (°)	99	99	116	78	82	95	15,25
P loket (°)	98	110	113	77	84	96	15,76
L stehno-trup (°)	117	120	114	120	110	116	4,27
P stehno-trup (°)	171	172	171	168	177	172	3,27
trup k x (°)	118	117	118	114	118	117	1,73
L koleno (°)	136	141	142	136	134	138	3,49
P koleno (°)	150	147	150	150	145	148	2,30
L kotník (°)	99	102	114	101	106	104	5,94
P kotník (°)	109	99	101	108	113	106	5,83

Nejmenší úhel v loketním kloubu při oddálení lyže od sněhu je u závodníka JO 77° ; největší úhel u závodníka FG 116° . V loketním kloubu nacházíme největší

¹⁰ KF jako jediný provádí odraz z levé dolní končetiny, a proto z důvodu srovnání je levá strana v úhlech v loketním kloubu, mezi stehnem a trupem, v koleni a kotníku zaměněna za pravou a opačně.

interindividuální rozdíly, což potvrzují velké hodnoty SD ($15,25^\circ$ v levém, resp. $15,76^\circ$ v pravém loketním kloubu). Nejmenší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka AV 110° a největší úhel u závodníků KF a JO 120° . Nejmenší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka JO 168° a největší úhel u závodníka AV 177° . Nejmenší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka JO 114° (tj. 66° od horizontály směrem vzhůru) a největší úhel u závodníků MB, FG a AV 118° (tj. 62° od horizontály směrem vzhůru). Interindividuální rozdíly jsou zanedbatelné ($SD = 1,73^\circ$). Nejmenší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka AV 134° a největší úhel u závodníka FG 142° . Nejmenší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka AV 145° a největší úhel u závodníků MB, FG a JO 150° . Interindividuální rozdíly jsou malé. Nejmenší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka MB 99° a největší úhel u závodníka FG 114° . Nejmenší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka KF 99° a největší úhel u závodníka AV 113° . Interindividuální rozdíly jsou malé.

5.2 Uzlové body - soupažný běh prostý

Uzlové body 1 a 2 jsme určili vizuálně z jednotlivých obrázků, neboť se jedná o jasně viditelné okamžiky (zapíchnutí hole do sněhu, oddálení hole od sněhu).

Při určování délky pohybových fází jsme vycházeli z údajů o horizontálním pohybu těžiště těla (příloha – graf 3).

Při určování velikosti úhlu mezi levou holí a podložkou a pravou holí a podložkou při jejich zapíchnutí do sněhu a oddálení od sněhu jsme vycházeli z grafů 6 a 7 (příloha – graf 6 a 7).

Při určování velikosti úhlu v loketním kloubu levé a pravé horní končetiny jsme vycházeli z grafů 10 a 11 (příloha – graf 10 a 11).

Při určování velikosti úhlu v kyčelním kloubu mezi trupem a levým a pravým stehnem jsme vycházeli z grafů 14 a 15 (příloha – graf 14 a 15).

Při určování míry předklonu trupu jsme vycházeli z velikosti úhlů mezi podložkou a trupem. Hodnoty úhlů jsme zprůměrovali mezi levou stranou trupu a podložkou a pravou stranou trupu a podložkou, neboť rozdíly byly minimální. Vycházeli jsme z grafů 18 a 19 (příloha – graf 18 a 19).

Při určování velikosti úhlu v kolenním kloubu levé a pravé dolní končetiny jsme vycházeli z grafů 22 a 23 (příloha – graf 22 a 23).

Při určování velikosti úhlu v hlezenním kloubu levé a pravé dolní končetiny jsme vycházeli z grafů 26 a 27 (příloha – graf 26 a 27).

5.2.1 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu



Obrázek 20 Uzlový bod 1 – zapíchnutí holí do sněhu

Tab. 9 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 1 při soupažném běhu prostém u dvou vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Při zapíchnutí holí do sněhu je úhel mezi levou holí a podložkou $103^\circ \pm 2,12^\circ$ (tj. 13° od vertikály směrem vpřed) a mezi pravou holí a podložkou $102^\circ \pm 3,54^\circ$ (tj. 12° od vertikály směrem vpřed). Úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $76^\circ \pm 1,41^\circ$ a u pravé horní končetiny $70^\circ \pm 5,66^\circ$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je $131^\circ \pm 9,19^\circ$ a mezi pravým stehnem a trupem je $134^\circ \pm 8,49^\circ$. Úhel mezi trupem a podložkou je $126^\circ \pm 2,83^\circ$ (tj. 54° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je $136^\circ \pm 12,02^\circ$ a v pravém kolenním kloubu $140^\circ \pm 9,90^\circ$. Úhel v levém hlezenním kloubu je $78^\circ \pm 7,07^\circ$ a v pravém hlezenním kloubu $81^\circ \pm 4,95^\circ$.

Tabulka 9 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 1 (n = 2).

	LB	DC	M	SD
L hůl k x (°)	104	101	103	2,12
P hůl k x (°)	104	99	102	3,54
L loket (°)	75	77	76	1,41
P loket (°)	66	74	70	5,66
L stehno-trup (°)	124	137	131	9,19
P stehno-trup (°)	128	140	134	8,49
trup k x (°)	128	124	126	2,83
L koleno (°)	127	144	136	12,02
P koleno (°)	133	147	140	9,90
L kotník (°)	73	83	78	7,07
P kotník (°)	77	84	81	4,95

Nejmenší úhel mezi holí a podložkou při zapíchnutí holí do sněhu je u závodníka DC 99 ° (tj. 9 ° od vertikály směrem vpřed), největší úhel je u závodníka LB 104 ° (tj. 14 ° od vertikály směrem vpřed). Interindividuální rozdíly jsou malé. Nejmenší úhel v loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu je u závodníka LB 66 °; největší úhel u závodníka DC 77 °. V loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu nejsou tak velké interindividuální rozdíly jako u soupažného běhu jednodobého. Menší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka LB 124 ° a větší úhel u závodníka DC 137 °. Obdobně je menší úhel mezi pravým stehnem a trupem u závodníka LB 128 ° a větší úhel u závodníka DC 140 °. Menší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka DC 124 ° (tj. 56 ° od horizontály směrem vzhůru) a větší úhel u závodníka LB 128 ° (tj. 52 ° od horizontály směrem vzhůru). Interindividuální rozdíly jsou malé. Menší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka LB 127 ° a větší úhel u závodníka DC 144 °. Menší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka LB 133 ° a větší úhel u závodníka DC 147 °. Interindividuální rozdíly jsou velké v obou kolenních kloubech. Menší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka LB 73 ° a větší úhel u závodníka DC 83 °. Menší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka LB 77 ° a větší úhel u závodníka DC 84 °. Vyšších hodnot tedy ve většině parametrů dosahuje závodník DC.

5.2.2 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu



Obrázek 21 Uzlový bod 2 – oddálení holí od sněhu

Tab. 10 uvádí vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 2 při soupažném běhu prostém u dvou vybraných závodníků. Z těchto hodnot jsme vypočetli průměr a směrodatnou odchylku.

Při oddálení holí od sněhu je úhel mezi levou holí a podložkou $155^\circ \pm 4,24^\circ$ (tj. 65° od vertikály směrem vpřed) a mezi pravou holí a podložkou $156^\circ \pm 2,12^\circ$ (tj. 66° od vertikály směrem vpřed). Úhel v loketním kloubu u levé horní končetiny je $159^\circ \pm 8,49^\circ$ a u pravé horní končetiny $151^\circ \pm 13,44^\circ$. Úhel mezi levým stehnem a trupem je

83 ° ± 20,51 ° a mezi pravým stehnem a trupem je 90 ° ± 12,73 °. Úhel mezi trupem a podložkou je 140 ° ± 5,66 ° (tj. 40 ° od horizontály směrem vzhůru). Úhel v levém kolenním kloubu je 124 ° ± 20,51 ° a v pravém kolenním kloubu 133 ° ± 10,61 °. Úhel v levém hlezenním kloubu je 96 ° ± 8,49 ° a v pravém hlezenním kloubu 102 ° ± 2,12 °.

Tabulka 10 Vybrané úhlové charakteristiky v uzlovém bodě 2 (n = 2).

	LB	DC	M	SD
L hůl k x (°)	158	152	155	4,24
P hůl k x (°)	157	154	156	2,12
L loket (°)	153	165	159	8,49
P loket (°)	141	160	151	13,44
L stehno-trup (°)	68	97	83	20,51
P stehno-trup (°)	81	99	90	12,73
trup k x (°)	144	136	140	5,66
L koleno (°)	109	138	124	20,51
P koleno (°)	125	140	133	10,61
L kotník (°)	90	102	96	8,49
P kotník (°)	103	100	102	2,12

Nejmenší úhel mezi holí a podložkou při oddálení holí od sněhu je u závodníka DC 152 ° (tj. 62 ° od vertikály směrem vpřed), největší úhel je u závodníka LB 158 ° (tj. 68 ° od vertikály směrem vpřed). Interindividuální rozdíly jsou malé. Nejmenší úhel v loketním kloubu při oddálení holí od sněhu je u závodníka LB 141 °; největší úhel u závodníka DC 165 °. Menší úhel mezi levým stehnem a trupem je u závodníka LB 68 ° a větší úhel u závodníka DC 97 °. Menší úhel mezi pravým stehnem a trupem je u závodníka LB 81 ° a větší úhel u závodníka DC 99 °. Interindividuální rozdíly jsou velké. Menší úhel mezi trupem a podložkou je u závodníka DC 136 ° (tj. 44 ° od horizontály směrem vzhůru) a větší úhel u závodníka LB 144 ° (tj. 36 ° od horizontály směrem vzhůru). Menší úhel v levém kolenním kloubu je u závodníka LB 109 ° a větší úhel u závodníka DC 138 °. Menší úhel v pravém kolenním kloubu je u závodníka LB 125 ° a větší úhel u závodníka DC 140 °. Interindividuální rozdíly jsou velké v obou kolenních kloubech. Menší úhel v levém hlezenním kloubu je u závodníka LB 90 ° a větší úhel u závodníka DC 102 °. Menší úhel v pravém hlezenním kloubu je u závodníka DC 100 ° a větší úhel u závodníka LB 103 °. Interindividuální rozdíly jsou větší u levého hlezenního kloubu.

5.3 Pohybové fáze soupažného běhu jednodobého

V tab. 11 jsou uvedeny časové hodnoty v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků, průměr a směrodatná odchylka těchto hodnot. Hodnoty uvedené v tab. 11 jsme dále vyjádřili v procentuálním zastoupení jednotlivých pohybových fází v rámci jednoho pohybového cyklu soupažného běhu jednodobého (tab. 12). Procentuální vyjádření jsme vztáhli k průměrné době trvání jednoho pohybového cyklu, které jsme vzali jako 100 %. Tab. 13 udává průměrnou vzdálenost, o jakou se pohybovalo těžiště těla vpřed v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků.

Tabulka 11 Časové hodnoty (v sekundách) v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).

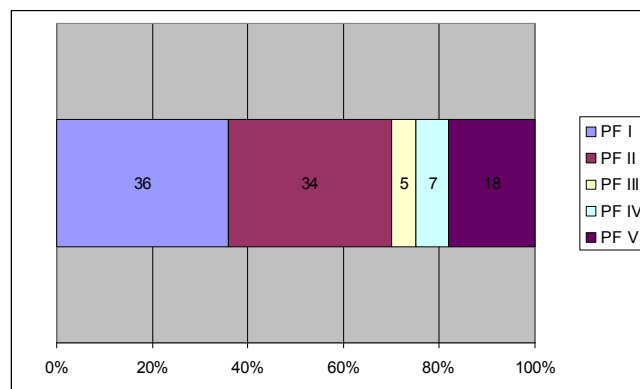
	MB	KF	FG	JO	AV	M	SD
PF I (s)	0,38	0,46	0,40	0,42	0,42	0,42	0,03
PF II (s)	0,32	0,36	0,46	0,44	0,42	0,40	0,06
PF III (s)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00
PF IV (s)	0,08	0,08	0,08	0,06	0,10	0,08	0,01
PF V (s)	0,18	0,20	0,18	0,22	0,28	0,21	0,04
Σ (s)	1,02	1,16	1,18	1,20	1,28	1,17	0,09

Doba trvání PF I (skluz s odpichem) je $0,42 \text{ s} \pm 0,03 \text{ s}$. Nejkratší čas je u závodníka MB $0,38 \text{ s}$ a nejdelší čas je u závodníka KF $0,46 \text{ s}$. Doba trvání PF II (dvouoporový skluz) je $0,40 \text{ s} \pm 0,06 \text{ s}$. Nejkratší čas je u závodníka MB $0,32 \text{ s}$ a nejdelší čas je u závodníka FG $0,46 \text{ s}$. Doba trvání PF III (výpad) je $0,06 \text{ s}$. Údaj je pro všechny závodníky stejný. Doba trvání PF IV (odraz) je $0,08 \text{ s} \pm 0,01 \text{ s}$. Nejkratší čas je u závodníka JO $0,06 \text{ s}$ a nejdelší čas je u závodníka AV $0,10 \text{ s}$. Doba trvání PF V (prostý skluz) je $0,21 \text{ s} \pm 0,04 \text{ s}$. Nejkratší čas je u závodníků MB a FG $0,18 \text{ s}$ a nejdelší čas u závodníka AV $0,28 \text{ s}$. Průměrná doba trvání celého pohybového cyklu je $1,17 \text{ s} \pm 0,09 \text{ s}$. Nejkratší čas je u závodníka MB $1,02 \text{ s}$ a nejdelší čas je u závodníka AV $1,28 \text{ s}$.

Tabulka 12 Procentuální zastoupení (%) jednotlivých pohybových fází soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5), přepočítáno dle tab. 11.

	MB	KF	FG	JO	AV	M
PF I (%)	37	40	34	35	33	36
PF II (%)	31	31	39	37	33	34
PF III (%)	6	5	5	5	5	5
PF IV (%)	8	7	7	5	8	7
PF V (%)	18	17	15	18	21	18
Σ (%)	100	100	100	100	100	100

Průměrné procentuální zastoupení PF I (skluz s odpichem) je 36 %, PF II (dvouoporový skluz) je 34 %, PF III (výpad) je 5 %, PF IV (odraz) je 7 % a PF V (prostý skluz) je 18 % (graf 1). Skluzová část (PF I + II + V) tvoří 88 % PC a odrazová část (PF III + IV) 12 % PC.



Graf 1 Chronogram pohybových fází v PC soupažného běhu jednodobého v procentech, data převzata z tabulky 12.

Tabulka 13 Průměrná vzdálenost (v metrech), o jakou se pohybovalo těžiště těla vpřed v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).

	MB	KF	FG	JO	AV	M	SD
PF I (m)	1,88	2,09	2,07	2,02	2,11	2,03	0,09
PF II (m)	1,56	1,60	2,29	2,15	2,11	1,94	0,34
PF III (m)	0,28	0,26	0,29	0,28	0,30	0,28	0,01
PF IV (m)	0,38	0,36	0,39	0,29	0,47	0,38	0,06
PF V (m)	0,85	0,89	0,90	0,99	1,34	0,99	0,20
Σ (m)	4,95	5,20	5,94	5,73	6,33	5,62	0,56

Posun těžiště těla vpřed v PF I (skluz s odpichem) je 2,03 m ± 0,09 m. Nejmenší vzdálenost je u závodníka MB 1,88 m a největší vzdálenost je u závodníka AV 2,11 m. Posun těžiště těla vpřed v PF II (dvouoporový skluz) je 1,94 m ± 0,34 m. Nejmenší vzdálenost je u závodníka MB 1,56 m a největší vzdálenost je u závodníka FG 2,29 m. Posun těžiště těla vpřed v PF III (výpad) je 0,28 m ± 0,01 m. Nejmenší vzdálenost je u závodníka KF 0,26 m a největší vzdálenost je u závodníka AV 0,30 m. Posun těžiště těla vpřed v PF IV (odraz) je 0,38 m ± 0,06 m. Nejmenší vzdálenost je u závodníka JO 0,29 m a největší vzdálenost je u závodníka AV 0,47 m. Posun těžiště těla vpřed v PF V (prostý skluz) je 0,99 m ± 0,20 m. Nejmenší vzdálenost je u závodníka MB 0,85 m a největší vzdálenost je u závodníka AV 1,34 m. Posun těžiště těla vpřed v celém

pohybovém cyklu je $5,62 \text{ m} \pm 0,56 \text{ m}$. Nejmenší vzdálenost je u závodníka MB $4,95 \text{ m}$ a největší vzdálenost je u závodníka AV $6,33 \text{ m}$.

5.4 Pohybové fáze soupažného běhu prostého

V tab. 14 jsou uvedeny časové hodnoty v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu prostého u vybraných závodníků, průměr a směrodatná odchylka těchto hodnot. Hodnoty uvedené v tab. 14 jsme dále vyjádřili v procentuálním zastoupení jednotlivých pohybových fází v rámci jednoho pohybového cyklu soupažného běhu prostého (tab. 15). Procentuální vyjádření jsme vztáhli k průměrné době trvání jednoho pohybového cyklu, které jsme vzali jako 100 %. Tab. 16 udává průměrnou vzdálenost, o jakou se pohybovalo těžiště těla vpřed v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu prostého u vybraných závodníků.

Tabulka 14 Časové hodnoty (v sekundách) v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu prostého u vybraných závodníků ($n = 2$).

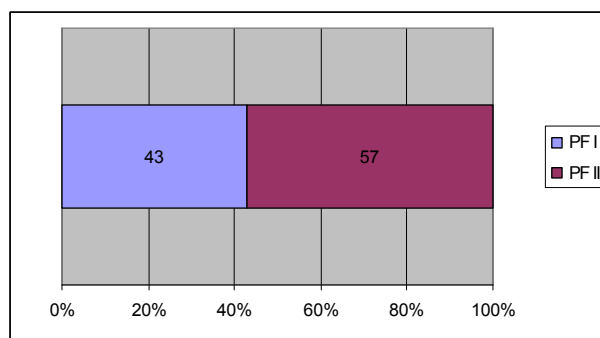
	LB	DC	M	SD
PF I (s)	0,36	0,36	0,36	0
PF II (s)	0,48	0,48	0,48	0
Σ (s)	0,84	0,84	0,84	0

Doba trvání PF I (skluz s odpichem) je 0,36 s. Údaj je pro oba závodníky shodný. Doba trvání PF II (skluz bez odpichu) je 0,48 s. Údaj je pro oba závodníky shodný. Průměrná doba trvání celého pohybového cyklu je 0,84 s.

Tabulka 15 Procentuální zastoupení (%) jednotlivých pohybových fází soupažného běhu prostého u vybraných závodníků ($n = 2$), přepočítáno dle tab. 14.

	LB	DC	M
PF I (%)	43	43	43
PF II (%)	57	57	57
Σ (%)	100	100	100

Průměrné procentuální zastoupení PF I (skluz s odpichem) je 43 % a PF II (skluz bez odpichu) je 57 % (graf 2).



Graf 2 Chronogram pohybových fází v PC soupažného běhu prostého v procentech, data převzata z tabulky 15.

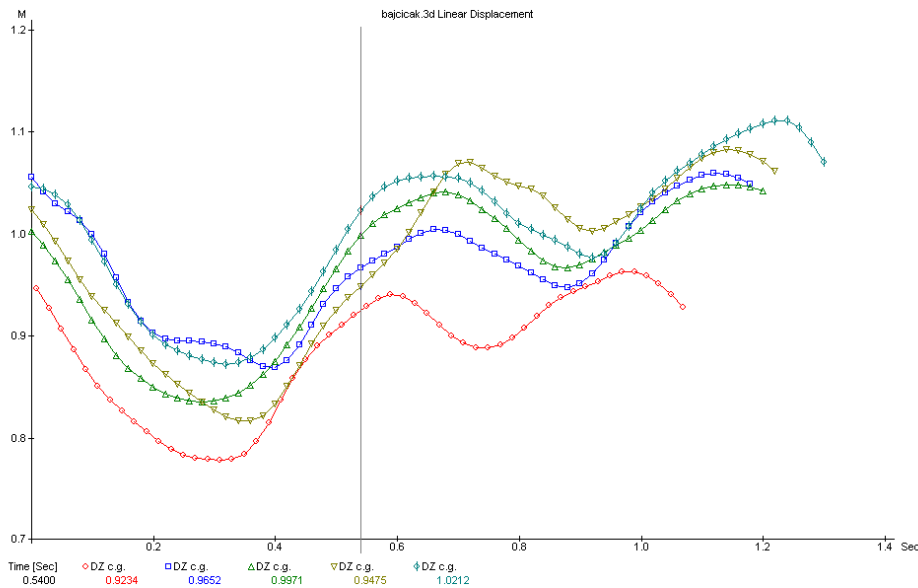
Tabulka 16 Průměrná vzdálenost (v metrech), o jakou se pohybovalo těžiště těla vpřed v jednotlivých pohybových fázích soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).

	LB	DC	M	SD
PF I (m)	1,94	2,02	1,98	0,06
PF II (m)	2,52	2,60	2,56	0,06
Σ (m)	4,46	4,62	4,54	0,11

Posun těžiště těla vpřed v PF I (skluz s odpichem) je $1,98 \text{ m} \pm 0,06 \text{ m}$. Menší vzdálenost je u závodníka LB $1,94 \text{ m}$ a větší vzdálenost je u závodníka DC $2,02 \text{ m}$. Posun těžiště těla vpřed v PF II (skluz bez odpichu) je $2,56 \text{ m} \pm 0,06 \text{ m}$. Menší vzdálenost je u závodníka LB $2,52 \text{ m}$ a větší vzdálenost je u závodníka DC $2,60 \text{ m}$. V obou PF se jedná o nevýznamné rozdíly, neboť jsou zahrnuty v chybě měření. Posun těžiště těla vpřed v celém pohybovém cyklu je $4,54 \text{ m} \pm 0,11 \text{ m}$. Menší vzdálenost je u závodníka LB $4,46 \text{ m}$ a větší vzdálenost je u závodníka DC $4,62 \text{ m}$.

5.5 Pohyby těžiště těla a rychlost jeho pohybu

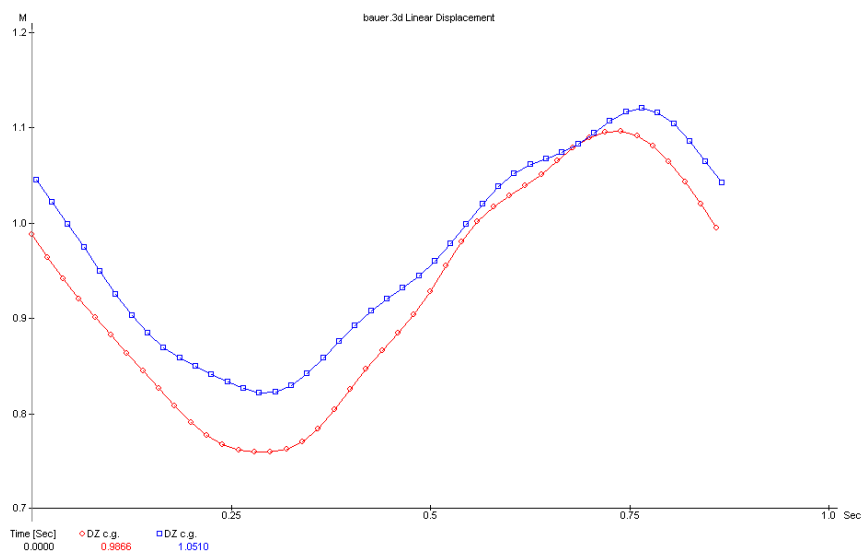
Graf 3 zobrazuje křivky pohybu těžiště těla ve vertikálním směru u soupažného běhu jednodobého u pěti vybraných závodníků. Graf 4 zobrazuje křivky pohybu těžiště těla ve vertikálním směru u soupažného běhu prostého u dvou vybraných závodníků. Graf 5 zobrazuje křivky rychlosti pohybu těžiště těla u soupažného běhu jednodobého u pěti vybraných závodníků. Tab. 17 ukazuje průměrnou rychlost (v m/s) v PC soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků. Graf 6 zobrazuje křivky rychlosti pohybu těžiště těla u soupažného běhu prostého u dvou vybraných závodníků. Tab. 18 ukazuje průměrnou rychlost (v m/s) v PC soupažného běhu prostého u vybraných závodníků.



Graf 3 Pohyb těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu jednodobého (n = 5) (legenda – kap. 9).

Těžiště těla se ve vertikálním směru u soupažného běhu jednodobého pohybuje plynule po esovité dráze. Dosahuje dvou výrazných vrcholů. První vrchol přichází ke konci fáze dvouoporového skluzu před zastavením odrazové lyže a druhý vrchol přichází ke konci fáze prostého skluzu před zapíchnutím holí do sněhu. V nejnižší poloze je před koncem fáze skluzu s odpichem a další pokles těžiště těla je zaznamenán v UB 4 – maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu.

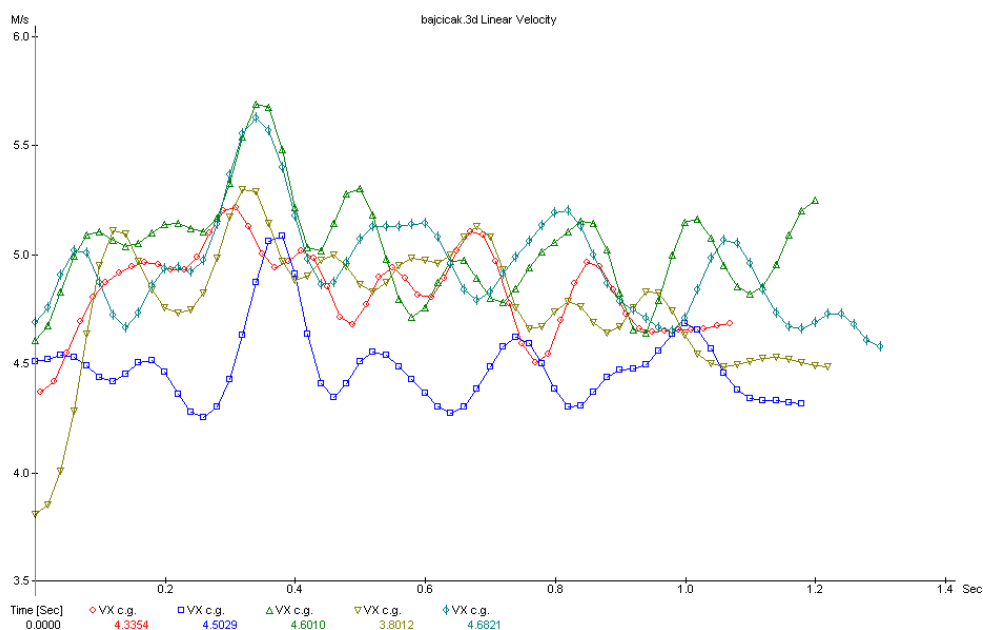
Přehled uzlových bodů (UB) a pohybových fází (PF) během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu jednodobého u vybraného závodníka je v příloze (graf 28).



Graf 4 Pohyb těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu prostého (n = 2) (legenda – kap. 9).

Těžiště těla se ve vertikálním směru u soupažného běhu prostého také pohybuje po esovité křivce, ale dosahuje pouze jednoho vrcholu ke konci fáze skluzu bez odpichu před UB 1 – zapíchnutí holí do sněhu. V nejnižší poloze je v závěru fáze skluzu s odpichem před UB 2 – oddálení holí od sněhu.

Přehled uzlových bodů (UB) a pohybových fází (PF) během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu prostého u vybraného závodníka je v příloze (graf 29).



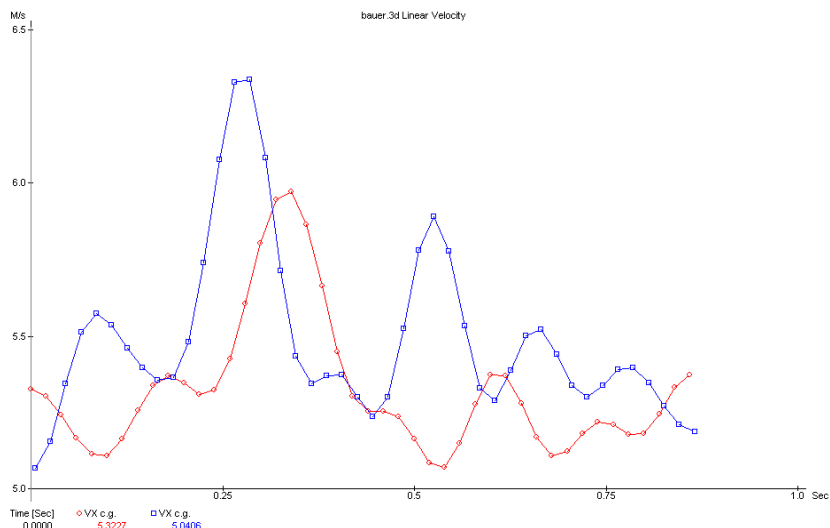
Graf 5 Rychlost pohybu těžiště těla v jednom pohybovém cyklu soupažného běhu jednodobého (n = 5) (legenda – kap. 9).

Aktuální rychlost pohybu těžiště těla v průběhu jednoho PC soupažného běhu jednodobého kolísala od nejnižších hodnot v okolí UB 1 k nejvyšším hodnotám na konci fáze skluzu s odpichem. Aktuální rychlost pohybu těžiště těla se u vybraných závodníků pohybovala v rozmezí 3,80 – 5,60 m/s.

Tabulka 17 Průměrná rychlost pohybu (v m/s) v PC soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).

	MB	KF	FG	JO	AV	M	SD
Rychlost (m/s)	4,85	4,48	5,03	4,78	4,95	4,82	0,21

Průměrná rychlost pohybu těžiště těla v průběhu jednoho PC soupažného běhu jednodobého je 4,82 m/s ± 0,21 m/s. Nejpomaleji se pohyboval závodník KF s rychlostí 4,48 m/s a nejrychleji se pohyboval závodník FG s rychlostí 5,03 m/s.



Graf 6 Rychlost pohybu těžiště těla v jednom pohybovém cyklu soupažného běhu prostého (n = 2) (legenda – kap. 9).

Aktuální rychlost pohybu těžiště těla v průběhu jednoho PC soupažného běhu prostého v průměru kolísala od nejnižších hodnot v okolí UB 1 k nejvyšším hodnotám na konci fáze skluzu s odpichem. Aktuální rychlost pohybu těžiště těla se u vybraných závodníků pohybovala v rozmezí 5,07 – 6,35 m/s.

Tabulka 18 Průměrná rychlost pohybu (v m/s) v PC soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).

	LB	DC	M	SD
Rychlost (m/s)	5,31	5,50	5,41	0,13

Průměrná rychlost pohybu těžiště těla v průběhu jednoho PC soupažného běhu prostého je 5,41 m/s ± 0,13 m/s. Pomaleji se pohyboval závodník LB s rychlostí 5,31 m/s a rychleji se pohyboval závodník DC s rychlostí 5,50 m/s.

6. Diskuze

Na základě kinematografické analýzy jsme získali základní časoprostorové údaje o soupažném běhu jednodobém a soupažném běhu prostém vybraných závodníků při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009. Vycházeli jsme z uzlových bodů a pohybových fází soupažného běhu jednodobého podle Chovance a kol. (1983). U soupažného běhu prostého jsme vycházeli z uzlových bodů a pohybových fází podle Hottenrotta, Urbana (2004) a Hindmana (2005). V případové studii jsme určili časové a prostorové charakteristiky těchto uzlových bodů a mezi nimi jsme charakterizovali pohybové fáze, které jsou těmito uzlovými body ohraničeny.

V průběhu analýzy jsme občas narazili na obtíže při označování sledovaných bodů na těle závodníka. V některých případech docházelo k zakrytí sledovaného bodu jinou částí těla. V takovém případě jsme odhadli polohu bodu pomocí předchozích a následujících obrázků a následně jsme provedli případnou korekci podle aktuálního vývoje polohy tohoto bodu na několika předchozích a následujících obrázcích, kde byl bod viditelný.

6.1 Soupažný běh jednodobý

Z výsledkové části vyplynulo, že vybraní závodníci, kteří použili techniku soupažného běhu jednodobého, tvoří relativně homogenní soubor. Toto tvrzení je podloženo nízkými hodnotami směrodatných odchylek u sledovaných úhlových hodnot v uzlových bodech (0,5 – 9,5) a časových hodnot u pohybových fází (0,0 – 0,06)¹¹. Proto si dovolíme v této části zobecnit techniku soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků v jednotlivých uzlových bodech a pohybových fázích. Upozorníme na výrazné odchylky u jednotlivých závodníků od průměrných hodnot. Vybrali jsme prostorové a časové charakteristiky relevantní pro optimální techniku běhu.

V **uzlovém bodě 1** shledáváme mírně šikmé zapíchnutí levé hole $98^\circ \pm 4,62^\circ$ a pravé hole $99^\circ \pm 2,97^\circ$ do sněhu, což znamená vytvoření reakční síly nejen ve vertikálním, ale i v horizontálním směru, který je rozhodující pro vznik propulzní síly. Směrodatné odchylky jsou malé u levé i u pravé hole, což dokládají v příloze grafy 4 a 5. Úhel v loketním kloubu je při zapíchnutí holí do sněhu $89^\circ \pm 16,10^\circ$ u levé horní končetiny a $79^\circ \pm 18,49^\circ$ u pravé horní končetiny. V tomto segmentu těla nacházíme největší

¹¹ Výjimku tvoří úhel v loketním kloubu v UB 1 a UB 5, kde byly naměřeny větší směrodatné odchylky (15 – 18).

interindividuální rozdíly. U závodníka AV je úhel 56° , což je příliš ostrý úhel, který znemožňuje využít horní končetinu jako systém páky. Příliš tupý úhel u závodníka MB 114° naopak nevytváří dobrý předpoklad pro rychlou excentricko-koncentrickou reakci m. triceps brachii, která má za následek vytvoření velké propulzní síly. Tento tupý úhel v loketním kloubu potřebuje delší dobu pro excentrickou reakci m. triceps brachii, což má za následek nižší úhlovou rychlost paže při flexi v loketním kloubu, což vede k vytvoření menší propulzní síly. Větší úhel mezi stehnem švihové dolní končetiny a trupem ($159^\circ \pm 6,65^\circ$) než mezi stehnem skluzové dolní končetiny a trupem ($125^\circ \pm 7,16^\circ$) vypovídá o pohybu levé švihové dolní končetiny vpřed. Ta se však nachází u všech vybraných závodníků již za momentem počátku švihového pohybu vpřed. Menší úhel mezi stehnem skluzové dolní končetiny a trupem vytváří dobrý předpoklad pro větší úhlovou rychlost flexe trupu, což vede k vytvoření větší propulzní síly. Vyšší hodnoty úhlu mezi stehnem skluzové dolní končetiny a trupem jsou u závodníka FG (137°). Flexe trupu trvá delší dobu, a proto úhlová rychlost pohybu trupu bude nižší, což má za následek vytvoření menší propulzní síly. Trup je správně vytažen vpřed nahoru ($51^\circ \pm 4,32^\circ$ od horizontály směrem vzhůru) a hmotnost horní části těla může účinně v mírném přepadu působit na obě hole. Vzpřímenější trup je pouze u závodníka FG (56° od horizontály směrem vzhůru). V kolenním kloubu skluzové dolní končetiny je úhel $149^\circ \pm 6,04^\circ$, což vhodně doplňuje flexi v trupu a potvrzuje účast svalů dolních končetin (m. rectus femoris, m. soleus) při zapojení do odpichu. Švihová dolní končetina je mírně pokrčená v kolenním kloubu s úhlem $149^\circ \pm 9,36^\circ$. Zde jsou výraznější interindividuální rozdíly: u závodníka KF je 138° a u AV je 160° . Pokrčení švihové dolní končetiny v kolenním kloubu je pravděpodobně dané snahou „nakopnout“ lyži co nejvíce vpřed a předejít tak jejímu předčasnému položení na sníh a v důsledku toho vyvolání třecích sil. Z vizuálního posouzení není patrné oddálení paty od lyže a hmotnost těla na špičce skluzové nohy jako je tomu u soupažného běhu prostého (přepad na špičkách). Z úhlové hodnoty $93^\circ \pm 5,52^\circ$ v hlezenním kloubu to však nezjistíme, neboť relevantní je též velikost úhlu mezi bércelem a podložkou, který ale nebyl předmětem našeho výzkumu.

V **uzlovém bodě 2** dosahuje úhel mezi holí a vertikálou $58^\circ \pm 3,32^\circ$, resp. $60^\circ \pm 2,77^\circ$, což znamená, že v tomto UB převládá již horizontální složka reakční síly odpichu důležitá pro vznik propulzní síly. Odchyly mezi závodníky jsou malé. Úhel v loketním kloubu dosahuje hodnoty $162^\circ \pm 6,32^\circ$, resp. $156^\circ \pm 7,71^\circ$ a končí extenze v loketním kloubu (příloha – grafy 8 a 9) a koncentrická reakce m. triceps brachii

během odpichu. Menší úhel u závodníka JO 146° znamená nedostatečné využití pákového účinku pravé horní končetiny. Odpich je u všech závodníků ukončen za tělem. Úhel mezi stehnem a trupem ($98^\circ \pm 8,91^\circ$, resp. $102^\circ \pm 9,27^\circ$) je menší než v UB 1, ale úhel v kolenním kloubu skluzové dolní končetiny je shodný jako v UB 1 ($149^\circ \pm 9,39^\circ$). Úhel mezi trupem a horizontálou je o $12^\circ \pm 5,54^\circ$ menší než v UB 1, ale trup nedosahuje vodorovné polohy s podložkou. Došlo tedy k flexi trupu, která napomáhá k vytváření propulzní síly přes hole, ale bez změny úhlu v kolenním kloubu skluzové dolní končetiny oproti UB 1. U všech závodníků jsou již obě dolní končetiny na stejné úrovni.

V **uzlovém bodě 3** se budoucí odrazová dolní končetina zastavuje (příloha – graf 1). U všech závodníků se jedná o moment, kdy budoucí odrazová dolní končetina ukončí souběžný pohyb se skluzovou dolní končetinou a začíná za ní zaostávat. U všech závodníků dochází ke snižování těžiště těla vlivem pokrčování budoucí odrazové dolní končetiny v kolenním a hlezenním kloubu (kap. 5.5 – graf 3). Mezi stehnem budoucí odrazové dolní končetiny a trupem dochází k extenzi.

V **uzlovém bodě 4** dochází vlivem počátku odrazu k odlišným úhlovým hodnotám mezi levým stehnem a trupem ($117^\circ \pm 4,76^\circ$) a pravým stehnem a trupem ($146^\circ \pm 6,69^\circ$), v levém ($138^\circ \pm 5,18^\circ$) a pravém ($129^\circ \pm 3,81^\circ$) kolenním kloubu a v levém ($101^\circ \pm 5,96^\circ$) a pravém ($74^\circ \pm 2,39^\circ$) hlezenním kloubu. U odrazové dolní končetiny (zde pravé) jsou úhlové hodnoty mezi stehnem a trupem vyšší než u skluzové dolní končetiny (zde levé). V kolenním a hlezenním kloubu je tomu naopak. Úhel mezi trupem a podložkou dosahuje $60^\circ \pm 3,29^\circ$. Nejmenší hodnoty mezi stehnem a trupem (139°), v kolenním (125°) a hlezenním kloubu (71°) odrazové dolní končetiny jsou u závodníka AV. Velký předklon trupu může v důsledku přispět k malému úhlu odrazu. Úhel v kolenním kloubu odrazové dolní končetiny dosahuje v tomto UB u všech závodníků svého minima ($129^\circ \pm 3,81^\circ$) (příloha – graf 21). Těžiště těla dosahuje u všech závodníků svého lokálního minima (kap. 5.5 – graf 3).

V **uzlovém bodě 5** je úhel v loketním kloubu $95^\circ \pm 15,25^\circ$, resp. $96^\circ \pm 15,76^\circ$, mezi stehnem a trupem $172^\circ \pm 3,27^\circ$, v kolenním kloubu $148^\circ \pm 2,30^\circ$ a v hlezenním kloubu odrazové dolní končetiny $106^\circ \pm 5,83^\circ$, což nevypovídá o úplné extenzi (180°) mezi danými segmenty těla. Úhel mezi trupem a podložkou dosahuje $63^\circ \pm 1,73^\circ$. Přímému úhlu se přiblížil pouze závodník AV (177°), a to mezi stehnem odrazové dolní končetiny a trupem.

V prvních dvou třetinách **pohybové fáze 1** dochází u všech závodníků ke zmenšování úhlu mezi zapíchnutou holí a podložkou. V poslední třetině PF 1 velikost úhlu stagnuje na úrovni přibližně 30 ° (příloha – graf 4, 5). Závodníci provádí odtlačování od holí. Menší úhel zapíchnutí by vedl k nadměrné flexi trupu. V první polovině PF 1 dochází u závodníků MB, KF, FG, JO v loketním kloubu k flexi na průměrnou minimální hodnotu 70 ° a k následné extenzi, která je dokončena až na začátku PF 2 (příloha – grafy 8, 9). U závodníka AV dochází v loketním kloubu k pozvolné a následně rychlé extenzi. Mezi stehnem skluzové dolní končetiny a trupem dochází v první a částečně ve druhé polovině PF 1 k flexi na průměrnou minimální hodnotu 90 ° a k následné extenzi u všech závodníků (příloha – graf 13). Průběh pohybu kolenního kloubu skluzové dolní končetiny má velké interindividuální rozdíly, ale v malém rozpětí hodnot (do 15 °). Kromě závodníka AV dochází u všech k mírné flexi v průměru maximálně o 10 ° v první polovině PF 1 (příloha - graf 21). Flexe trupu vzhledem k podložce dosahuje svého maxima v průměru 33 ° na začátku druhé poloviny PF 1 a poté začíná extenze. Počáteční flexe v loketním, kyčelním, ale částečně i kolenním a hlezenním kloubu a následná extenze (příloha – graf 25) má vliv na excentricko-koncentrickou reakci příslušných svalových skupin, což má za následek zvýšení propulzní síly. Flexe trupu navíc pomáhá využít gravitační sílu při přenosu hmotnosti horní části těla do odpichu. Průměrná doba trvání PF 1 je 0,42 s ± 0,03 s, což je nejdelší PF a její podíl na PC činí v průměru 36 %. V poměru dráha:čas dosáhl nejlepšího výsledku v PF 1 závodník FG, který se pohyboval rychlostí 5,17 m/s. Nejpomalejší byl závodník KF, jehož rychlost byla 4,54 m/s. Průměrná rychlost v PF 1 je 4,83 m/s a patří mezi druhou nejrychlejší za PF 2. Z vizuálního posouzení videozáznamu všichni závodníci zapichují hůl do sněhu v první třetině vzdálenosti od vázání po špičky lyží. Odlehčená dolní končetina končí švihový pohyb a obě dolní končetiny se sjedou dříve než paže míjejí boky. Švihový pohyb dolní končetiny vpřed začal již v předchozí PF 5 a v PF 1 se dokončuje. Odpich holí končí s dolními končetinami mírně pokrčenými v kolenou, ale ne s trupem vodorovným s podložkou. Odpich je dokončen za tělem, ale nedochází k úplné extenzi horních končetin v loketním kloubu, což potvrzují grafy 8, 9 v příloze.

V **pohybové fázi 2** dochází u všech závodníků ke zmenšování úhlu mezi holí a podložkou. Hole prochází vodorovnou polohou s podložkou a dostávají se v zášvihu až 30 ° za vodorovnou polohu. Dále dochází u všech závodníků v první polovině PF 2 ke zvyšování těžiště těla dané zejména extenzí trupu, která započala již v druhé polovině PF 1. V druhé polovině PF 2 dochází k lokálnímu snížení těžiště těla, což je dané

přípravou na odraz (kap. 5.5 – graf 3, příloha - grafy 16, 17). Hlava, trup, horní končetiny a hole tvoří na začátku PF 2 nedokonalou přímku, neboť úhel v loketním kloubu dosahuje maximální extenze přibližně 175 ° (příloha – grafy 8, 9). Úhel mezi trupem a podložkou dosahuje v této poloze velikosti přibližně 45 °. Horní končetiny dokončují zásvih vzad. Průměrná doba trvání PF 2 je 0,40 s ± 0,06 s, což je druhá nejdelší PF a její podíl na PC činí v průměru 34 %. V poměru dráha:čas dosáhl nejlepšího výsledku v PF 2 závodník AV, který se pohyboval rychlostí 5,02 m/s. Nejpomalejší byl závodník KF, jehož rychlost byla 4,44 m/s. Průměrná rychlost v PF 2 je 4,85 m/s, což je nejrychlejší PF.

V **pohybové fázi 3** dochází u všech závodníků k flexi v kolenním a hlezenním kloubu a k extenzi mezi stehnem a trupem odrazové dolní končetiny (příloha – grafy 21, 25 a 13). Dále dochází k extenzi trupu na úroveň přibližně 65 ° od podložky (příloha – grafy 16, 17). Paže se pohybují vpřed nahoru a v loketním kloubu dochází k flexi. Průměrná doba trvání PF 3 je 0,06 s ± 0,00 s, což je nejkratší PF a její podíl na PC činí v průměru 5 %. V poměru dráha:čas dosáhl nejlepšího výsledku v PF 3 závodník AV, který se pohyboval rychlostí 5,00 m/s. Nejpomalejší byl závodník KF, jehož rychlost byla 4,33 m/s. Průměrná rychlost v PF 3 je 4,66 m/s, což je nejpomalejší PF.

V **pohybové fázi 4** dochází u všech závodníků k extenzi mezi stehnem a trupem, v kolenním a hlezenním kloubu odrazové dolní končetiny (příloha – grafy 13, 21 a 25). Dochází k mírné extenzi trupu (příloha – grafy 16, 17) a ke zvyšování těžiště těla (kap. 5.5 – graf 3) díky extenzi mezi stehnem a trupem, v kolenním a hlezenním kloubu odrazové dolní končetiny. Paže se pohybují vpřed nahoru a v loketním kloubu dochází k flexi. Průměrná doba trvání PF 4 je 0,08 s ± 0,01 s, což je druhá nejkratší PF a její podíl na PC činí v průměru 7 %. V poměru dráha:čas dosáhl nejlepšího výsledku v PF 4 závodník FG, který se pohyboval rychlostí 4,88 m/s. Nejpomalejší byl závodník KF, jehož rychlost byla 4,50 m/s. Průměrná rychlost v PF 4 je 4,75 m/s.

V **pohybové fázi 5** dochází zpočátku k mírné flexi v kolenním kloubu a k dorzální flexi v hlezenním kloubu odlehčené dolní končetiny, což je důležité pro relaxaci svalstva (příloha – grafy 21 a 25). Ve druhé části PF 5 dochází v kolenním kloubu odlehčené dolní končetiny k mírné extenzi, která pokračuje až do konce PF 5. Těžiště těla kulminuje v nejvyšší pozici v polovině PF 5, a v té době začíná flexe trupu. Závodníci využívají hmotnost horní části těla, které je v mírném přepadu, a snaží se ji využít ve svůj prospěch dříve, než zapíchnou hole do sněhu. Z vizuálního posouzení přenos paží s holemi neprobíhá spodním obloukem, ale spíše po přímce, o čemž svědčí probíhající

flexe v loketním kloubu již od PF 2 (příloha – grafy 8, 9). PF 5 končí v průběhu švihového pohybu dolní končetiny vpřed, kdy dochází k zapíchnutí holí do sněhu. Průměrná doba trvání PF 5 je $0,21 \text{ s} \pm 0,04 \text{ s}$ a její podíl na PC činí v průměru 18 %. V poměru dráha:čas dosáhl nejlepšího výsledku v PF 5 závodník FG, který se pohyboval rychlostí 5,00 m/s. Nejpomalejší byl závodník KF, jehož rychlost byla 4,45 m/s. Průměrná rychlost v PF 5 je 4,71 m/s.

Průměrná doba trvání celého **pohybového cyklu** byla $1,17 \text{ s} \pm 0,09 \text{ s}$. Nejkratší doba trvání PC je u závodníka MB 1,02 s, který jede více frekvenčně. Nejdelší doba trvání je u závodníka AV 1,28 s, u kterého je dlouhá doba skluzové části. Průměrná vzdálenost posunu těžiště těla v horizontálním směru v celém PC je $5,62 \text{ m} \pm 0,56 \text{ m}$. Nejkratší dráhu překonal závodník MB 4,95 m a nejdelší závodník AV 6,33 m, což odpovídá jejich frekvenci běhu (kap. 5.3 – tab. 13). Průměrná rychlost v celém PC je $4,82 \text{ m/s} \pm 0,21 \text{ m/s}$. Nejrychleji se pohyboval závodník FG rychlostí 5,03 m/s a nejpomaleji závodník KF rychlostí 4,48 m/s (kap. 5.5 – tab. 17). Rychlost lokomoce v PC není tedy ovlivněna dobou trvání nebo dosaženou vzdáleností v PC, ale velikostí vynaložené síly při odpichu a odrazu. Z grafu 5 v kap. 5.5 je patrné, že daleko větší vliv na propulzní sílu a tedy rychlost lokomoce má soupažný odpich než odraz dolní končetiny.

6.2 Soupažný běh prostý

Kinematografickou analýzu soupažného běhu prostého jsme prováděli pouze u dvou vybraných závodníků, a proto nebudeme zobecňovat techniku těchto dvou závodníků, ale porovnáme jí s technikou soupažného běhu jednodobého.

V **uzlovém bodě 1** shledáváme mírně šikmé zapíchnutí holí do sněhu u obou závodníků (104° ; 100°), což odpovídá soupažnému běhu jednodobému. Reakční síla se vytváří nejen ve vertikálním, ale i v horizontálním směru, který je rozhodující pro vznik propulzní síly. Úhel v loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu je přibližně o 10° menší než je tomu u soupažného běhu jednodobého a dosahuje 75° , resp. 77° u levé horní končetiny a 66° , resp. 74° u pravé horní končetiny. Ostrý úhel při zapíchnutí holí do sněhu nevyužívá v takové míře systém páky a excentrická reakce m. triceps brachii není tak silná, jako kdyby se loketní kloub dostal do ostrého úhlu během odpichu. Menší úhel mezi stehnem dolní končetiny a trupem u závodníka LB 124° oproti závodníku DC 137° vytváří dobrý předpoklad pro větší úhlovou rychlost flexe trupu, což vede k vytvoření větší propulzní síly. Úhel u závodníka LB odpovídá úhlu mezi stehnem

skluzové dolní končetiny a trupem u soupažného běhu jednodobého. Trup je vytažen vpřed nahoru (52° resp. 56° od horizontály směrem vzhůru), což odpovídá soupažnému běhu jednodobému (51°). Hmotnost horní části těla může účinně v mírném přepadu působit na obě hole. V kolenním kloubu levé dolní končetiny je velikost úhlu u závodníka LB 127° a u závodníka DC 144° , který se tak přibližuje velikosti úhlu v kolenním kloubu skluzové dolní končetiny u soupažného běhu jednodobého, který je v průměru 149° . Flexe v kolenním kloubu doplňuje flexi v trupu a potvrzuje účast svalů dolních končetin (m. rectus femoris, m. soleus) při zapojení do odpichu. Z vizuálního posouzení je zejména u závodníka DC patrné oddálení paty od lyže a hmotnost těla je na špičce skluzové nohy, což jsme u soupažného běhu jednodobého u skluzové dolní končetiny nezaznamenali. Z úhlových hodnot v hlezenním kloubu 73° u závodníka LB, resp. 83° u závodníka DC to však nezjistíme, neboť relevantní je též velikost úhlu mezi bércelem a podložkou, který ale nebyl předmětem našeho výzkumu. Tyto úhlové hodnoty jsou v průměru o $10^\circ - 20^\circ$ menší než u soupažného běhu jednodobého, což způsobuje podle vizuálního hodnocení menší úhel mezi bércelem a podložkou.

V **uzlovém bodě 2** dosahuje úhel mezi holí a vertikálou u závodníka LB 68° a u závodníka DC 62° od vertikály, což přesahuje hodnoty u soupažného běhu jednodobého přibližně o 5° . V tomto UB převládá již horizontální složka reakční síly odpichu důležitá pro vznik propulzní síly. Úhel v loketním kloubu dosahuje u závodníka LB 153° a u závodníka DC 165° , což odpovídá úhlovým hodnotám u soupažného běhu jednodobého. Dochází k ukončení extenze v loketním kloubu (příloha – grafy 10, 11) a koncentrické reakce m. triceps brachii během odpichu. Odpich je u obou závodníků ukončen za tělem. Úhel mezi stehnem a trupem je u závodníka LB 81° a u závodníka DC 99° , což u něj odpovídá úhlovým hodnotám soupažného běhu jednodobého. Tyto hodnoty jsou menší než v UB 1. Úhel v kolenním kloubu je nepatrně menší než v UB 1 (125° u závodníka LB a 140° u závodníka DC). Úhel mezi trupem a horizontálou je u závodníka LB o 16° a u závodníka DC o 12° menší než v UB 1, což odpovídá hodnotám u soupažného běhu jednodobého. Trup nedosahuje vodorovné polohy s podložkou a ani zde nebylo dosaženo největší flexe trupu. Flexe trupu je větší než v UB 1, což přispělo k vytvoření propulzní síly přes hole. Zároveň je úhel v kolenním kloubu nepatrně menší než v UB 1.

Obdobně jako u soupažného běhu jednodobého dochází v prvních dvou třetinách **pohybové fáze 1** u obou závodníků ke zmenšování úhlu mezi zapíchnutou holí

do sněhu a podložkou. V poslední třetině PF 1 velikost úhlu stagnuje na úrovni přibližně 25 ° (příloha – grafy 6, 7). Závodníci provádí odtlačování od holí. Menší úhel zapíchnutí by vedl k nadměrné flexi trupu. Na rozdíl od soupažného běhu jednodobého je dokončena flexe v loketním kloubu u obou závodníků již v první třetině PF 1. Průměrná minimální hodnota úhlu v loketním kloubu je o 15 ° menší než u soupažného běhu jednodobého a dosahuje 55 °. Následuje extenze, která je dokončena až na začátku PF 2 (příloha – grafy 10, 11). Mezi stehnem a trupem dochází do třech čtvrtin PF 1 k flexi na minimální hodnotu 90 ° u závodníka DC, což odpovídá soupažnému běhu jednodobému. U závodníka LB dochází k flexi na hodnotu 70 ° (příloha - grafy 14, 15). V kolenním kloubu dochází v první polovině PF 1 k mírné flexi u obou závodníků v průměru o 10 ° (příloha - grafy 22, 23). Flexe trupu vzhledem k podložce dosahuje svého maxima u závodníka LB 30 ° a u závodníka DC 35 ° ve druhé třetině PF 1, což odpovídá hodnotám u soupažného běhu jednodobého (příloha – grafy 18, 19). V hlezenním kloubu u obou závodníků dochází v první čtvrtině PF 1 k mírné flexi o 5 ° (příloha – grafy 26, 27). Počáteční flexe v loketním, kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu a následná extenze má vliv na excentricko-koncentrickou reakci příslušných svalových skupin, což má za následek zvýšení propulzní síly. Flexe trupu navíc pomáhá využít gravitační sílu při přenosu hmotnosti horní části těla do odpichu. Závodník DC v daleko větší míře než závodník LB využívá v průběhu první poloviny PF 1 přepadu na špičkách, což závodník LB kompenzuje větší flexí ve všech výše uvedených kloubech přibližně o 10 ° oproti závodníku DC. Toto mírné „přisednutí“ je nevýhodné, neboť nelze účinně přenést hmotnost těla na hole. Průměrná doba trvání PF 1 je 0,36 s, což je kratší o 0,12 s než PF 2. Její podíl na PC činí v 43 %. V poměru dráha:čas dosáhl lepšího výsledku v PF 1 závodník DC, který se pohyboval rychlostí 5,61 m/s. Pomalejší byl závodník LB, jehož rychlost byla 5,39 m/s. Průměrná rychlost v PF 1 je 5,50 m/s, což je větší rychlost než v PF 2. PF 1 u soupažného běhu prostého je oproti PF 1 u soupažného běhu jednodobého kratší o 0,06 s, ale její podíl v rámci celého PC je větší o 7 %. Rychlost lokomoce je vyšší v průměru o 0,67 m/s oproti soupažnému běhu jednodobému, což může být dáno vyšší frekvencí pohybu, větší silou odpichu při využití přepadu na špičkách nebo též menším úhlem v loketním kloubu během fáze odpichu, který vytváří větší napětí v m. triceps brachii a následkem toho účinnější koncentrickou fázi. Vizuální hodnocení videozáznamu se v dále uvedených aspektech shoduje se soupažným během jednodobým. Oba závodníci zapichují hůl v první třetině vzdálenosti od vázání po špičku lyží. Odpich končí s dolními končetinami mírně

pokrčenými v kolenním kloubu, ale ne s trupem vodorovným s podložkou. U závodníka LB dochází k větší flexi trupu a flexi v kolenním kloubu. Odpich je dokončen za tělem, ale nedochází k úplné extenzi horních končetin v loketním kloubu, což potvrzují grafy 10, 11 v příloze.

V **pohybové fázi 2** dochází u obou závodníků ke zmenšování úhlu mezi holí a podložkou. Hole prochází vodorovnou polohou s podložkou a dostávají se v zášvihů 10 ° za vodorovnou polohu, což je až o 20 ° méně než u soupažného běhu jednodobého. Dále dochází u obou závodníků ke zvyšování těžiště těla, které kulminuje ve třech čtvrtinách PF 2. Podílí se na tom zejména extenze trupu, která započala již ke konci PF 1. Na rozdíl od soupažného běhu jednodobého nedochází k lokálnímu snížení těžiště těla, neboť nedochází k odrazu (kap. 5.5 – graf 4, příloha - grafy 18, 19). Hlava, trup, horní končetiny a hole tvoří na začátku PF 2 nedokonalou přímku, neboť úhel v loketním kloubu dosahuje maximální extenze přibližně 165 °, což je o 10 ° méně než u soupažného běhu jednodobého¹² (příloha – grafy 10, 11). Velikost úhlu mezi trupem a podložkou je v této poloze přibližně 45 °, což odpovídá soupažnému běhu jednodobému. Mezi stehnem a trupem a v kolenním kloubu dochází u obou závodníků k extenzi a v poslední čtvrtině PF 2 k flexi, což má za následek snížení těžiště těla (příloha – grafy 14, 15, 22, 23). Oba závodníci se dostávají do přepadu, který je umocněn u závodníka DC postavením na špičkách. Závodníci tak využívají hmotnost horní části těla pro přenos na hole. Z vizuálního posouzení přenos paží s holemi neprobíhá u obou závodníků spodním obloukem, ale spíše po přímce, o čemž svědčí probíhající flexe v loketním kloubu (příloha – grafy 10, 11). Průměrná doba trvání PF 2 je 0,48 s, což je o 0,12 s více než PF 1. Její podíl na PC činí 57 %. V poměru dráha:čas dosáhl lepšího výsledku v PF 2 závodník DC, který se pohyboval rychlostí 5,42 m/s. Pomalejší byl závodník LB, jehož rychlost byla 5,25 m/s. Průměrná rychlost v PF 2 je 5,33 m/s, což je menší rychlost než v PF 1. U soupažného běhu prostého je PF 2 (skluz bez odpichu) oproti PF 2 - 5 u soupažného běhu jednodobého kratší o 0,27 s a její podíl na PC je menší o 7 %. Průměrná rychlost lokomoce je vyšší o 0,54 m/s oproti soupažnému běhu jednodobému, který navíc zahrnuje odraz vytvářející propulzní sílu. Vysvětlení je uvedeno u PF 1. K tomu přistupuje snaha zkrátit PF 2, protože nevytváří propulzní sílu.

¹² Příčinou může být snaha zkrátit PF 2, která nepřináší žádnou propulzní sílu pro lokomoci.

Doba trvání **celého pohybového cyklu** je u obou závodníků 0,84 s, což je o 0,33 s kratší než je průměr u soupažného běhu jednodobého. Průměrná vzdálenost posunu těžiště těla v horizontálním směru je v celém PC 4,54 m, což je o 1,08 m menší než u soupažného běhu jednodobého. Delší dráhu vykonal závodník DC 4,62 m a menší závodník LB 4,46 m (kap. 5.4 – tab. 16). Rychleji se tedy pohyboval závodník DC rychlostí 5,50 m/s a pomaleji závodník LB rychlostí 5,31 m/s (kap. 5.5 – tab. 18). Průměrná rychlost lokomoce v celém PC u soupažného běhu prostého byla tedy o 0,59 m/s vyšší než u soupažného běhu jednodobého. Při využití soupažného běhu prostého dokáže závodník zajistit rychlejší lokomoci oproti soupažnému běhu jednodobému z několika důvodů:

1. je možné časově zkrátit celý PC (zejména PF 2 – skluz bez odpichu), čímž se zvýší frekvence pohybu,
2. odraz při soupažném běhu jednodobém nevytváří takovou propulzní sílu jako odpich (kap. 5.5 – grafy 5, 6) a prodlužuje tak celý pohybový cyklus, čímž se snižuje frekvence pohybu,
3. závodník vytváří vhodné předpoklady pro přepad těla (postavení na špičky) a využití hmotnosti horní části těla při přenosu na hole.

6.3 Porovnání výsledků analýzy soupažného běhu jednodobého s teoretickým rozborem literatury

U námi zjištěných výsledků analýzy soupažného běhu jednodobého jsme našli shodu s Dvořákem a kol. (1992) a Gnadem, Psotovou (2005) v sedmi základních pohybových dovednostech: příprava na odraz, odraz, jízda ve skluzu v jednooporovém postavení, pohyb paží se soupažným odpichem holemi, švihový pohyb dolní končetiny, nastavení trupu, jízda ve skluzu ve dvouoporovém postoji.

Dále v textu uvádíme v závorce číselné hodnoty výsledků naší analýzy soupažného běhu jednodobého.

V **uzlovém bodě 1** jsme našli shodu s Chovancem a kol. (1983), neboť zapíchnutí holí do sněhu probíhá v momentě, kdy lyžař provádí skluz na skluzové dolní končetině. Odrazová dolní končetina je odlehčená a mírně pokrčená v kolenním kloubu (149 °). Trup je mírně nakloněný vpřed (51 ° od horizontály směrem vzhůru). Nenalezli jsme však shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), Gnadem, Psotovou (2005), Ilavským a kol. (2005), neboť začátek švihového pohybu dolní končetiny vpřed předchází zahájení soupažného odpichu. Nedochozí však k protipohybu, neboť flexe trupu a přenos

hmotnosti těla na hole, které se ještě nezapichují do sněhu, probíhá synchronizovaně s počátkem švihového pohybu dolní končetiny. Horní končetiny jsou při zapíchnutí holí do sněhu v předpažení pokrčené (79° až 89°), v čemž se shodujeme s Hindmanem (2005).

V **uzlovém bodě 2** se neshodujeme s Chovancem a kol. (1983), neboť dolní končetiny se sjedou na stejnou úroveň již během PF 1 a nikoli až v UB 2. Odpich je dokončen za stehnem dolní končetiny, což popisuje také Dvořák a kol. (1992). Neshodujeme se s Gnadem, Psotovou (2005), neboť největší flexe trupu proběhla již během PF 1 a nikoliv v UB 2. Odpich končí s dolními končetinami pokrčenými v kolenním kloubu (140° - 149°), ale ne s trupem vodorovně s podložkou, jak popisují Soumar, Bolek (2001). Poloha trupu dosahuje 39° od horizontály směrem vzhůru.

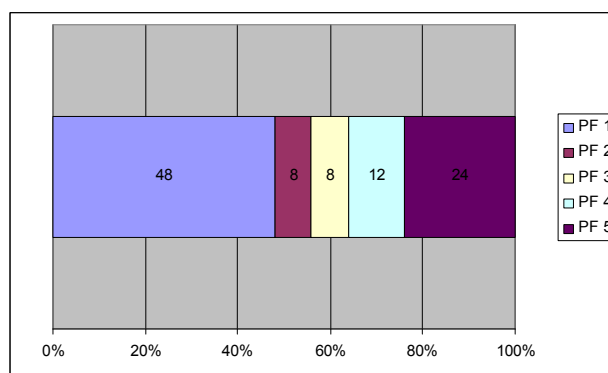
V **uzlovém bodě 3** budoucí odrazová dolní končetina vlivem zastavení ukončí souběžný pohyb se skluzovou dolní končetinou a začne za ní zaostávat, což se shoduje s Chovancem a kol. (1983). Dochází ke snižování těžiště těla vlivem pokrčování budoucí odrazové dolní končetiny v kolenním a hlezenním kloubu. Mezi stehnem budoucí odrazové dolní končetiny a trupem dochází k extenzi.

V **uzlovém bodě 4** dochází ve shodě s Chovancem a kol. (1983) k maximálnímu pokrčení nyní již odrazové dolní končetiny v kolenním (129°) a hlezenním kloubu (74°). Mezi stehnem odrazové dolní končetiny a trupem je úhel 146° a probíhá extenze. Těžiště těla dosahuje ve vertikálním směru svého lokálního minima. Horní končetiny jsou pokrčené v loketním kloubu v rozmezí 113° - 119° .

V **uzlovém bodě 5** jsme našli shodu s Chovancem a kol. (1983), Soumarem, Bolkem (2001) a Gnadem, Psotovou (2005). Trup je mírně nakloněný vpřed (63° od horizontály směrem vzhůru), obě horní končetiny jsou v předpažení povýš s pokrčenými loketními klouby (95° - 96°) a připravují se na zapíchnutí holí do sněhu. Obě hole zatím nejsou v kontaktu se sněhem. Nenalezli jsme shodu s Dvořákem a kol. (1992), neboť nedošlo k maximální extenzi v kolenním (148°) a hlezenním kloubu (106°) a mezi stehnem a trupem (172°) odrazové dolní končetiny.

Tabulka 19 Porovnání výsledků naší analýzy (NA) s hodnotami, které uvádí Chovanec (1976) (CH).

PF	Časové hodnoty (s)		Procentuální zastoupení (%)		Dráha (m)		Rychlost (m/s)	
	NA	CH	NA	CH	NA	CH	NA	CH
PF 1	0,42	0,36	36	48	2,03	1,35	4,83	3,70
PF 2	0,40	0,06	34	8	1,94	0,18	4,85	3,00
PF 3	0,06	0,06	5	8	0,28	0,36	4,67	6,00
PF 4	0,08	0,09	7	12	0,38	0,54	4,75	6,00
PF 5	0,21	0,18	18	24	0,99	0,77	4,71	4,28
Σ	1,17	0,75	100	100	5,62	3,20	4,80	4,27



Graf 7 Chronogram pohybových fází v PC soupažného běhu jednodobého v procentech podle Chovance (1976).

V **pohybové fázi 1** běžec pokračuje ve skluzu na skluzové dolní končetině, zatímco odlehčená dolní končetina se vrací švihovým pohybem vpřed. Neshodujeme se tak s Chovancem a kol. (1983), neboť švihový pohyb odlehčené dolní končetiny končí dříve než zakončení odpichu. Obě dolní končetiny se tedy sjedou na stejnou úroveň dříve než je zakončení odpichu. S Dvořákem a kol. (1992) jsme našli shodu v zakončení odpichu za tělem (stehnem). Nenalezli jsme shodu s Gnadem, Psotovou (2005), neboť položení lyže na sníh probíhá dříve než v okamžiku, kdy paže míjejí při odpichu boky. Maximální flexe trupu je dosaženo již na začátku druhé poloviny PF 1 (33 °) a nikoli až při ukončení odpichu (39 °). Nenacházíme shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), neboť ve fázi tahu úhel v loketním kloubu není fixovaný, ale probíhá zde flexe od 79 ° - 89 ° do 70 °. Pokrčené paže v loketním kloubu nejsou vedeny vzad do úplného napnutí (156 ° - 162 °). Nacházíme shodu s Hindmanem (2005), neboť dochází u většiny závodníků v počátku PF 1 k flexi v kolenním a hlezenním kloubu, což dává počáteční impulz pro přenesení hmotnosti těla na hole. Doba trvání PF 1 je delší o 0,06 s, ale procentuální zastoupení menší o 12 % než uvádí Chovanec (1976) (graf 7). Dosažená

vzdálenost je o 0,68 m větší a rychlost o 1,13 m/s vyšší než uvádí Chovanec (1976) (tab. 19).

V **pohybové fázi 2** nenalezneme shodu s Chovancem a kol. (1983), neboť nedochází ke snižování těžiště těla vlivem většího předklonu trupu, ale naopak ke zvyšování těžiště těla vlivem extenze trupu. Ve druhé polovině PF 2 dochází k lokálnímu snížení těžiště těla vlivem flexe v kolenním a hlezenním kloubu odrazové dolní končetiny. Nenalezli jsme shodu s Dvořákem a kol. (1992), který prezentuje obr. 2 (kap. 2.4.2) jako dvouoporový skluz, ve kterém hlava, trup, paže a hole tvoří jednu přímku. Z naší analýzy vyplynulo, že hlava, trup, horní končetiny a hole tvoří na začátku PF 2 nedokonalou přímku, neboť úhel v loketním kloubu dosahuje maximální extenze přibližně 175 ° a úhel mezi trupem a podložkou dosahuje v této poloze velikosti přibližně 45 °. Nalezli jsme shodu s Gnadem, Psotovou (2005), Hottenrottem, Urbanem (2004) a Hindmanem (2005), že po ukončení odpichu paže s holemi dokončují zášvih vzad a trup se narovná. Doba trvání PF 2 je delší o 0,34 s a procentuální zastoupení větší o 26 % než uvádí Chovanec (1976) (graf 7). Toto je zásadní rozdíl oproti dnes již historickému pojetí soupažného běhu jednodobého, kdy po dokončení odpichu docházelo hned k přípravě na odraz. Dosažená vzdálenost je o 1,76 m větší a rychlost o 1,85 m/s vyšší než uvádí Chovanec (1976) (tab. 19).

V **pohybové fázi 3** jsme našli shodu s Chovancem a kol. (1983), Dvořákem a kol. (1992), Soumarem, Bolkem (2001), Hottenrottem, Urbanem (2004) a Gnadem, Psotovou (2005), neboť dochází k flexi v kolenním a hlezenním kloubu a zároveň k extenzi mezi stehnem a trupem odrazové dolní končetiny. Paže s holemi předšvihávají vpřed. Doba trvání PF 3 je ve shodě s Chovancem (1976), ale procentuální zastoupení je o 3 % menší (graf 7). Dosažená vzdálenost je o 0,08 m menší a rychlost o 1,33 m/s nižší než uvádí Chovanec (1976) (tab. 19).

V **pohybové fázi 4** jsme našli shodu s Chovancem a kol. (1983), Gnadem, Psotovou (2005), Hottenrottem, Urbanem (2004) a Ilavským a kol. (2005), neboť dochází k extenzi v kolenním a hlezenním kloubu a mezi trupem a stehnem odrazové dolní končetiny. Paže s holemi směřují vpřed nahoru. Doba trvání PF 4 je o 0,01 s menší a procentuální zastoupení je o 5 % menší než uvádí Chovanec (1976) (graf 7). Dosažená vzdálenost je o 0,16 m menší a rychlost o 1,25 m/s nižší než uvádí Chovanec (1976) (tab. 19).

V **pohybové fázi 5** po dokončení odrazu nohou běžec začíná skluz na skluzové dolní končetině a obě paže švihnou vpřed do výše ramen. V tom se shodujeme s Chovancem a

kol. (1983), Soumarem, Bolkem (2001) a Gnadem, Psotovou (2005). Paže s holemi neprochází spodním obloukem vpřed do předpažení, jak popisuje Dvořák a kol. (1992), ale po přímce. Dochází k mírné flexi v kolenním kloubu a k dorzální flexi v hlezenním kloubu odlehčené dolní končetiny, což odpovídá závěrům Dvořáka a kol. (1992). Hottenrott, Urban (2004) a Hindman (2005) uvádí, že ke konci PF 5 dochází k tzv. přepadu (předpětí) těla, který má význam ve větším využití hmotnosti horní části těla v následné fázi odpichu. U vybraných závodníků dochází pouze k flexi trupu, ale podle vizuálního posouzení nedochází k postavení na špičkách, které je markantní u soupažného běhu prostého. Doba trvání PF 5 je o 0,03 s větší, ale procentuální zastoupení je o 6 % menší než uvádí Chovanec (1976) (graf 7). Dosažená vzdálenost je o 0,22 m větší a rychlost o 0,43 m/s vyšší než uvádí Chovanec (1976) (tab. 19).

V **celém pohybovém cyklu** došlo k prodloužení doby jeho trvání a k překonání větší vzdálenosti oproti historickým údajům Chovance (1976). Překonaná vzdálenost se zvýšila v poměru více než doba trvání celého pohybového cyklu, což v důsledku přineslo také zvýšení průměrné rychlosti celého pohybového cyklu. Příčiny spatřujeme nejen v oblasti vývoje techniky soupažného běhu jednodobého, ale i v oblasti technologického vývoje (zejména skluznosti lyží). Podle rychlosti lokomoce v jednotlivých PF lze usoudit, že v minulosti relativně větší propulzní sílu vykonával odraz než odpich. V dnešní době, která klade vyšší nároky na silové dispozice horní části těla, hraje větší roli pro tvorbu propulzní síly naopak odpich než odraz.

6.4 Porovnání výsledků analýzy soupažného běhu prostého s teoretickým rozborem literatury

Soupažný běh prostý zahrnuje tři základní pohybové prvky (dovednosti): pohyb paží se soupažným odpichem holemi, nastavení trupu a jízda ve dvouoporovém postavení. Základní kinematické charakteristiky námi vybraných závodníků a z výzkumů Smithe a kol. (1996) a Holmberga a kol. (2005) jsou uvedeny v tab. 20 a grafech 8, 9.

V **uzlovém bodě 1** shledáváme shodu se Smithem a kol. (1996) v úhlových hodnotách zapíchnutí hole do sněhu. V úhlových hodnotách loketního kloubu neshledáváme shodu se Smithem a kol. (1996), s Hottenrottem, Urbanem (2004) a ani s Holmbergem a kol. (2005), kteří udávají větší hodnoty. Smith a kol. (1996) předpokládali, že větší úhel v loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu umožní větší flexi v loketním kloubu a dosažení většího napětí m. triceps brachii v excentrické fázi, které se projeví rychlejším

zkrácením tohoto svalu v následné koncentrické fázi při extenzi v loketním kloubu, což vyvolá větší propulzní sílu. Toto však vyvrací Holmberg a kol. (2005), kdy na základě analýzy horších závodníků udávají, že větší úhel v loketním kloubu při zapíchnutí holí do sněhu je nevýhodný, neboť poté nemůže dojít k tak velké flexi, ve které by m. triceps brachii dosáhnul potřebného napětí. Dále došli k poznatku, že větší úhel v loketním kloubu má negativní vliv na úhlovou rychlost při flexi horní končetiny. Nižší úhlová rychlost při flexi horní končetiny nevytváří potřebné napětí m. triceps brachii, což snižuje úhlovou rychlost i v následné koncentrické fázi. Úhlová rychlost flexe horní končetiny v loketním kloubu byla u lepších závodníků $485 \text{ }^\circ/\text{s} \pm 131 \text{ }^\circ/\text{s}$, u horších závodníků $233 \text{ }^\circ/\text{s} \pm 92 \text{ }^\circ/\text{s}$. Dále se shodujeme s Holmbergem a kol. (2005) v úhlových hodnotách mezi stehnem a trupem. Úhlové hodnoty v kolenním a hlezenním kloubu u námi vybraných závodníků však byli nižší. Dále se shodujeme s Hottenrottem, Urbanem (2004) a Hindmanem (2005), neboť zejména závodník DC zapichuje hole do sněhu v přepadu, kdy hmotnost těla je na špičkách chodidel a dochází k zvednutí paty nohou a trup je v mírné flexi.

V **uzlovém bodě 2** sledujeme shodu se Smithem a kol. (1996) v úhlových hodnotách oddálení hole od sněhu. Dále se u závodníka DC shodujeme s Holmbergem a kol. (2005) v úhlových hodnotách mezi stehnem a trupem, v loketním a kolenním kloubu. U závodníka LB dochází v těchto kloubech k nižším úhlovým hodnotám. V hlezenním kloubu se shodujeme u obou vybraných závodníků. Odpich ukončují námi vybraní závodníci za stehny, v čemž se shodujeme s Hottenrottem, Urbanem (2004). K největší flexi trupu¹³ ani k úplné extenzi v loketním kloubu však nedochází. Dále se neshodujeme s Hindmanem (2005), neboť lyžař staví paty na lyže již během PF 1.

¹³ K té došlo již během PF 1.

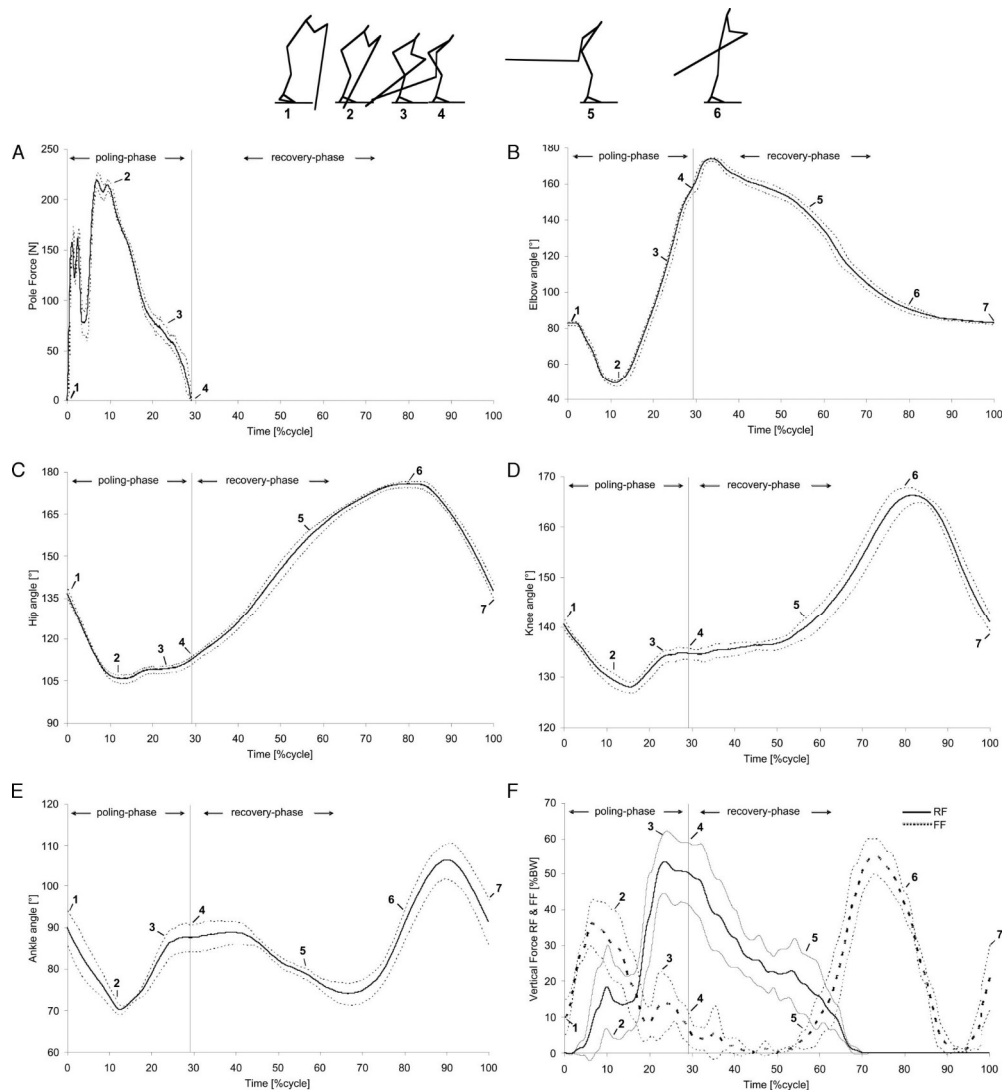
Tabulka 20 Kinematická charakteristika soupažného běhu prostého u námi vybraných závodníků, Smithe a kol. (1996) a Holmberga a kol. (2005) (LK – loketní kloub, KK – kolenní kloub, HK – hlezenní kloub).

	Závodník LB	Závodník DC	Smith a kol. (1996)	Holmberg a kol. (2005)		
				Průměr	Lepší závodníci	Horší závodníci
UB 1–úhel mezi holí a podložkou (° od vertikály vpřed)	14	9 – 11	10 - 15	-	-	-
UB 2-úhel mezi holí a podložkou (° od vertikály vpřed)	67 – 68	62 – 64	65	-	-	-
UB 1-úhel v LK (°)	66 – 75	74 – 77	106	104±19	89 ± 5	112 ± 11
Minimální úhel v LK během PF 1 (°)	58 - 59	59 - 60	80 – 90	69 ± 21	55 ± 9	86 ± 17
UB 2 – úhel v LK (°)	141 - 153	160 – 165	-	160±10	160 ± 10	160 ± 10
UB 1-úhel mezi stehnem a trupem (°)	124 – 128	137 – 140	-	136±14	127 ± 9	148 ± 7
Minimální úhel mezi stehnem a trupem během PF 1 (°)	62 - 75	85 - 90	-	101±16	92 ± 14	111 ± 14
UB 2 – úhel mezi stehnem a trupem (°)	68 – 81	97 - 99	-	102±17	-	-
UB 1-úhel v KK (°)	127 – 133	144 – 147	-	150±14	150 ± 14	150 ± 14
Minimální úhel v KK v PF 1 (°)	110 - 120	133 - 135	-	138±14	129 ± 7	138 ± 11
UB 2-úhel v KK (°)	109 – 125	138 - 140		141±16	-	-
UB 1-úhel v HK (°)	73 – 77	83 – 84	-	91 ± 6	-	-
Minimální úhel v HK v PF 1 (°)	72	80 - 83	-	86 ± 11	-	-
UB 2-úhel v HK (°)	90 – 103	100 - 102	-	96 ± 5	-	-
Doba trvání PC(s)	0,84	0,84	-	1,13 ± 0,09	-	-
Podíl PF 1 na PC(%)	43	43	-	27 ± 3	24 ± 3	28 ± 2

V **pohybové fázi 1** jsme našli shodu s Holmbergem a kol. (2005) v minimální hodnotě při flexi v loketním kloubu u lepších závodníků. Smith a kol. (1996) udává větší hodnoty, což odpovídá horším závodníkům u Holmberga a kol (2005). Dále jsme se shodli s Holmbergem a kol. (2005), že flexe probíhá v první třetině PF 1 a poté následuje extenze. U námi vybraných závodníků však došlo k menší flexi přibližně o 19 °. Nenalezli jsme shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), neboť v PF 1 nedochází k úplné extenzi v loketním kloubu. Dále jsme našli shodu v minimální hodnotě při flexi mezi stehnem a trupem, v kolenním a hlezenním kloubu u závodníka DC s lepšími závodníky u Holmberga a kol. (2005). U závodníka LB dochází k větší flexi mezi stehnem a trupem, v kolenním a hlezenním kloubu. Neshodli jsme se s Holmbergem a kol. (2005), neboť flexe mezi stehnem a trupem není ukončena na konci první třetiny PF 1, ale až na konci druhé třetiny PF 1. Flexe v kolenním kloubu probíhá u vybraných závodníků v první polovině PF 1, což odpovídá výzkumu Holmberga a kol. (2005). Nenalezli jsme shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), neboť dolní končetiny nezůstávají pokrčené s fixním úhlem v kolenním kloubu, což potvrzuje i Hindman (2005). Flexe v hlezenním kloubu probíhá u vybraných závodníků v první čtvrtině PF 1, což neodpovídá výzkumu Holmberga a kol. (2005), u kterého flexe probíhá až v první polovině PF 1. U námi vybraných závodníků PF 1 trvala 0,36 s, u Holmberga a kol. (2005) trvala 0,30 s ± 0,03 s. Nenalezli jsme zde shodu ani v podílu PF v rámci celého PC. U námi vybraných závodníků činil podíl PF 1 na celém pohybovém cyklu 43 %, kdežto u lepších závodníků z výzkumu Holmberga a kol. (2005) to bylo jen 24 % ± 3 %.

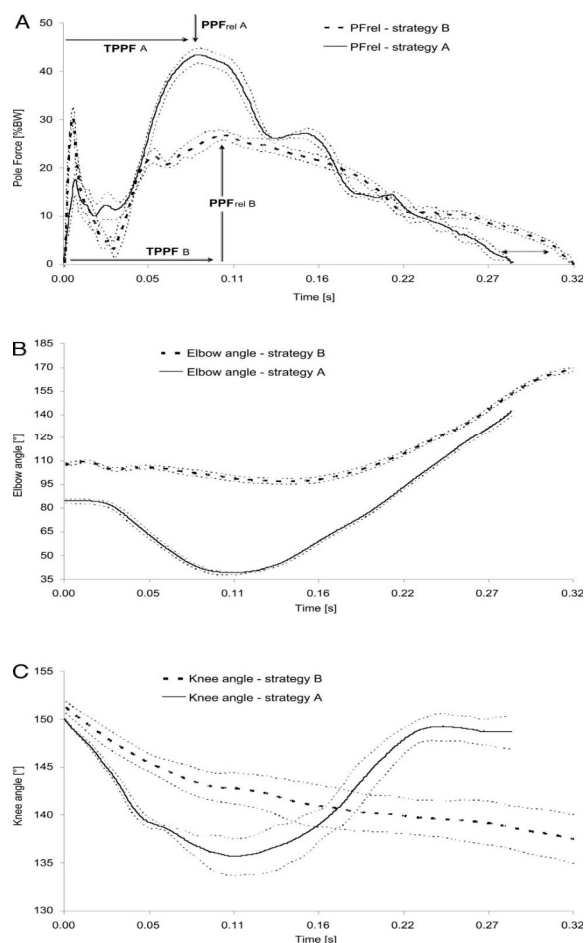
V **pohybové fázi 2** jsme našli shodu s Holmbergem a kol. (2005), kdy v loketním kloubu dochází na začátku PF 2 krátce k neúplné extenzi a následné flexi až na konec PF 2. Dále jsme našli shodu v úhlu mezi stehnem a trupem a v kolenním kloubu, kde dochází k extenzi a v poslední čtvrtině PF 2 k flexi. Naopak jsme nenalezli shodu s Holmbergem a kol. (2005) v průběhu úhlu hlezenního kloubu, kdy u vybraných závodníků docházelo k flexi až do konce PF 2, kdežto v jejich výzkumu docházelo do poloviny PF 2 k flexi a následně k extenzi. Dále jsme našli shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004) a Hindmanem (2005) v pohybu paží, které s holemi švihnou vzad nahoru a poté vpřed s následným přenesením hmotnosti těla na špičky při oddálení paty boty od lyže. PF 2 u námi vybraných závodníků trvala 0,48 s, u Holmberga a kol. (2005) trvala 0,83 s ± 0,09 s. Nenalezli jsme zde shodu ani v podílu PF v rámci celého

PC. U námi vybraných závodníků činil podíl PF 2 na celém pohybovém cyklu 57 %, kdežto u lepších závodníků z výzkumu Holmberga a kol. (2005) to bylo $73 \% \pm 3 \%$.



Graf 8 Kinetické a kinematické charakteristiky soupažného běhu prostého u vybraného závodníka při rychlosti 85 % maxima během PC (A – síla odpichu, B – úhel v loketním kloubu, C – úhel mezi stehnem a trupem, D – úhel v kolenním kloubu, E – úhel v hlezenním kloubu, F – vertikální reakční síla na přední část chodidel (FF) a na zadní část chodidel (RF) (Holmberg a kol., 2005).

Celý pohybový cyklus měl u námi vybraných závodníků kratší dobu trvání (0,84 s) oproti výzkumu Holmberga a kol. (2005), kde průměrná doba pohybového cyklu dosahovala $1,13 \text{ s} \pm 0,09 \text{ s}$. Tyto rozdíly včetně výše uvedených disproporcí v podílech jednotlivých PF na celkovém pohybovém cyklu mohou být dány rozdílnými způsoby testování. U vybraných závodníků v naší analýze probíhala lokomoce na lyžích na sklonu 4° , kdežto u testovaných závodníků u výzkumu Holmberga a kol. (2005) probíhala lokomoce na kolečkových lyžích na trenažeru o sklonu 1° .



Graf 9 Porovnání síly odpichu (A), úhlu v loketním kloubu (B) a úhlu v kolenním kloubu (C) u lepšího závodníka (strategie A) a u horšího závodníka (strategie B) (Holmberg a kol., 2005).

6.5 Charakteristika současné techniky soupažného běhu jednodobého

Pohybový cyklus soupažného běhu jednodobého začíná současným zapíchnutím holí do sněhu pod úhlem přibližně 10° od vertikály směrem vpřed, a to zhruba v první třetině vzdálenosti od vázání po špičky lyží. Horní končetiny svírají v loketním kloubu přibližně pravý úhel, trup je nakloněn mírně vpřed. Lyžař se nachází ve skluzu v jednooporovém postoji a odlehčená dolní končetina provádí švihový pohyb vpřed. V průběhu fáze odpichu se odlehčená dolní končetina sjíždí se skluzovou a lyžař pokračuje ve skluzu ve dvouoporovém postoji. V první polovině odpichu dochází k flexi v loketním kloubu, mezi trupem a stehnem skluzové dolní končetiny a částečně též k flexi v kolenním a hlezenním kloubu skluzové dolní končetiny. Současná částečná flexe v kolenním a hlezenním kloubu nemá za následek tzv. přisednutí, neboť dochází k naklonění bérce vpřed. U trupu dochází k flexi přibližně do konce druhé třetiny

odpichu. Poté následuje extenze ve všech výše uvedených kloubech. Odpich je ukončen za stehny s mírně pokrčenými horními končetinami v loketním kloubu, které nedosáhnou úplné extenze ani v zášvihů, kdy hole již nejsou v kontaktu se sněhem. Následuje přenos horních končetin s holemi vpřed spíše po přímce než spodním obloukem a v loketním kloubu dochází k pozvolné flexi. Při poloze horních končetin v předpažení poníž s pokrčenými loketními klouby začíná výpad. Končí souběžný skluz dolních končetin vlivem zastavení budoucí odrazové lyže a dochází k výrazné flexi v kolenním a hlezenním kloubu budoucí odrazové dolní končetiny. Následuje odraz, kdy naopak dochází k neúplné extenzi v kolenním a hlezenním kloubu a mezi trupem a stehnem odrazové dolní končetiny. V následujícím skluzu v jednooporovém postoji dochází k částečné flexi v kolenním i hlezenním kloubu díky relaxaci svalstva. Horní končetiny s holemi švihají vpřed přibližně do výše hlavy. Počátek flexe trupu a pohybu horních končetin s holemi dolů se časově shoduje s počátkem švihového pohybu odlehčené dolní končetiny vpřed. Poté následuje zapíchnutí holí do sněhu a nový pohybový cyklus.

7. Závěr

Na základě kinematografické analýzy soupažného běhu jednodobého a prostého vybraných závodníků při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009 jsme popsali pomocí úhlových charakteristik vybraných kloubních spojení pět uzlových bodů u soupažného běhu jednodobého a dva uzlové body u soupažného běhu prostého. Mezi nimi jsme popsali pět pohybových fází u soupažného běhu jednodobého a dvě pohybové fáze u soupažného běhu prostého, u kterých jsme zjišťovali časové a prostorové charakteristiky. Určili jsme časové trvání a procentuální zastoupení jednotlivých pohybových fází, a dále délku a průměrnou rychlost pohybové fáze. Techniku soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků, kteří tvořili relativně homogenní soubor, jsme zobecnili a na závěr charakterizovali.

U techniky soupažného běhu jednodobého a prostého jsme našli během pohybové fáze skluzu s odpichem specifickou pohybovou činnost, a to flexe a následné extenze v loketním, kyčelním a částečně kolenním a hlezenním kloubu. Při vysoké úhlové rychlosti jednotlivých segmentů těla a probíhající excentricko – koncentrické činnosti extenzorů horní končetiny dochází k vytvoření velké propulzní síly. Současná částečná flexe v kolenním a hlezenním kloubu nemá za následek tzv. přisednutí, neboť dochází k naklonění bérce vpřed. K tvorbě propulzní síly během odpichu přispívá zároveň „přepad“ těla, který předchází pohybové fázi skluzu s odpichem. Důležitou součástí „přepadu“ je přenesení hmotnosti těla na přední část chodidel a oddálení paty od lyží. Toto jsme výrazně zaznamenali pouze u techniky soupažného běhu prostého. Z údajů rychlosti posunu těžiště těla vpřed vyplynulo, že pohybová fáze skluzu s odpichem se podílí na tvorbě propulzní síly a tím i rychlosti lokomoce větší mírou než odraz, což je v rozporu s historickými analýzami. Zároveň odraz nebyl u vybraných závodníků zcela dokončen, neboť úplné extenzi se přiblížil pouze úhel mezi stehnem a trupem odrazové dolní končetiny. Dále jsme zjistili u soupažného běhu jednodobého i prostého, že flexe trupu neprobíhá až do vodorovné polohy s podložkou, ale kulminuje během pohybové fáze skluzu s odpichem v úhlu přibližně 30° vzhůru od podložky (s menšími interindividuálními rozdíly). U horních končetin dochází k neúplné extenzi v loketním kloubu až po dokončení odpichu. U soupažného běhu prostého je extenze v loketním kloubu menší, což je dané snahou co nejrychleji přesunout paže s holemi vpřed a zkrátit tak pohybovou fázi skluzu bez odpichu. K přenosu paží s holemi vpřed dochází u

soupažného běhu jednodobého a prostého spíše po přímce než spodním obloukem, což rovněž přispívá ke zkrácení pohybové fáze skluzu bez odpichu. Počátek švihového pohybu odlehčené dolní končetiny vpřed se neshoduje se zapíchnutím holí do sněhu, ale s počátkem flexe trupu a pohybu horních končetin s holemi dolů.

Dále jsme stanovili poměr jednotlivých pohybových fází na celkovém pohybovém cyklu. U soupažného běhu jednodobého tvoří největší podíl PF 1 – skluz s odpichem 36 %, a dále PF 2 – dvouoporový skluz 34 %, PF 3 – výpad 5 %, PF 4 – odraz 7 % a PF 5 – prostý skluz 18 %. U soupažného běhu prostého u obou vybraných závodníků tvoří shodně menší podíl PF 1 – skluz s odpichem 43 % a větší podíl PF 2 – skluz bez odpichu 57 %.

Popsali jsme současné pojetí soupažného běhu jednodobého a poodhalili jsme časoprostorové charakteristiky soupažného běhu prostého v závodních podmínkách a závěry z této práce poskytují široký prostor pro další výzkum nejen v oblasti techniky a biomechaniky běhu na lyžích. V rámci další analýzy by bylo zajímavé vyhodnotit další závodníky jedoucí technikou soupažného běhu prostého a provést jeho zobecnění v současném pojetí. Dále by bylo vhodné provést nejen kinematickou, ale i kinetickou a kineziologickou analýzu, které současně mohou přispět nejen ke zkvalitnění technické, ale i kondiční složky tréninku běžců na lyžích při výběru vhodných tréninkových prostředků, které nejvíce napodobují finální lokomoci běhu na lyžích.

8. Seznam literatury

1. Ariel Dynamics Inc., *Ariel Performance Analysis System – APAS* [online] [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <http://www.arielnet.com>
2. *Bakalářské a diplomové práce na UK FTVS* [online] [cit. 2012-02-12]. Dostupné z: <http://www.ftvs.cuni.cz/studijni/diplomky.php>
3. BILODEAU, B. a kol. Propulsive and gliding phases in four cross country skiing techniques. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 1992, č. 24, s. 917 - 925.
4. DONSKOJ, D., GROSS, CH. *Těchnika lyžníka – gonščíka*. Moskva : Fizkul'tura i sport, 1971.
5. DONSKOJ, D., GROSS, CH. *Těchnika lyžníka gonščíka*. Moskva : Fizkul'tura i sport, 1973. Překlad Potměšil, J. aj. Současné požadavky na techniku běhu na lyžích. In *Některé nové poznatky o běhu na lyžích*. Metodický dopis. ČÚV ČSTV, 1977, s. 31 – 59.
6. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha : Olympia, 2002.
7. DOVALIL, J. a kol. *Lexikon sportovního tréninku*. Praha : Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1404-5.
8. DVOŘÁK, F. a kol. *Běh na lyžích*. Praha : Olympia, 1992.
9. GNAD, T., PSOTOVÁ, D. *Běh na lyžích*. Praha : Karolinum, 2005. ISBN 80-246-0995-9.
10. GREGORY, R.W. a kol. Kinematic analysis of skating technique of Olympic skiers in the women's 30-km race. *Journal of Applied Biomechanics*, 1994, č. 10, s. 382 – 392.
11. HENDL, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha : Karolinum, 1999. ISBN 80-246-03-7.
12. HENDL, J. *Přehled statistických metod*. Praha : Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-482-3.
13. HINDMAN, S. *Cross - Country Skiing: Building Skills for Fun and Fitness*, Seattle : The Mountainers Books, 2005.
14. HOLMBERG, H.CH. a kol. *Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers*. [on-line]. © 2005 [cit. 28. 02. 2012]. Dostupné na: http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/2005/05000/Biomechanical_Analysis_of_Double_Poling_in_Elite.15.asp

x

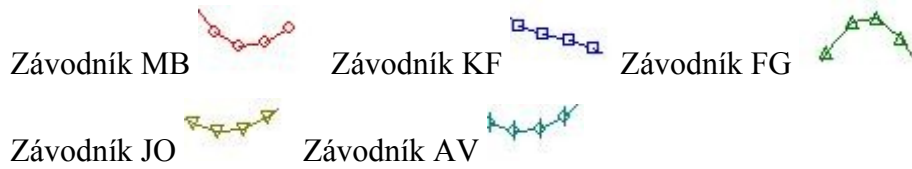
15. HOLMBERG, H.CH. a kol. *Contribution of the Legs to Double-Poling Performance in Elite Cross-Country Skiers*. [on-line]. © 2006 [cit. 28. 02. 2012]. Dostupné na: http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/2006/10000/Contribution_of_the_Legs_to_Double_Poling.22.aspx
16. HOLUŠOVÁ, D., KROBOTOVÁ, M. *Diplomové a závěrečné práce*. Olomouc : Univerzita Palackého, 2005. ISBN 80-244-0458-3.
17. HORYNA, R. *Analýza střídavého běhu dvoudobého Pettera Northuga při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009*. Praha, 2010. Bakalářská práce na UK FTVS. Vedoucí práce: PhDr. Dana Finková, Ph.D.
18. HOTTENROTT, K., URBAN, V. *Das grosse Buch vom Skilanglauf*. Aachen : Meyer&Meyer, 2004. ISBN 3-89124-992-6.
19. CHOVANEC, F. *Běh na lyžích. Technika a metodika*. Praha : SPN, 1976.
20. CHOVANEC, F. a kol. *Běh na lyžích*. Praha : Olympia, 1983.
21. ILAVSKÝ, J. a kol. *Běh na lyžích. Metodický dopis*. Praha : ČSTV, 2005.
22. JAKL, P. Nordic škola: klasika. *Nordicmag*, 2009, č. 12, s. 14-15.
23. JIRKŮ, L. a kol. *Lyžování – běh na lyžích. Základní programový materiál pro oblast vrcholového sportu*. 1. novelizace. Praha : ÚV ČSTV, 1986.
24. KOMI, P.V. Force measurements during cross country skiing. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1987, č. 3, s. 370 – 381.
25. KOMI, P.V., NORMAN, R.W. Preloading of the thrust phase in cross country skiing. *International Journal of Sports Medicine*, 1987, č. 8, s. 48 – 54.
26. KOVÁŘ, V., BLAHUŠ, P. *Stručný úvod do metodologie*. Praha : Scriptum, 1993.
27. KRAČMAR, B. a kol. Analysis of the kinesiology of skate skiing and roller skiing. *Ugdymas*, 2008, č. 70, s. 81 – 87.
28. PSOTOVÁ, D. *Analýza kinematografického záznamu pohybu lyžaře běžce při oboustranném bruslení jednodobém*. Praha, 2007. 216 s. Disertační práce na UK FTVS. Školitel: Doc. PhDr. Miloš Příbramský, CSc.
29. PUSTOVRH, J., JOŠT, B. Kinematic Parameters of the Striding Technique Related to Performance of Young Cross-Country Skiers in the World Championship. In ČOH, M., JOŠT, B. (eds.). *Biomechanical Characteristics of Technique in Certain Chosen Sports*. Ljubljana : University of Ljubljana, 2000, s. 86-91. ISBN 961-6016-68-7.
30. SMITH, G.A. a kol. Analysis of V1 skating technique of Olympic cross country skiers. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1989, č. 5, s. 185 – 207.

31. SMITH, G.A. a kol. Double poling kinematics and performance in cross country skiing. *Journal of Applied Biomechanics*, 1996, č. 12, s. 88 – 103.
32. SMITH, G.A., HEAGY, B.S. Kinematic analysis of skating technique of Olympic skiers in the men's 50-km race. *Journal of Applied Biomechanics*, 1994, č. 10, s. 79 – 88.
33. SOUMAR, L. *Popis struktury pohybu při bruslení na lyžích se zaměřením na oboustranný dvoudobý způsob běhu*. Diplomová práce. Praha : FTVS UK, 1991.
34. SOUMAR, L., BOLEK, E. *Běh na lyžích*. Praha : Grada, 2001. ISBN 80-247-0015-8.
35. STÖGGL, T. a kol. Biomechanical validation of a specific upper body training and testing drill in cross-country skiing. *Sports Biomechanics*, 2006, č. 5, s. 313 – 314.
36. STÖGGL, T. a kol. Biomechanical comparison of the double-push technique and the conventional skate skiing technique in cross-country sprint skiing. *Journal of Sports Science*, 2008, č. 26, s. 1225 – 1233.
37. STÖGGL, T. a kol. Double-push skating versus V2 and V1 skating on uphill terrain in cross-country skiing. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 2010, č. 42, s. 187 – 196.
38. VILNEROVÁ, E. *Analýza klasické techniky běhu*. Diplomová práce. Praha : FTVS UK, 1995.
39. VIITASALO, J.T. a kol. Effects of 50 km Racing on Ski Skating Kinematics in the Falun World Championships in 1993. In MÜLLER, E. a kol. (eds.). *Science and Skiing* : 7. – 13. 1. 1996, St. Christoph a. Arlberg, Austria. Cambridge : E and FN Spon, 1997, s. 88 – 96. ISBN 0-419-20850-X.
40. ŽÁK, J. Technika, technika, technika... *Nordicmag*, 2012, č. 21, s. 23.
41. ŽALČÍK, K. *Analýza bruslení*. Závěrečná práce. Praha : FTVS UK, 1987.

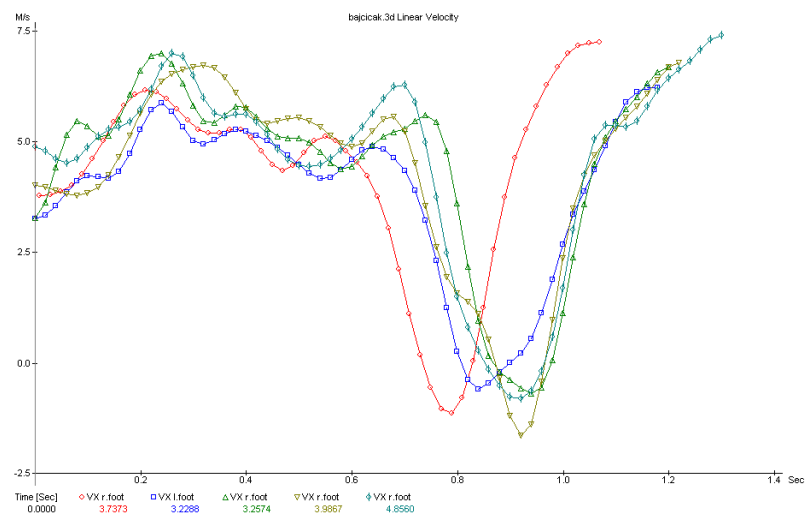
9. Přílohy

Legenda

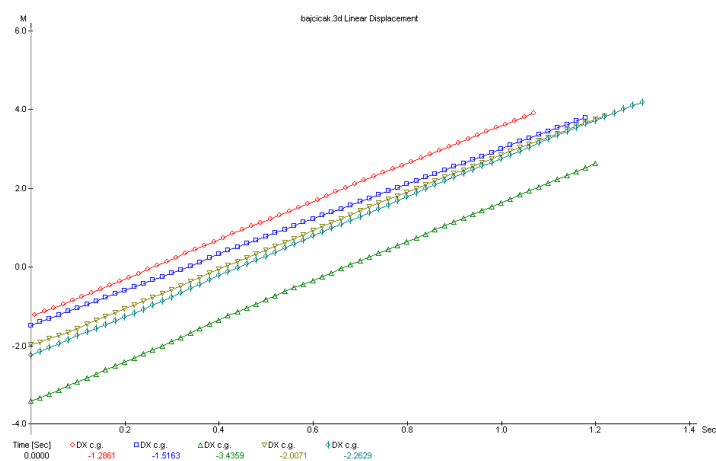
Soupažný běh jednodobý:



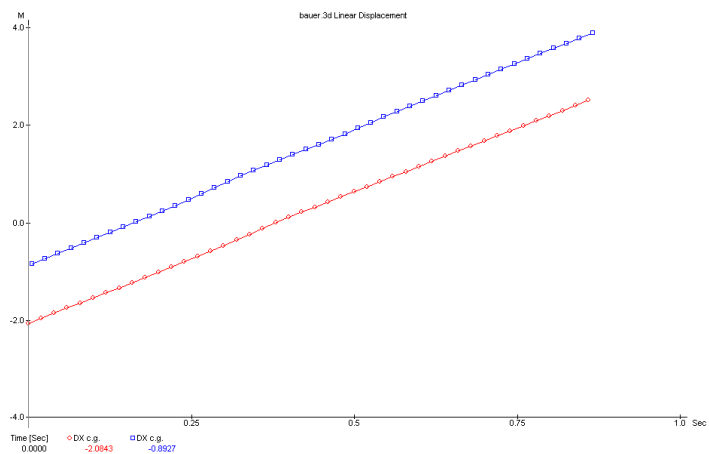
Soupažný běh prostý:



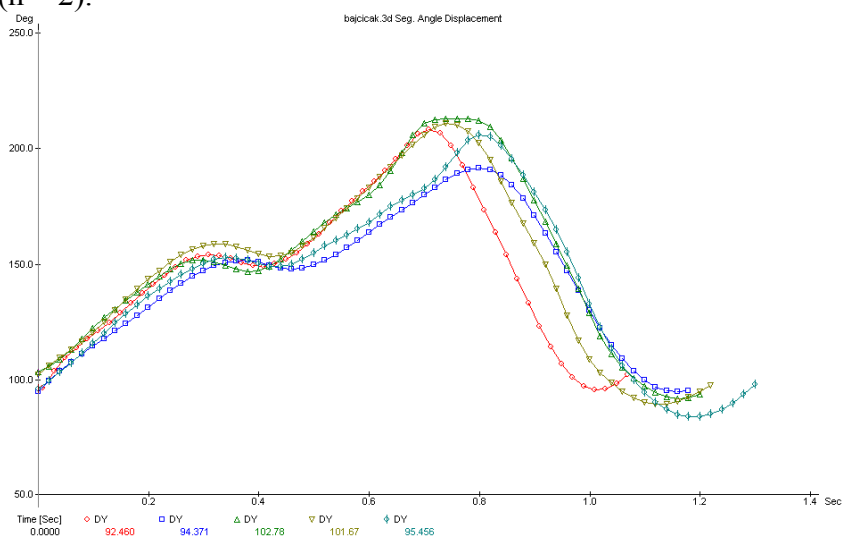
Graf 1 Rychlost špičky lyžařské boty levé, resp. pravé odrazové lyže u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



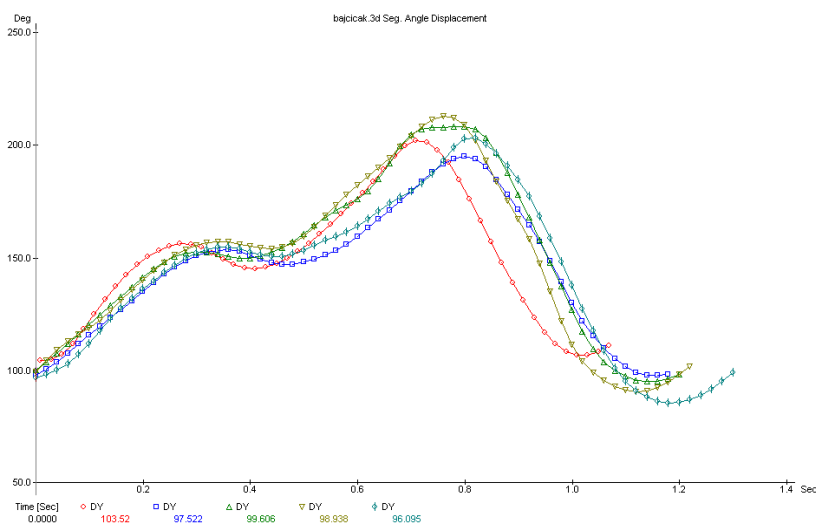
Graf 2 Horizontální pohyb těžiště těla u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



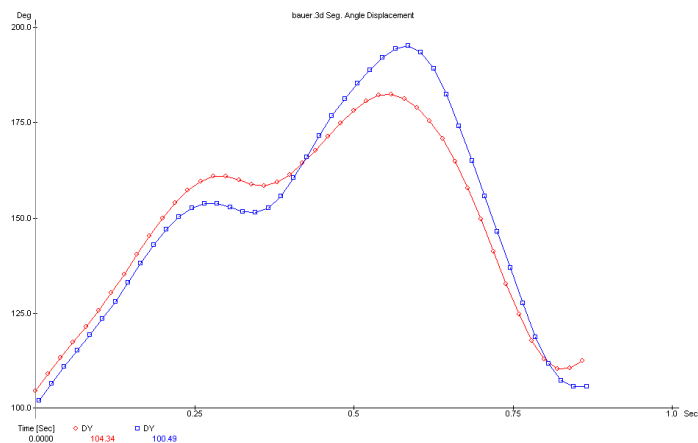
Graf 3 Horizontální pohyb těžiště těla u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



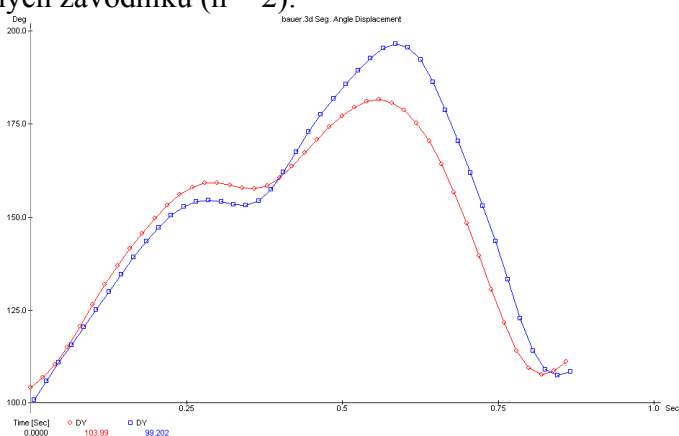
Graf 4 Průběh úhlových hodnot mezi levou holí a podložkou u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



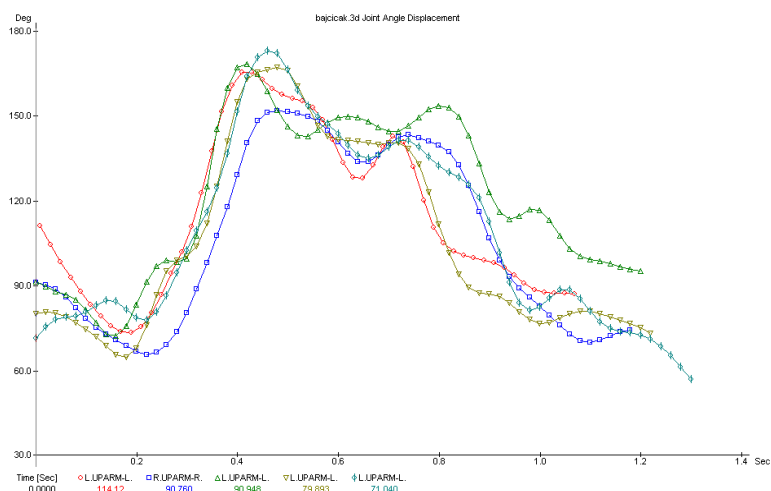
Graf 5 Průběh úhlových hodnot mezi pravou holí a podložkou u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



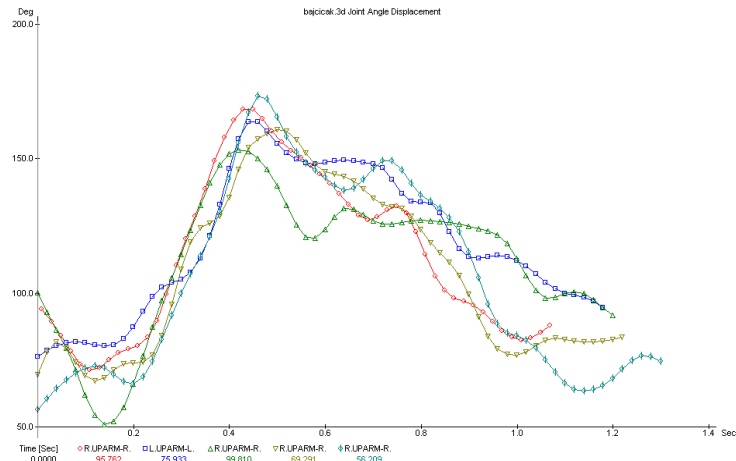
Graf 6 Průběh úhlových hodnot mezi levou holí a podložkou u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



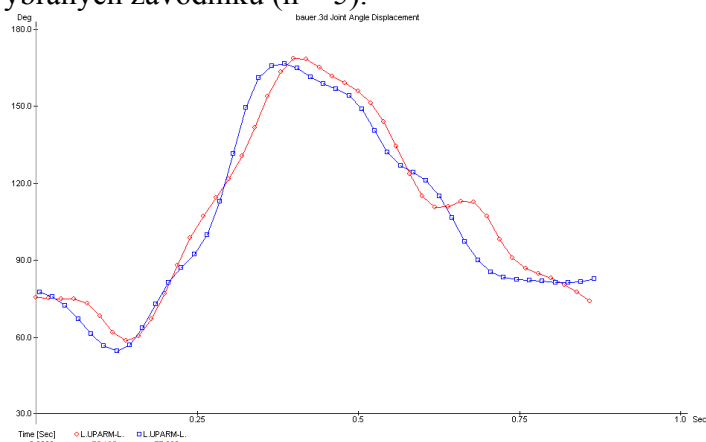
Graf 7 Průběh úhlových hodnot mezi pravou holí a podložkou u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



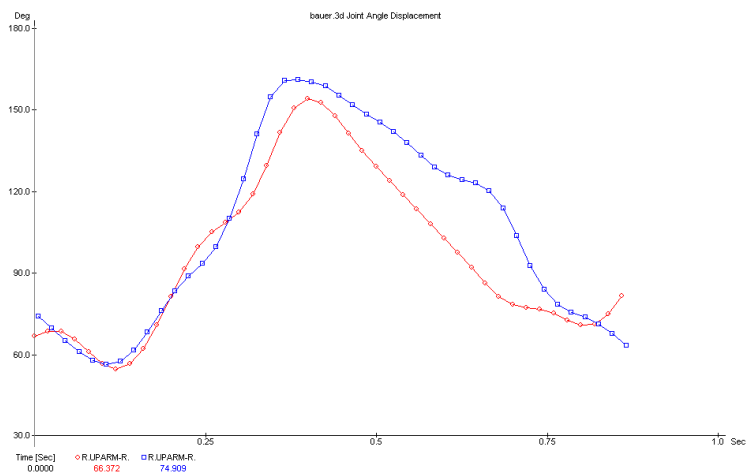
Graf 8 Průběh úhlových hodnot v levém loketním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



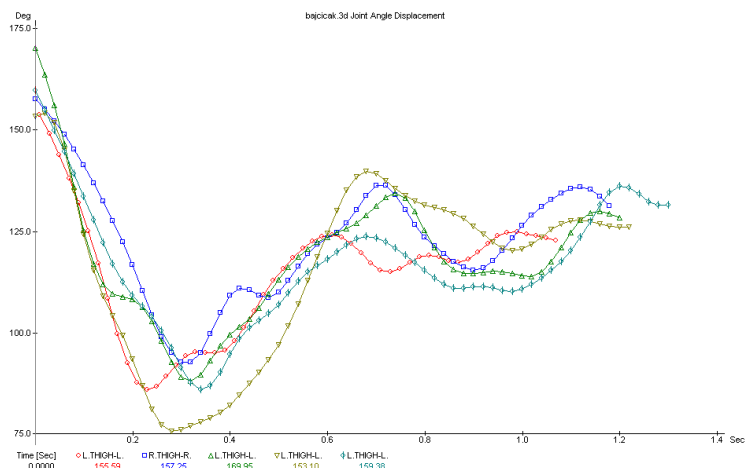
Graf 9 Průběh úhlových hodnot v pravém loketním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



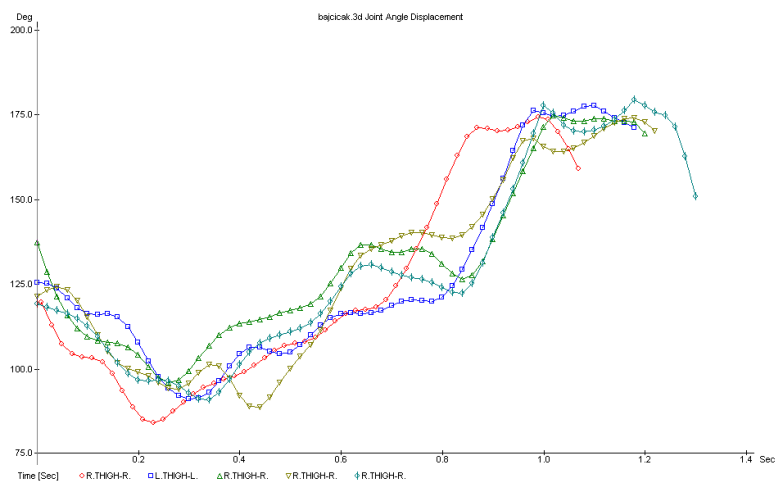
Graf 10 Průběh úhlových hodnot v levém loketním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



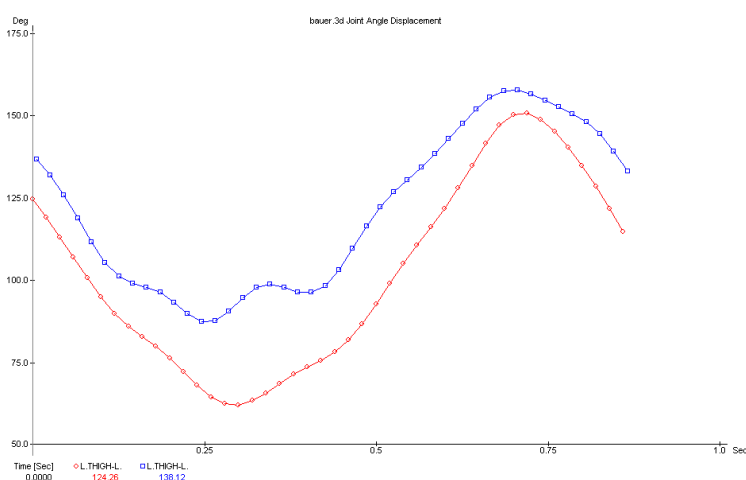
Graf 11 Průběh úhlových hodnot v pravém loketním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



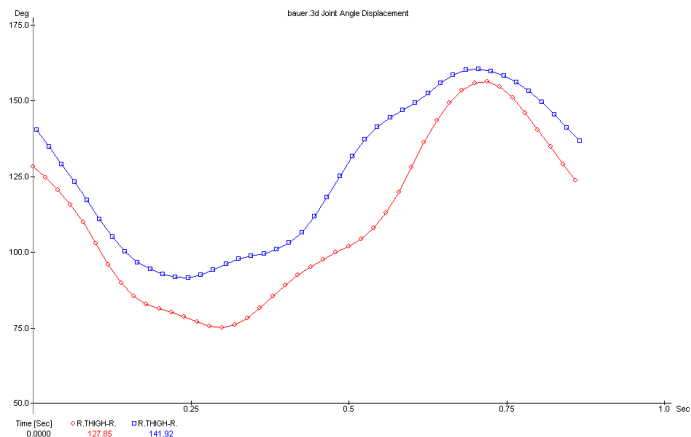
Graf 12 Průběh úhlových hodnot mezi levým stehnem a trupem u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



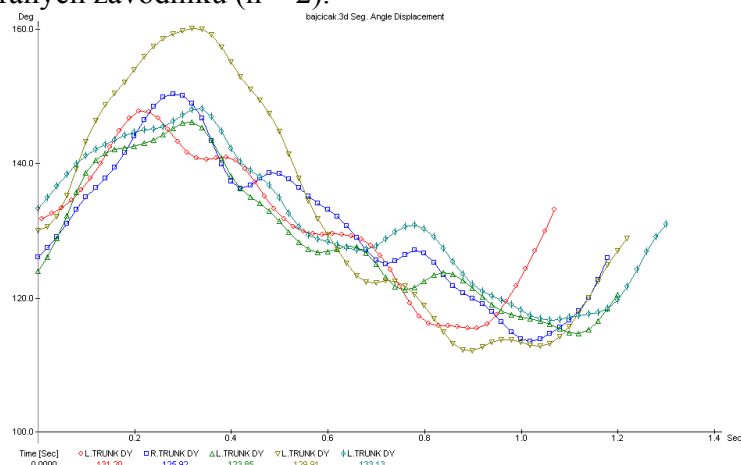
Graf 13 Průběh úhlových hodnot mezi pravým stehnem a trupem u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



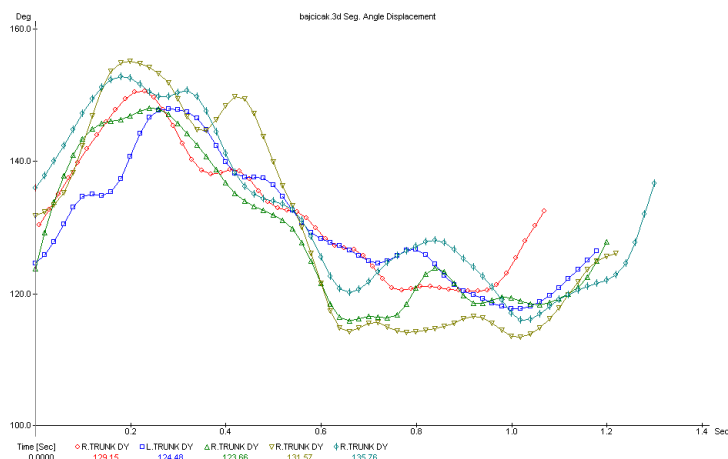
Graf 14 Průběh úhlových hodnot mezi levým stehnem a trupem u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



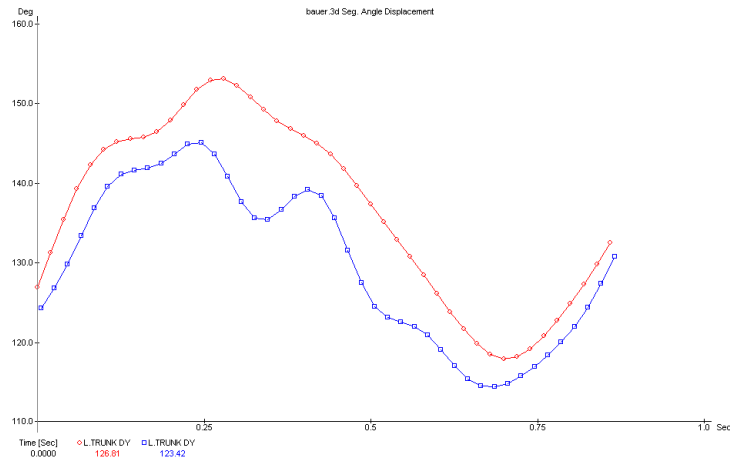
Graf 15 Průběh úhlových hodnot mezi pravým stehnem a trupem u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



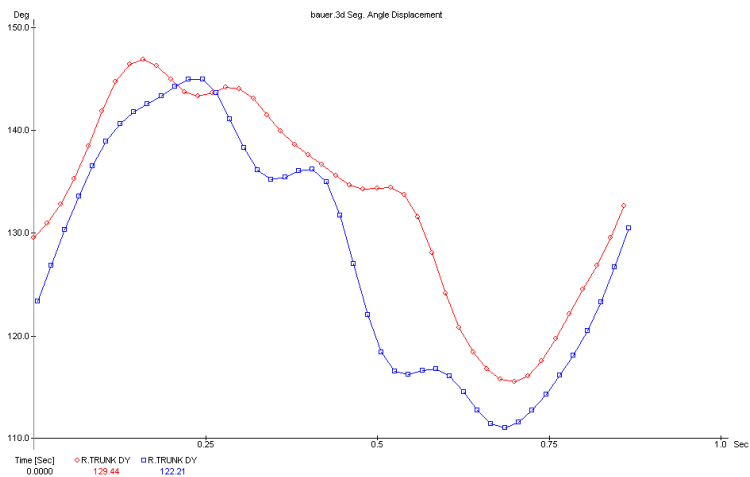
Graf 16 Průběh úhlových hodnot mezi levou částí trupu a podložkou u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



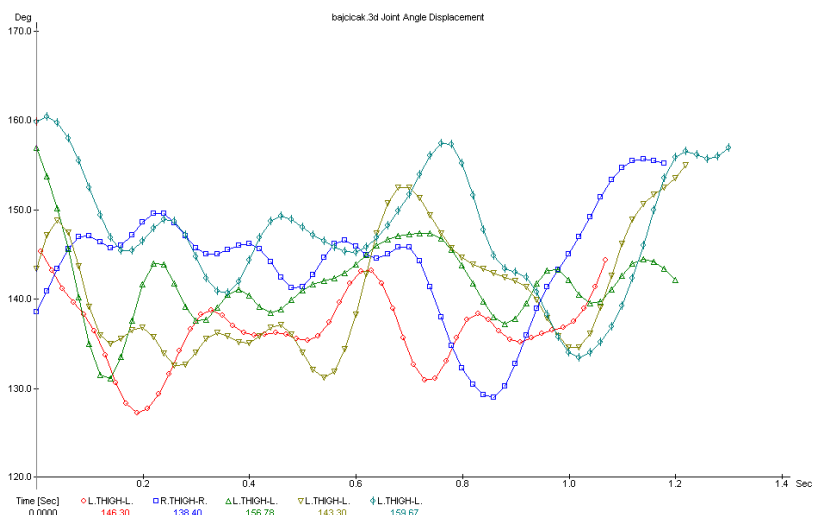
Graf 17 Průběh úhlových hodnot mezi pravou částí trupu a podložkou u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



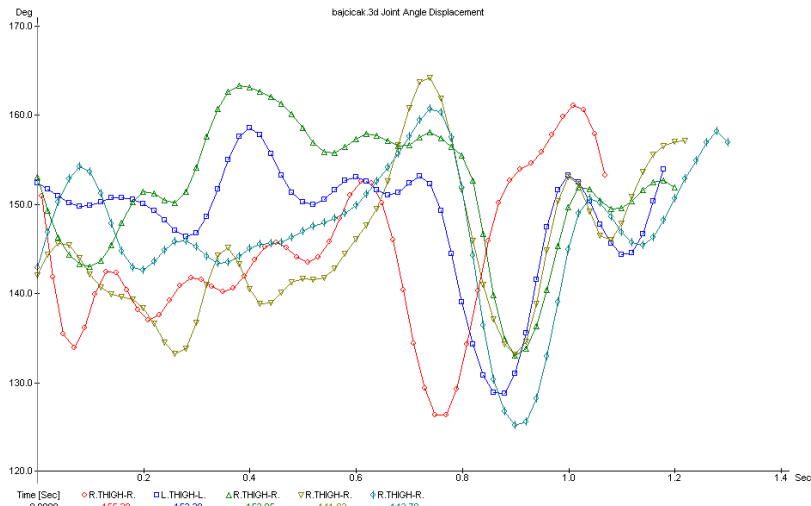
Graf 18 Průběh úhlových hodnot mezi levou částí trupu a podložkou u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



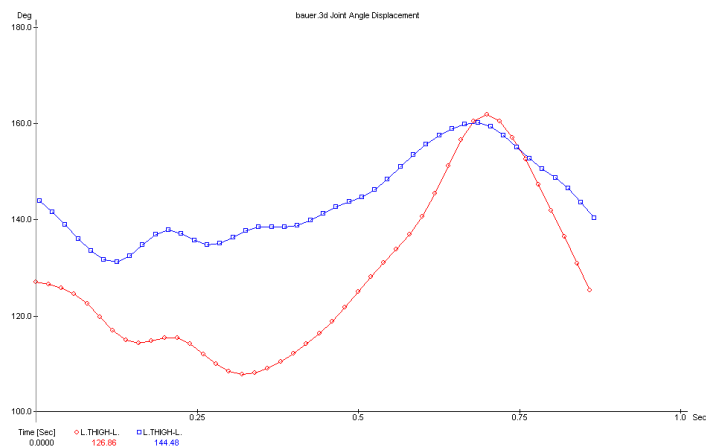
Graf 19 Průběh úhlových hodnot mezi pravou částí trupu a podložkou u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



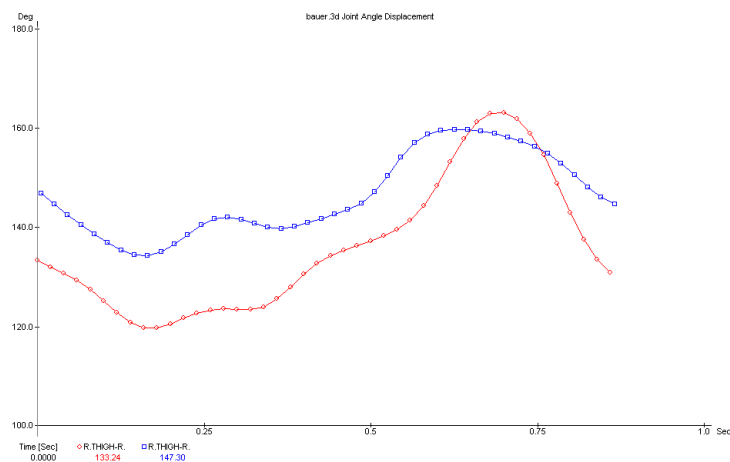
Graf 20 Průběh úhlových hodnot v levém kolenním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



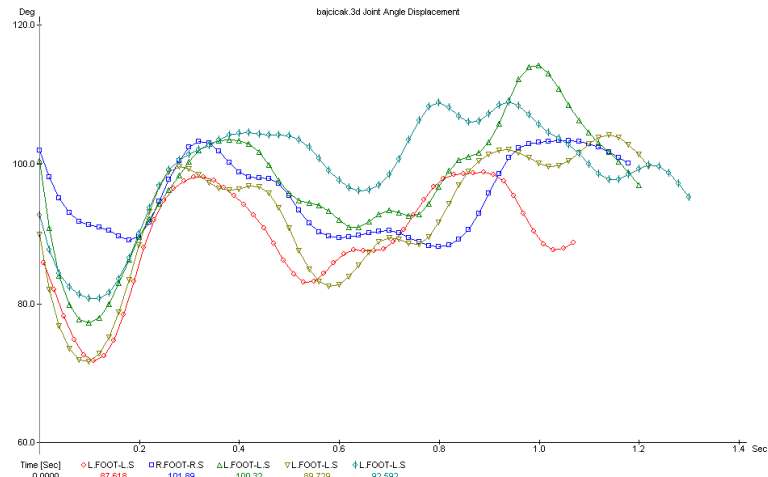
Graf 21 Průběh úhlových hodnot v pravém kolenním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



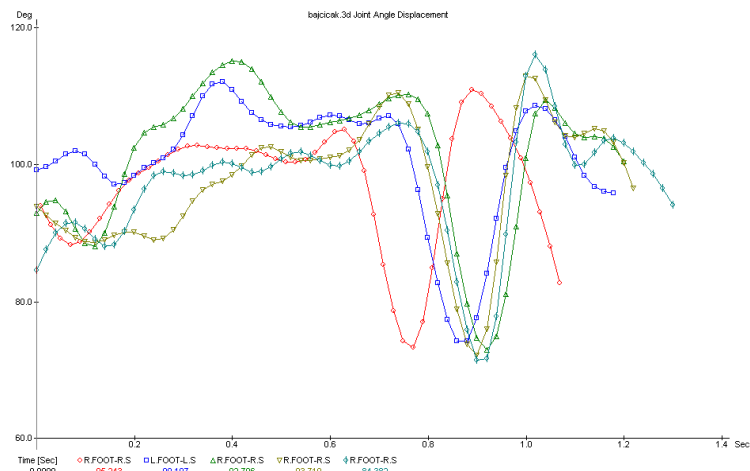
Graf 22 Průběh úhlových hodnot v levém kolenním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



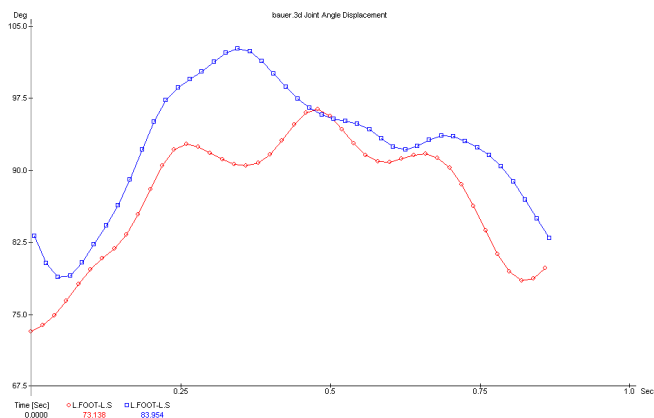
Graf 23 Průběh úhlových hodnot v pravém kolenním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



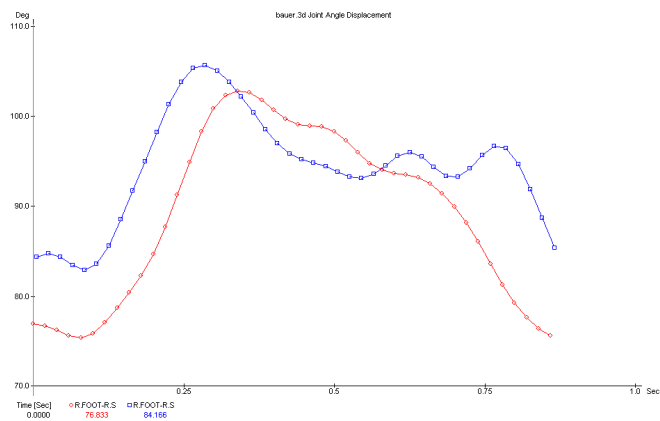
Graf 24 Průběh úhlových hodnot v levém hlezenním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



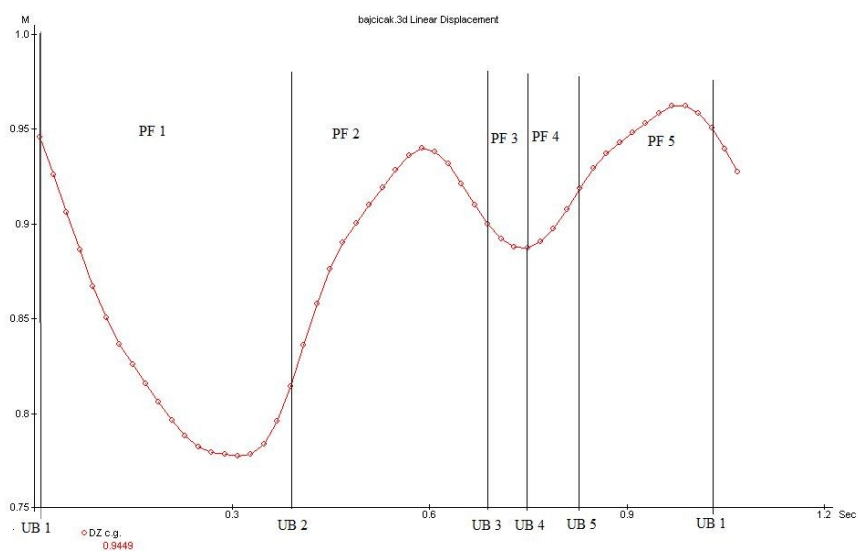
Graf 25 Průběh úhlových hodnot v pravém hlezenním kloubu u soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků (n = 5).



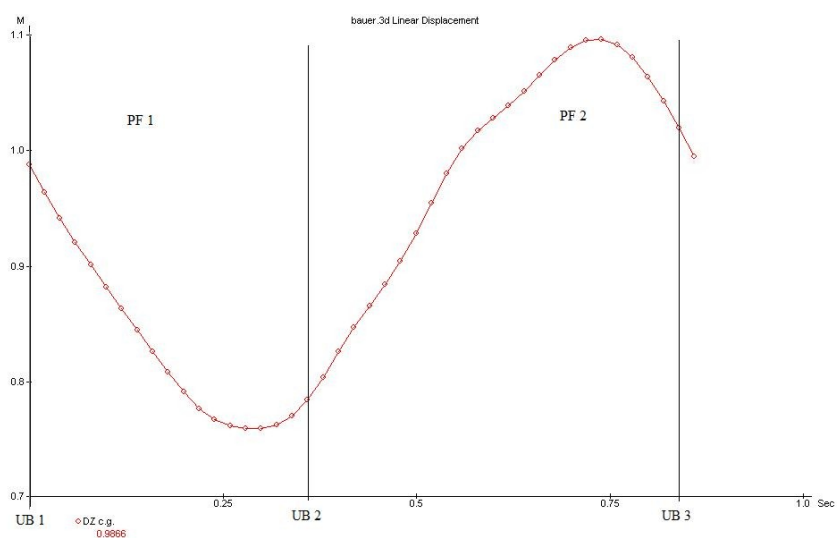
Graf 26 Průběh úhlových hodnot v levém hlezenním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



Graf 27 Průběh úhlových hodnot v pravém hlezenním kloubu u soupažného běhu prostého u vybraných závodníků (n = 2).



Graf 28 Přehled uzlových bodů (UZ) a pohybových fází (PF) během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu jednodobého u závodníka MB.



Graf 29 Přehled uzlových bodů (UZ) a pohybových fází (PF) během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru v jednom PC soupažného běhu prostého u závodníka LB.