

## SOUČASNÉ POJETÍ SOUPAŽNÉHO BĚHU JEDNODOBÉHO

### CURRENT CONCEPT OF KICK DOUBLE POLING

R. Horyna, D. Finková, B. Kračmar

Univerzita Karlova Praha, Fakulta tělesné výchovy a sportu, Katedra sportů v přírodě

#### ABSTRACT

The aim of this study is spatial-temporal analysis of node points and kinetic phases of the kick double poling of selected competitors at the FIS Nordic World Ski Championships in Liberec 2009 and deduction of current concept of this technique. In this case study we used the kinematographic method for the analysis of the kick double poling of selected competitors. We analyzed the video of the 15-km classic technique. For the analysis we used the software APAS. We characterized current concept of kick double poling technique, because selected competitors were relatively homogeneous set. By double poling we found flexion-extension pattern in elbow, hip joints and partly in knee and ankle joints of slipping lower limb which results in generation of propulsive force. Double poling becomes more significant driving element than push-off.

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

#### SOUHRN

Cílem práce je časoprostorová analýza uzlových bodů a pohybových fází soupažného běhu jednodobého vybraných závodníků při Mistrovství světa v klasickém lyžování v Liberci 2009 a vyvození závěrů pro současné pojetí této techniky. Jedná se o případovou studii, ve které jsme pomocí kinematografické metody provedli analýzu soupažného běhu jednodobého vybraných závodníků. Analyzovali jsme videozáznam ze závodu na 15 km klasicky. Pro analýzu jsme použili software APAS. Charakterizovali jsme současné pojetí techniky soupažného běhu jednodobého, neboť vybraní závodníci tvořili relativně homogenní soubor. Zjistili jsme, že při odpichu dochází nejprve k flexi a následně k extenzi v loketním kloubu, mezi trupem a stehnem a částečně v kolenním a hlezenním kloubu skluzové dolní končetiny, což má za následek vytvoření propulzní síly. Odpich se tak stává významnějším hnacím prvkem než odraz.

**Klíčová slova:** běh na lyžích; vrcholoví závodníci; kinematografická analýza; soupažný běh jednodobý

#### Úvod

V posledních dvou desetiletích vzrostl význam soupažného odpichu při klasické technice běhu na lyžích (Saltin, 1997). K tomu přispělo několik faktorů: hromadné starty, růst popularity sprintů, zlepšení funkčních vlastností lyží (skluznost) a holí (menší hmotnost), homologace tratí a zejména ekonomičnost v rovinatých partiích závodní tratě (Hoffman, Clifford, 1992).

Většina studií se zabývá fyziologickým aspektem soupažného odpichu (Staib a kol., 2000; Nesser a kol., 2004; Nilsson a kol., 2004). Méně studií se zabývá biomechanickým aspektem soupažného odpichu (Smith a kol., 1996; Holmberg a kol., 2005). Smith a kol. (1996) došli k závěru, že rychlejší lyžaři vykazují větší rozsah pohybu paže v loketním kloubu s počáteční flexí následovanou

extenzí. Pohyb paže dosahuje vyšší úhlové rychlosti než je tomu u pomalejších lyžařů. Podle Holmberga a kol. (2005) síla odpichu v první třetině fáze odpichu roste do maxima a je vysoce pozitivně korelována s rychlostí lokomoce lyžaře. 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.

V naší studii jsme se zaměřili na soupažný běh jednodobý, u kterého propulzní sílu vytváří současně obě paže zapojené do odpichu a dolní končetina při odrazu. Vymezili jsme jednotlivé pohybové fáze soupažného běhu jednodobého s jasně identifikovatelnými momenty přechodu z jedné pohybové fáze do druhé – uzlovými body,

**Tabulka 1. Členění soupažného běhu jednodobého podle Chovance (1976)**  
**Table 1. Structuring of kick double poling (Chovanec, 1976)**

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
	II. Dvouoporový skluz	2. Oddálení holí od sněhu
		3. Zastavení skluzné lyže
B) Odraz	III. Výpad	4. Maximální pokrčení odrazové dolní končetiny v kolenním kloubu
	IV. Odraz	5. Oddálení lyže od sněhu

kteří jsme převzali od Chovance (1976). Provedli jsme kinematografickou analýzu soupažného běhu jednodobého vybraných závodníků při MS 2009 v Liberci a pokusili se identifikovat uzlové body a pohybové fáze pomocí časových a prostorových charakteristik, které jsme statisticky zpracovali a věcně zhodnotili. Výsledkem bylo stanovení aktuální techniky soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků a vyvození závěrů pro optimální techniku.

### Metodika

Jedná se o případovou studii, kdy objektem výzkumu je pět vybraných závodníků, kteří se umístili v daném závodě do jedenáctého místa. Zvolili jsme metodu kinematografické analýzy, která nám umožnila definovat uzlové body (kritická místa) a pohybové fáze (příloha - tabulka 1) a pomohla určit jejich časoprostorové charakteristiky u vybraných závodníků. Pro kinematografickou analýzu jsme využili softwarový program APAS. Ke zpracování kvantitativních dat jsme použili běžný software, v našem případě statistické funkce programu MS EXCEL.

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

- úhel v loketním kloubu levé a pravé horní končetiny,
- úhel v kyčelním kloubu mezi trupem a levou a pravou dolní končetinou,
- úhel mezi trupem a podložkou,
- úhel v kolenním kloubu levé a pravé dolní končetiny,
- úhel v hlezenním kloubu levé a pravé dolní končetiny,
- rychlost pohybu těžiště těla.

Vzhledem k tomu, že jde o jednorázové pozorování několika lyžařů, ostatní relevantní proměnné

uvádíme pro zjednodušení problému jako vstupní informace (věk závodníka: 22 – 38 let; sklon trati na vybraném úseku 4 °). Mezi nesledované proměnné patří somatotyp, sněhové podmínky a druh namazaného vosku.

Technické zabezpečení videomateriálu 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 s<sup>-1</sup> obrázků. Pro zavedení plošného souřadného systému byla použita metoda kalibrace prostoru, kdy byl uprostřed trati umístěn kalibrovací kvádr o rozměrech 1×2×2 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 čtyřikrát. Záběry soupažného běhu jednodobého byly vybrány z průjezdu prvním kolem, kdy se u závodníků neprojevovala únava 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.

Pro vystihnoutí trendu současné techniky soupažného běhu jednodobého jsme charakterizovali hodnotu dat pomocí míry centrální tendence, z níž jako nejvhodnější jsme vybrali aritmetický průměr. Pro zjištění velikosti interindividuálních rozdílů jsme použili směrodatnou odchylku.

### Výsledky

Doba trvání pohybové fáze (PF) I byla 0,42 s ± 0,03 s, PF II 0,40 s ± 0,06 s, PF III 0,06 s ± 0,00 s, PF IV 0,08 s ± 0,01 s a PF V 0,21 s ± 0,04 s.

Dále jsme se zaměřili na uzlové body (UB) 1, 2, 5 a PF I, které jsou důležitými indikátory při posuzování správné techniky.

**Tabulka 2. Vybrané úhlové charakteristiky v uzlových bodech 1, 2 a 5 (n = 5)**  
**Table 2. Selected spatial description in node points 1, 2 a 5 (n = 5)**

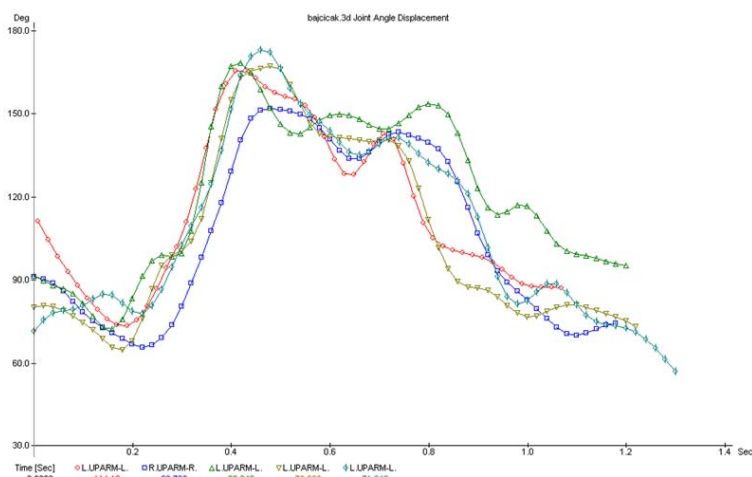
	UB 1		UB 2		UB 5	
	M	SD	M	SD	M	SD
L loket (°)	89	16,10	162	6,32	95	15,25
P loket (°)	79	18,49	156	7,71	96	15,76
L stehno-trup (°)	159	6,65	98	8,91	116	4,27
P stehno-trup (°)	125	7,16	102	9,27	172	3,27
Trup k x (°)	129	4,32	141	5,54	117	1,73
L koleno (°)	149	9,36	140	4,6	138	3,49
P koleno (°)	149	6,04	149	9,39	148	2,30
L kotník (°)	94	6,43	99	4,21	104	5,94
P kotník (°)	93	5,52	104	6,5	106	5,83

*Legenda:*

*M = mean (aritmetický průměr).*

*SD = standard deviation (směrodatná odchylka).*

*UB = node point (uzlový bod)*



**Graf 1. Průběh úhlových hodnot v levém loketním kloubu u vybraných závodníků (n = 5)**  
**Graph 1. Course of the angular values in left elbow joint of selected competitors (n = 5)**

Úhly mezi jednotlivými segmenty těla v UB 1, 2 a 5 – zobrazuje tabulka 2 - příloha. V PF I – skluz s odpichem - dochází k flexi a následné extenzi v loketním kloubu, mezi trupem a stehnem a částečně v kolenním a hlezenním kloubu skluzové dolní končetiny (příloha - graf 1 – 4).

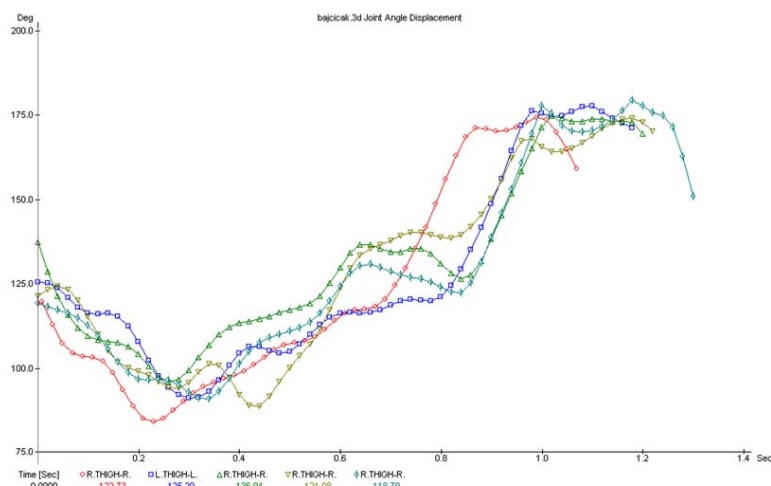
Přehled uzlových bodů a pohybových fází během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru v jednom pohybovém cyklu u vybraného závodníka zobrazuje graf 5 – příloha.

Aktuální rychlost pohybu těžiště těla v průběhu jednoho pohybového cyklu soupažného běhu jednodobého kolísala od nejnižších hodnot v okolí UB 1 k nejvyšším hodnotám na konci PF I skluzu s odpichem. Aktuální rychlost pohybu těžiště těla se u vybraných závodníků pohybovala v rozmezí 3,80 – 5,60 m/s (příloha - graf 6).

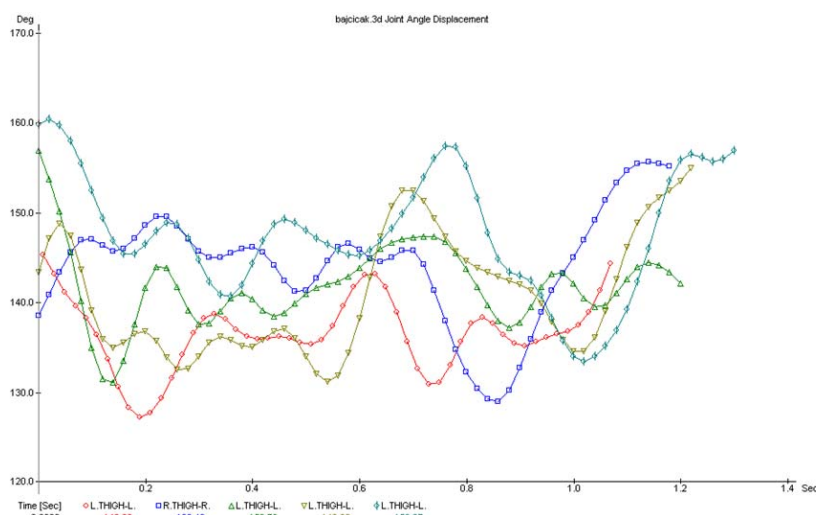
## Diskuze

Z výsledkové části vyplynulo, že vybraní závodníci tvoří relativně homogenní soubor. Toto tvrzení je podloženo nízkými hodnotami směrodatných odchylek u sledovaných úhlových hodnot v uzlových bodech (1,73 – 9,36)<sup>1</sup>. Proto si dovolueme v této části zobecnit techniku soupažného běhu jednodobého u vybraných závodníků v jednotlivých uzlových bodech a pohybové fázi. Vybrali jsme prostorové charakteristiky relevantní pro optimální techniku běhu.

<sup>1</sup> Výjimku tvoří úhel v loketním kloubu v uzlovém bodě 1, kde byly naměřeny větší směrodatné odchylky (16 ° – 18 °).



**Graf 2. Průběh úhlových hodnot mezi levým stehnem a trupem u vybraných závodníků (n = 5)**  
**Graph 2. Course of the angular values between left thigh and trunk of selected competitors (n = 5)**

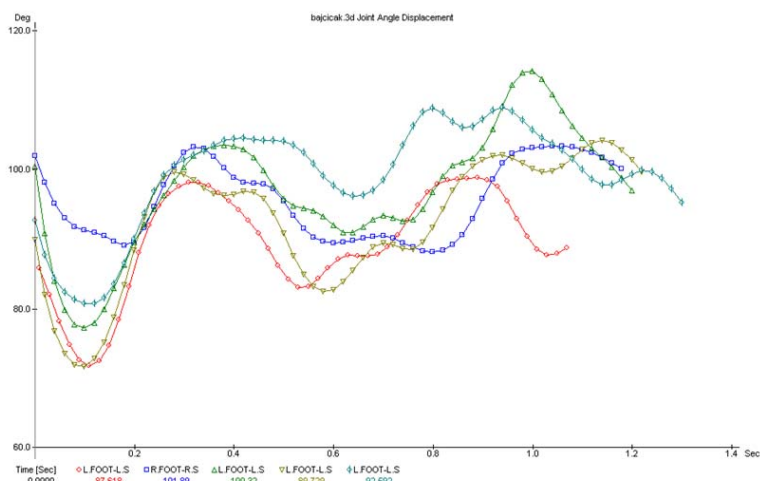


**Graf 3. Průběh úhlových hodnot v levém kolenním kloubu u vybraných závodníků (n = 5)**  
**Graph 3. Course of the angular values in left knee joint of selected competitors (n = 5)**

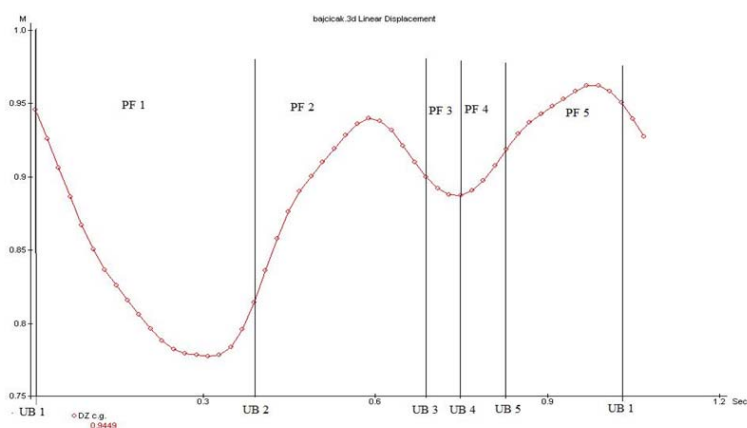
V uzlovém bodě 1 - zapíchnutí holí do sněhu - jsme nenalezli shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), Gnadem, Psotovou (2005) a Ilavským a kol. (2005), neboť začátek švihového pohybu dolní končetiny vpřed předchází zahájení soupažného odpichu. Nedochází však k protipohybu, neboť flexe trupu a přenos hmotnosti těla na hole, které se ještě nezapíchnují 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). Smith a kol. (1996) předpokládali, že větší úhel v loketním kloubu (110 °) při zapíchnutí holí do sněhu umožní větší rozsah flexe 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. To však vyvrací Holmberg a kol. (2005), kteří 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 v loketním kloubu, 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 v loketním kloubu horní končetiny. Nižší úhlová rychlost při flexi horní končetiny nevytváří potřebné napětí m. triceps brachii, což snižuje úhlovou rychlost i v následné koncentrické fázi.

V uzlovém bodě 2 – oddálení holí od sněhu - se neshodujeme s Chovancem a kol. (1983), neboť švihová dolní končetina se dostane do frontální roviny se stojnou dolní končetinou již během pohybové fáze 1. Odpich je dokončen za stehnem



**Graf 4. Průběh úhlových hodnot v levém hlezenním kloubu u vybraných závodníků (n = 5)**  
**Graph 4. Course of the angular values in left ankle joint of selected competitors (n = 5)**



**Graf 5. Přehled uzlových bodů (UB) a pohybových fází (PF) během pohybu těžiště těla ve vertikálním směru u závodníka MB**

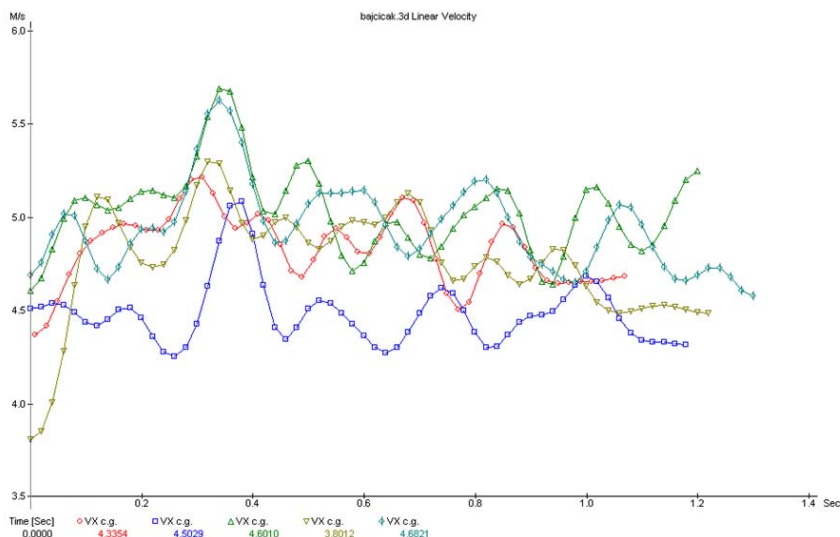
**Graph 5. Summary of node points (UB) and kinetic phases (PF) by movement of gravity centre in vertical direction (competitor MB)**

dolní končetiny, což popisuje také Dvořák a kol. (1992). Největší flexe trupu proběhla již během pohybové fáze 1 a nikoliv až na konci této pohybové fáze, jak popisují Gnad, Psotová (2005). Odpich končí s dolními končetinami pokrčenými v kolenním kloubu ( $140^{\circ}$  -  $149^{\circ}$ ), ale nikoliv s trupem vodorovně s podložkou, jak popisují Soumar, Bolek (2001). Poloha trupu dosahuje  $39^{\circ}$  od horizontály směrem vzhůru.

V uzlovém bodě 5 – oddálení lyže od sněhu - jsme našli shodu s Chovancem a kol. (1983), Soumarem, Bolkem (2001) a Gnadem, Psotovou (2005). Trup je mírně nakloněný vpřed ( $63^{\circ}$  od horizontály směrem vzhůru) a obě hole zatím nejsou v kontaktu se sněhem. Nenalezli jsme shodu s Dvořákem a kol. (1992), neboť nedošlo k maximální extenzi v kolenním ( $148^{\circ}$ ) a hlezenním kloubu ( $106^{\circ}$ ) a mezi stehnem a trupem ( $172^{\circ}$ ) odrazové dolní končetiny.

V pohybové fázi I – skluz s odpichem - 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. Dále jsme nenalezli shodu s Gnadem, Psotovou (2005), neboť položení lyže na sněh probíhá dříve než v okamžiku, kdy paže mijejí při odpichu boky. V první polovině pohybové fáze I dochází k flexi v loketním kloubu na průměrnou minimální hodnotu  $70^{\circ}$  a k následné extenzi, která je dokončena na hodnotě  $156^{\circ}$  -  $162^{\circ}$  až na začátku pohybové fáze II (příloha – graf 1). Nenacházíme tedy shodu s Hottenrottem, Urbanem (2004), podle kterého je úhel v loketním kloubu fixovaný během první poloviny fáze odpichu. Mezi stehnem skluzové dolní končetiny a trupem dochází v první a částečně ve druhé polovině PF I k flexi na průměrnou minimální hodnotu  $90^{\circ}$  a k následné extenzi (příloha – graf 2). Průběh pohybu v kolenním kloubu skluzové dolní končetiny má velké interindividuální rozdíly, ale v malém rozpětí



**Graf 6. Rychlost horizontálního pohybu těžiště těla v jednom pohybovém cyklu (n = 5)**  
**Graph 6. Velocity of horizontal gravity centre movement in one kinetic cycle (n = 5)**

hodnot (do 15 °). Kromě jednoho závodníka dochází u všech k mírné flexi v průměru maximálně o 10 ° v první polovině pohybové fáze I (příloha - graf 3). Úhel v hlezenním kloubu se rovněž snižuje z 94 ° na 78 ° (příloha – graf 4). Současná částečná flexe v kolenním a hlezenním kloubu nemá za následek tzv. přisednutí, neboť dochází k naklonění bérce vpřed. Počáteční flexe v loketním, kyčelním, ale částečně i kolenním a hlezenním kloubu a následná extenze má vliv na excentricko-koncentrickou reakci příslušných svalových skupin, což se projevuje v maximální síle odpichu, která zvyšuje propulzní složku síly (Holmberg a kol., 2005). Flexe trupu navíc pomáhá využít gravitační sílu při přenosu hmotnosti horní části těla do odpichu. V pohybové fázi II se přenos paží s holemi uskutečňuje spíše po přímce než spodním obloukem, jak uvádí Dvořák a kol. (1992).

Z údajů rychlosti pohybu těžiště těla vpřed (příloha – graf 6) 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 (Chovanec, 1976). Odpich se tak stává významnějším hnacím prvkem než odraz.

### Závěr

Technika běhu na lyžích se neustále vyvíjí a přizpůsobuje biomechanickým zákonitostem. V naší studii jsme odhalili současné závodní pojetí soupažného běhu jednodobého, který dostal v průběhu vývoje významných změn. Snahou dnešních běžců na lyžích je maximálně využít propulzní fázi a pokud možno zkrátit fázi, během které se nevyvíjí žádná propulzní síla. V soupažném běhu jednodobém se odpich stává významnějším hnacím prvkem než odraz. K tomu přispívá specifický pohyb flexe – extenze v loketním kloubu, mezi trupem a stehnem a částečně v kolenním a hlezenním kloubu skluzové dolní končetiny během odpichu.

### Literatura

- Dvořák, F. & kol. (1992). *Běh na lyžích*. Praha: Olympia.
- Gnad, T., & Psotová, D. (2005). *Běh na lyžích*. Praha: Karolinum.
- Hindman, S. (2005). *Cross - Country Skiing: Building Skills for Fun and Fitness*, Seattle: The Mountainers Books.
- Hoffman, M., D. & Clifford, P., S. (1992). Physiological aspects of competitive cross-country skiing. *Journal of Sports Science*, č. 10, s. 3 – 27.
- Holmberg, H., CH. & kol. (2005). Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, č. 5, s. 807 - 818.
- Hottenrott, K., & Urban, V. (2004). *Das grosse Buch vom Skilanglauf*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Chovanec, F. (1976). *Běh na lyžích. Technika a metodika*. Praha: SPN.
- Chovanec, F. & kol. (1983). *Běh na lyžích*. Praha: Olympia.
- Ilavský, J. & kol. (2005). *Běh na lyžích. Metodický dopis*. Praha: ČSTV.
- Nesser, T., W. & kol. (2004). Development of upper body power in junior cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, č. 18, s. 63 – 71.
- Nilsson, J. a kol. (2004). Effects of 20s and 180s double poling interval training in cross-country skiers. *European Journal of Applied Physiology*, č. 92, s. 121 – 127.
- Saltin, B. (1997). The physiology of competitive c.c. skiing across a four decade perspective: with a note on training induced adaptations and role of training at medium altitude. In E. Muller, E. Kornel & C. Raschner (eds.). *Science and Skiing*, s. 435 – 469. Cambridge: Chapman & Hall.
- Smith, G., A. a kol. (1996). Double poling kinematics and performance in cross country

skiing. *Journal of Applied Biomechanics*, č. 12, s. 88 – 103.

Soumar, L. & Bolek, E. (2001). *Běh na lyžích*. Praha: Grada.

Staib, J., L. & kol. (2000). Cross-country ski racing performance predicted by aerobic and anaerobic double poling power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, č. 14, s. 282 – 288.

**Mgr. Ing. Roman Horyna**  
**UK FTVS, Katedra sportů v přírodě**  
**J. Martího 31**  
**162 52 Praha 6**  
**+420777615904**  
[romhor@centrum.cz](mailto:romhor@centrum.cz)