

Kinematická analýza vybraného přeskočného „Cukahara“ ve sportovní gymnastice (případová studie)

Kinematics analysis of „Tsukahara“ vault in artistic gymnastics: A case study

Roman Farana¹, František Vaverka²

¹Pedagogická fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě

²Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá problematikou kinematické analýzy sportovní techniky v přeskočném u dvou sportovních gymnastek, členek mládežnické reprezentace České republiky. Cílem příspěvku je porovnat vybrané kinematické parametry v provedení skoku „Cukahara“ s výsledky dříve publikovaných studií provedených na elitních sportovních gymnastkách. Pro 2D rovinnou analýzu byla použita digitální kamera Panasonic NV-MX500EG. Rychlost závěrky kamery byla nastavena na 1/500 s. Kamera byla umístěna kolmo na rovinu pohybu a zaměřena na přeskočkové nářadí. Digitalizace záznamu byla provedena s použitím softwaru SIMI MOTION. Pro posouzení věcné významnosti rozdílů průměrů jsme vycházeli z odhadu koeficientu velikosti vlivu (effect size), vyjádřeného Cohenovým koeficientem účinku d . Výsledky studie umožňují vymezit odchylky ve vybraných kinematických parametrech a technice provedení skoků. Pochopením biomechanických souvislostí v průběhu skoku lze přispět ke splnění základních cílů sportovní biomechaniky – zlepšení techniky, zlepšení tréninku a prevence zranění.

Abstract:

This paper is concerned with kinematics analysis of sport technique of two young female gymnasts, members of Czech Republic junior team. Aim of the study was to compare kinematic variables that governed success of the “Tsukahara” picked vault performed by two young female gymnasts with early studies. Filming was conducted using a 2D digital camera Panasonic NV-MX500EG. Shutter speed was set to 1/500s. Position of camera was perpendicular to vaulting table. Data was digitized using the SIMI MOTION software. Cohen’s coefficient d was used to compare changes in mean of each analyzed variables. Results of study enable to determine errors in chosen kinematics variables and sport technique. Sport biomechanics could improve sport technique, training and minimize injuries.

Klíčová slova: sportovní biomechanika, kinematická analýza, sportovní gymnastika, přeskok, sportovní výkon, sportovní technika

Key words: sports biomechanics, kinematics analysis, artistic gymnastics, vaulting, sport performance, sports technique

Studie vznikla za podpory SGS grantu Ostravské univerzity v Ostravě č. 6109/2010.

ÚVOD

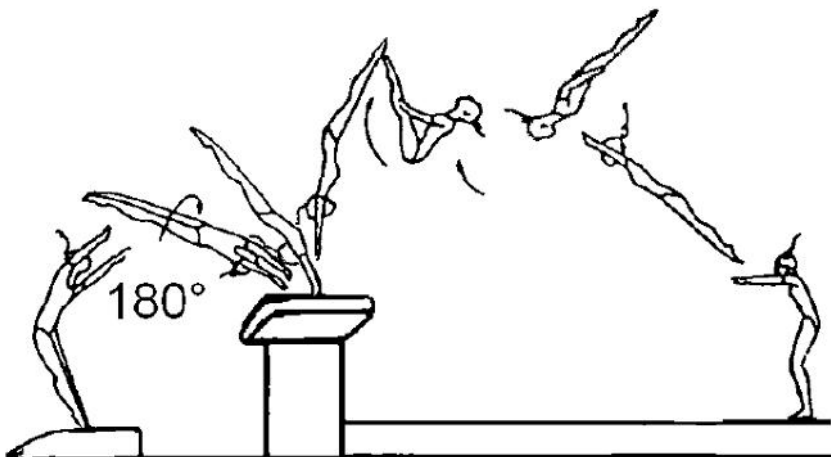
Ve sportovní gymnastice se neustále hledá optimální průběh pohybové akce, aby bylo dosaženo co nejlepšího sportovního výkonu. Každý sportovní výkon má svou specifickou strukturu faktorů ovlivňující jeho provedení. Ve sportovní gymnastice tvoří faktor techniky významnou část sportovního výkonu. Příklad je disciplínou gymnastického víceboje, kde ve velmi krátké době o konečném výkonu rozhoduje řada biomechanických veličin, promítajících se do celkového provedení skoku. Každý skok se skládá z rozběhu, naskoku na můstek a odrazu z můstku, první letové fáze, opory a odrazu z nářadí, druhé letové fáze a doskoku. Vlastní provedení přeskočného trvá krátkou dobu (včetně rozběhu méně než 10 sekund), za kterou lze postihnout celou strukturu pohybu. Na rozdíl od ostatních disciplín gymnastického víceboje je výkon na přeskočném tvořen pouze jednou dovedností - konkrétním skokem. Z tohoto důvo-

du je přeskok nejčastěji zkoumanou a nejlépe pochopitelnou disciplínou (Prassas, Kwon, & Sands 2006). Metody kinematické analýzy pohybu umožňují charakterizovat pohyb sportovních gymnastů a gymnastek měřitelnými exaktními údaji a přinášejí nový zdroj informací o průběhu pohybového děje.

„Cukahara“ je název pro skok skládající se z přemetu s $\frac{1}{4}$ nebo $\frac{1}{2}$ obratem (o 90° – 180°) kolem vertikální osy v první letové fázi a salta vzad i s obraty ve druhé letové fázi (obrázek 1).

Obrázek 1

Rondát a salto vzad schylmo – „Cukahara“ (FIG Code of Points – Women's artistic gymnastics, 2009)



V ženské sportovní gymnastice se kinematické analýze přeskoků z této skupiny věnovalo několik studií (Bajin 1978; Brüggemann 1984; Nelson, Gross, & Street 1985; Sands & Cheetham 1986; Krug, Knoll, Köthe, & Zoicher 1998; Naundorf, Brehmer, Knoll, Bronst, & Wagner 2008). Většina studií vznikla v době, kdy se skákalo přes tradiční přeskokové nářadí (přeskokový kůň) a jsou primárně zaměřeny na kinematické znaky v průběhu skoku. Bajin (1978) a Brüggemann (1984) analyzovali provedení skoku u elitních sportovních gymnastek v tréninkovém prostředí. První studií v podmínkách reálného závodu sportovních gymnastek je práce Nelson, Gross, & Street (1985). Při finále OH 1984 bylo vyšetřováno 16 finálových skoků, z toho 7 ze skupiny „Cukahara“. Výsledkem práce je biomechanický profil přeskoků u elitních sportovních gymnastek zahrnující časové, rychlostní a prostorové parametry v jednotlivých fázích skoku. Problematice rychlostní složky v rozběhové fázi a jejím vlivem na provedení skoku jsou věnovány studie (Sands & Cheetham 1986; Krug et al. 1998; Naundorf et al. 2008). Takei (1990) se zabývá kinematickou analýzou základního převratového skoku přemet vpřed, jehož správné provedení tvoří technický základ pro složitější převratové skoky. S nástupem nového přeskokového nářadí (přeskokový stůl) se změnila i technika provedení skoku. V roce 2001 nahradil tradičního přeskokového koně nový, progresivní přeskokový stůl. První rozsáhlejší studií, zabývající se rozdíly v kinematických parametrech průběhu skoku na obou nářadích, je studie Irwin a Kerwin (2009). Autoři našli signifikantní rozdíly ve fázi vertikální složky rychlosti odrazu z přeskokového stolu.

Domníváme se, že pochopením biomechanických souvislostí v průběhu skoku lze přispět ke splnění základních cílů sportovní biomechaniky – zlepšení techniky, zlepšení tréninku a prevence zranění.

Cílem příspěvku je porovnat vybrané kinematické parametry v provedení skoku „Cukahara“ schylmo, zjištěné u dvou konkrétních gymnastek s výsledky dříve publikovaných studií provedených na elitních sportovních gymnastkách.

METODIKA VÝZKUMU

Základní výzkumnou metodologií práce je případová studie. Hendl (1999) vymezuje případovou studii jako rozbor stavu, vývoje a interakcí s prostředím jednoho nebo více jedinců, kteří se pozorují, dokumentují a analyzují, aby se popsaly a vysvětlily jejich stavy a vztahy k interním a externím ovlivňujícím faktorům.

Charakteristika souboru–jednotlivců

Výzkumný soubor tvořily dvě sportovní gymnastky místního gymnastického klubu (gymnastka 1 - věk 13 let, výška 149 cm, váha 41 kg; gymnastka 2 - věk 13 let, výška 143 cm, váha 38 kg). Obě gymnastky jsou zařazeny do programu pro talentovanou mládež a jsou členkami mládežnického reprezentačního výběru České republiky.

Výzkumná situace

Před začátkem šetření byl zúčastněným gymnastkám poskytnut slovní popis o zaměření a cíli studie. Všem zúčastněným bylo umožněno kdykoliv a z jakýchkoli důvodů z šetření odstoupit.

Šetření proběhlo ve specializované gymnastické tělocvičně místního gymnastického klubu, měsíc před mistrovstvím České republiky ve sportovní gymnastice. Před samotným natáčením bylo gymnastkám umožněno provést dostatečný počet zkušebních pokusů skoku. Při pořizování záznamu bylo zaznamenáno pět „ostrých“ skoků „Cukahara“ v provedení schylmo. Mezi jednotlivými pokusy byl gymnastkám poskytnut potřebný čas na odpočinek (2 - 3 minuty). Jednotlivé skoky byly hodnoceny tříčlenným sborem rozhodčích podle pravidel sportovní gymnastiky platných od 1. 1. 2009. Pro analýzu byly použity tři skoky každé gymnastky, které obdržely podle sboru rozhodčích nejvyšší bodové hodnocení. Protokol šetření byl použit podle Koh et al. (2003).

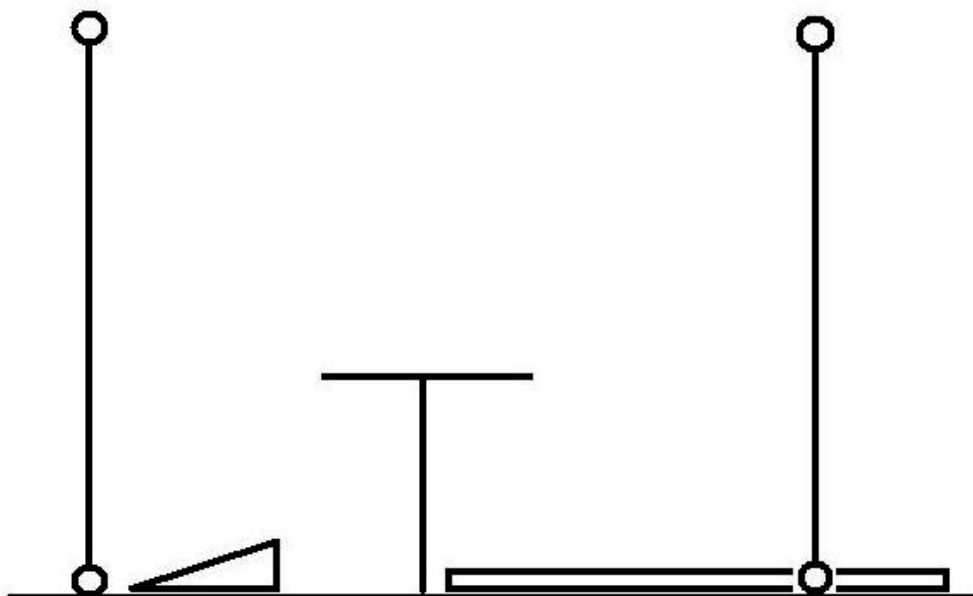
Metody získávání dat

Základní metodou pro získání dat byla kinematografická (videografická) vyšetřovací metoda (Jonura, Zahálka 2004)

Pro 2D rovinnou analýzu byla použita jedna digitální kamera (Panasonic NV-MX500EG, Japan) se snímkovací frekvencí 50 půlsnímků/sek. Rychlost závěrky kamery byla nastavena na 1/500 s. Kamera byla umístěna kolmo na rovinu pohybu a zaměřena na přeskočkové nářadí. Kalibrovanou rovinu jsme vymezili dvěma třímetrovými tyčemi, vzdálenými 6 m od sebe. Kalibrovanou rovinu tvořil virtuální obdélník o rozměrech 3 x 6 m (obrázek 2).

Obrázek 2

Kalibrovaná rovina pro 2D rovinnou analýzu o rozměrech 3 x 6 metrů



Metody zpracování dat

Data získaná 2D kinematografickou (videografickou) vyšetřovací metodou byla digitalizována softwarem SIMI MOTION. Pro digitalizaci záznamu bylo identifikováno 17 bodů: hlava, pravé rameno, pravý loket, pravé zápěstí, pravá ruka, pravá kyčel, pravé koleno, pravý kotník, pravá noha, levé rameno, levý loket, levé zápěstí, levá ruka, levá kyčel, levé koleno, levý kotník, levá noha. Pro určení polohy těžiště těla byl použit Gubitzův model těžiště (1978). Pro každý analyzovaný skok bylo digitalizováno nejméně 65 snímků. Digitalizace začala pět snímků před kontaktem odrazového můstku a končila pátým snímkem po kontaktu doskokové žíněnky. Stick figure diagram průběhu pohybu ukazuje obrázek 3.

Identifikovány a analyzovány byly vybrané časové, rychlostní, prostorové a úhlové parametry v jednotlivých fázích skoku. Při výběru proměnných jsme vycházeli ze studií Bajin (1978), Nelson, Gross, & Street (1985), Li (1998) a Prassas (2002).

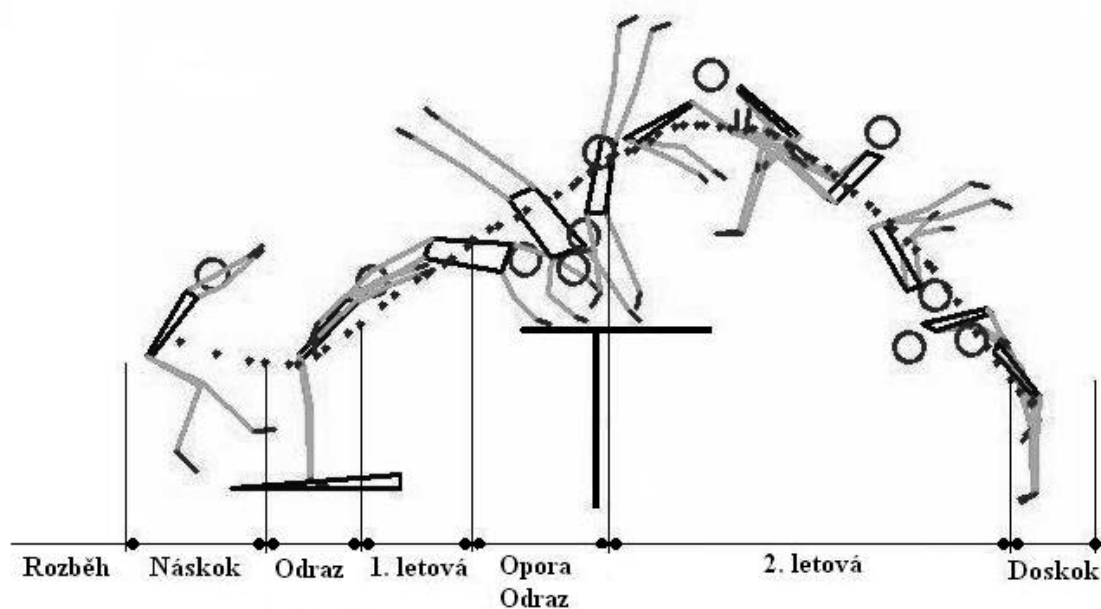
Vyšetřované proměnné

a) časové parametry (s): doba trvání kontaktu s odrazovým můstkem; doba trvání první letové fáze; doba trvání kontaktu s přeskokovým nářadím; doba trvání druhé letové fáze; celková doba trvání skoku

b) rychlostní parametry (m/s): horizontální a vertikální rychlost při kontaktu s odrazovým můstkem; horizontální a vertikální rychlost při odrazu z můstku; horizontální a vertikální rychlost při kontaktu s přeskokovým nářadím; horizontální a vertikální rychlost při odrazu z přeskokového nářadí

c) prostorové parametry (m): maximální vertikální vzdálenost těžiště těla od podložky ve druhé letové fázi; maximální horizontální vzdálenost těžiště těla od přeskokového nářadí při doskoku

d) úhlové parametry (°): úhel sklonu těla od vertikální osy v místě kontaktu s odrazovým můstkem; úhel v místě kontaktu s přeskokovým nářadím mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a horizontální osou; úhel při odrazu z přeskokového nářadí mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a horizontální osou



Obrázek 3

Stick figure diagram průběhu pohybu skoku „Cukahara“ schylmo s vyznačenou trajektorií těžiště těla získaný softwarem SIMI MOTION

Metody vyhodnocování dat

Pro každou vyšetřovanou proměnnou byl u obou gymnastek určen aritmetický průměr a směrodatná odchylka z šesti pokusů ($M \pm SD$). Pro posouzení věcné významnosti rozdílů průměrů jsme vycházeli z odhadu koeficientu velikosti vlivu (ES - *effect size*), vyjádřený Cohenovým koeficientem účinku d (Hendl 2009). Přítomnost odlehlých hodnot byla zkoumána pomocí krabicových grafů (box-plot). Pro statistické zpracování dat byl použit program PASW Statistics 18.

VÝSLEDKY

Nejprve bylo nezbytné ověřit, zda získaná data neobsahují odlehlé hodnoty (outliers). Ověření se realizovalo prostřednictvím softwaru PASW Statistics 18. Pomocí krabicových grafů (box-plot) nebyly nalezeny žádné odlehlé hodnoty.

Časové parametry (s)

Věcná významnost (ES – *effect size*) vyjádřena Cohenovým koeficientem ukázala velký efekt u první letové fáze, fáze opory o přeskočkové nářadí a druhé letové fáze. Nejvyšší hodnota Cohena koeficientu byla zjištěna ve fázi opory o přeskočkové nářadí (tabulka 1). Doba trvání fáze opory o můstek byla $0,11 \pm 0,02$ s, což tvoří přibližně 9 % celkové doby trvání skoku. První letová fáze měla nejkratší dobu trvání $0,08 \pm 0,03$ s (6,5 %). Fáze opory o přeskočkové nářadí trvala $0,33 \pm 0,03$ s (27 %). Nejdelší doba trvání byla zaznamenána ve druhé letové fázi $0,72 \pm 0,03$ s (58 %). Celková doba trvání skoku byla $1,24 \pm 0,04$ s.

Tabulka 1 Základní statistické charakteristiky a hodnocení věcné významnosti (ES) doby trvání (s) jednotlivých fází skoku

Fáze	Studie	N	M	SD	ES
Opora - můstek	Nelson et al. (1985)	7	0,11	0,02	0
	Současná studie	6	0,11	0,02	
1. letová	Nelson et al. (1985)	7	0,16	0,04	2,2
	Současná studie	6	0,08	0,03	
Opora - nářadí	Nelson et al. (1985)	7	0,2	0,03	4,33
	Současná studie	6	0,33	0,03	
2. letová	Nelson et al. (1985)	7	0,77	0,05	1,25
	Současná studie	6	0,72	0,03	
Celkem	Nelson et al. (1985)	7	1,25	0,03	0,28
	Současná studie	6	1,24	0,04	

Legenda: N = počet vyšetřovaných skoků, M = průměrná hodnota, SD = směrodatná odchylka, ES = index velikosti vlivu (*effect size*)

Rychlostní parametry (m/s)

U horizontální složky rychlosti byly zjištěny věcně významné rozdíly ve fázi kontaktu s odrazovým můstkem a ve fázi kontaktu a odrazu z přeskočkového nářadí. Střední efekt byl zaznamenán ve fázi odrazu z můstku (tabulka 2). Gymnastky v naší studii naskakovaly na můstek s horizontální rychlostí $5,88 \pm 0,29$ m/s a odraz provedly s horizontální rychlostí $5,18 \pm 0,39$ s. Na přeskočkový stůl dohmátly s horizontální rychlostí $4,59 \pm 0,19$ m/s a odraz provedly s horizontální rychlostí $3,19 \pm 0,3$ m/s.

Tabulka 2 Základní statistické charakteristiky a hodnocení věcné významnosti (ES) horizontální rychlosti (m/s) v jednotlivých fázích skoku

Fáze	Studie	N	M	SD	ES
Kontakt - můstek	Nelson et al. (1985)	7	6,76	0,75	1,49
	Současná studie	6	5,88	0,29	
Odraz - můstek	Nelson et al. (1985)	7	4,9	0,49	0,62
	Současná studie	6	5,18	0,39	
Kontakt - nářadí	Nelson et al. (1985)	7	4,9	0,49	0,8
	Současná studie	6	4,59	0,19	
Odraz - nářadí	Nelson et al. (1985)	7	3,53	0,43	0,9
	Současná studie	6	3,19	0,3	

Legenda: N = počet vyšetřovaných skoků, M = průměrná hodnota, SD = směrodatná odchylka, ES = index velikosti vlivu (effect size)

Vertikální složka rychlosti vykazovala velké efekty ve všech čtyřech analyzovaných fázích skoku (tabulka 3). Při kontaktu s odrazovým můstkem byla hodnota vertikální složky rychlosti $-0,45 \pm 0,29$ m/s, odraz byl proveden s vertikální rychlostí $3,83 \pm 0,23$ m/s. Gymnastky dohmátly na přeskokový stůl s vertikální rychlostí $2,82 \pm 0,48$ m/s. Při odraze dosáhla vertikální složka rychlosti hodnoty $1,46 \pm 0,24$ m/s.

Tabulka 3 Základní statistické charakteristiky a hodnocení věcné významnosti (ES) vertikální rychlosti (m/s) v jednotlivých fázích skoku

Fáze	Studie	N	M	SD	ES
Kontakt - můstek	Nelson et al. (1985)	7	-0,76	0,3	1,03
	Současná studie	6	-0,45	0,29	
Odraz - můstek	Nelson et al. (1985)	7	3,59	0,23	0,9
	Současná studie	6	3,83	0,3	
Kontakt - nářadí	Nelson et al. (1985)	7	2	0,5	1,67
	Současná studie	6	2,82	0,48	
Odraz - nářadí	Nelson et al. (1985)	7	2,37	0,49	2,3
	Současná studie	6	1,46	0,24	

Legenda: N = počet vyšetřovaných skoků, M = průměrná hodnota, SD = směrodatná odchylka, ES = index velikosti vlivu (effect size)

Prostorové parametry (m)

Prostorové parametry jsou vyjádřeny maximální vzdáleností těžiště těla od podložky (vertikální vzdálenost) a vzdáleností těžiště těla od přeskokového nářadí při doskoku (horizontální vzdálenost). U horizontální i vertikální vzdálenosti těžiště těla byla zjištěna velká hodnota efektu. Průměrná hodnota maximální horizontální vzdálenosti těžiště těla od přeskokového nářadí při doskoku byla $2,07 \pm 0,19$ m. Maximální vertikální vzdálenost těžiště těla od podložky během druhé letové fáze dosahovala $2,14 \pm 0,07$ m.

Tabulka 4 Základní statistické charakteristiky a hodnocení věcné významnosti (ES) vzdálenosti těžiště těla v jednotlivých fázích skoku

Vzdálenost	Studie	N	M	SD	ES
Horizontální	Nelson et al. (1985)	7	2,52	0,31	1,8
	Současná studie	6	2,07	0,19	
Vertikální	Nelson et al. (1985)	7	2,27	0,13	3,8
	Současná studie	6	2,14	0,07	

Legenda: N = počet vyšetřovaných skoků, M = průměrná hodnota, SD = směrodatná odchylka, ES = index velikosti vlivu (effect size). Horizontální vzdálenost určuje délku druhé letové fáze. Vertikální vzdálenost určuje maximální výšku druhé letové fáze.

Úhlové parametry (°)

U úhlových parametrů nebyla určena velikost vlivu (effect size), jelikož jsme z dřívějších studií (Bajin 1978; Li 1998; Prassas 2002) neznali průměrné hodnoty a směrodatné odchylky. V naší studii dosahoval úhel sklonu těla od vertikální osy v místě kontaktu s odrazovým můstkem hodnoty $30,2 \pm 5,31^\circ$. Úhel v místě kontaktu s přeskočným náradím mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a horizontální osou svíral $40,77 \pm 3,37^\circ$. Hodnota úhlu při odrazu z přeskočného náradí mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a horizontální osou byla $98,65 \pm 1,67^\circ$.

Tabulka 5 Úhlové parametry (°) v jednotlivých fázích skoku

	Kontakt - můstek	Kontakt - náradí	Odraz - náradí
Bajin (1978)	*	26 - 41	86 - 100
Li (1998)	*	35 - 45	82 - 90
Prassas (2002)	30	*	*
Současná studie	$30,2 \pm 5,31$	$40,77 \pm 3,37$	$98,65 \pm 1,67$

Legenda: * Úhlové hodnoty výsledky studií neuvádějí

Z uvedených výsledků vyplývá, že sportovní gymnastky z naší studie měly v porovnání s dříve publikovanými studiemi:

- nižší horizontální rychlost ve fázi náskoku na můstek
- vyšší vertikální rychlost ve fázi odrazu z můstku a kontaktu přeskočného náradí
- nižší horizontální rychlost ve fázi kontaktu přeskočného náradí
- vyšší ztrátu horizontální a vertikální rychlosti ve fázi opory o přeskočové náradí
- delší dobu trvání fáze opory o přeskočové náradí
- nižší horizontální a vertikální rychlost ve fázi odrazu z přeskočného náradí
- větší úhel mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a horizontální osou při odrazu z přeskočného náradí (odraz byl dokončen za pozicí stoje na rukou)
- nižší maximální vertikální vzdálenost těžiště těla během druhé letové fáze
- kratší horizontální vzdálenost těžiště těla od přeskočného náradí při doskoku
- kratší dobu trvání druhé letové fáze

DISKUSE

Cílem příspěvku bylo porovnat vybrané kinematické znaky skoku „Cukahara“ v provedení schylmo zjištěné u dvou gymnastek s výsledky dříve publikovaných studií provedených u elitních sportovních gymnastek. K hodnocení věcné významnosti rozdílů průměrů jsme použili Cohenův index *d*. Jak uvádí Hendl (2009) je při posuzování velikosti účinku (effect size) nutné si uvědomit, že posouzení, jaký účinek lze považovat za velký, závisí na kontextu. Hranice navržené Cohenem jsou do jisté míry zdůvodněné, ale nemají absolutní platnost. V této studii nám šlo o prokázání věcné (praktické) význam-

nosti mezi námi zjištěnými daty s výsledky studií, které jsou v problematice kinematické analýzy přeskoků ve sportovní gymnastice považovány za stěžejní. Nicméně je nutné poukázat na jisté omezení studie, protože některé z dřívějších studií vznikly v době, kdy se skákalo přes tradiční přeskokové nářadí (přeskokový kůň). Některé závěry tak mohou být touto skutečností ovlivněny.

Při sledování časových parametrů jsme zjistili věcnou významnost v první letové fázi, fázi opory o přeskokové nářadí a druhé letové fázi. Ve fázi opory o odrazový můstek byly zjištěné hodnoty vyrovnané s dřívější studií Nelson et al. (1985). Doba trvání první letové fáze v naší studii dosahovala průměrné hodnoty $0,08 \pm 0,03$ s, což jsou hodnoty nižší, než $0,16 \pm 0,04$ s uváděné Nelson et al. (1985). To může být způsobeno faktem, že gymnastky se snaží co nejrychleji dohmátnout přední rukou na přeskokový stůl, čímž zkracují dobu trvání první letové fáze. Bajin (1978) upozorňuje na fakt, že během první letové fáze musí gymnastka disponovat dostatečným časem, aby byla schopna dokončit obrat alespoň o 90° . Velký efekt jsme zjistili ve fázi opory o přeskokové nářadí. Gymnastky dosahovaly hodnoty doby trvání kontaktu s přeskokovým nářadím $0,33 \pm 0,03$ s, což je o $0,13$ s více než uvádí Nelson et al. (1985). Nicméně pro správné provedení skoku je důležité minimalizovat dobu trvání kontaktu s přeskokovým nářadím (Brüggemann 1984; Prassas 2002). Také Bajin (1978) uvádí, že doba trvání mezi dohmatem přední a zadní ruky na přeskokové nářadí musí být co nejkratší. Nelson et al. (1985) zjistili dobu trvání druhé letové fáze $0,77 \pm 0,05$ s, což se ukázalo jako věcně významný rozdíl s námi zjištěnými hodnotami $0,72 \pm 0,04$ s. Pro včasné dokončení salta vzad během druhé letové fáze a bezpečný doskok je výhodné, aby měla druhá letová fáze delší dobu trvání. Celková doba trvání skoku neukazovala významné rozdíly.

U horizontální složky rychlosti byly zjištěny věcně významné rozdíly ve fázi kontaktu s odrazovým můstkem, fázi kontaktu a odrazu z přeskokového nářadí. Gymnastky z naší studie naskakovaly na odrazový můstek průměrnou rychlostí $5,88 \pm 0,29$ m/s, což je o $0,88$ m/s nižší hodnota než uvádí Nelson et al. (1985), o $1,4$ m/s nižší než zjistili Krug et al. (1998) a o $1,31$ m/s nižší než uvádí Sands (2000). Při optimálním náskoku na můstek dochází k minimalizaci ztráty horizontální složky rychlosti získané rozběhem. Ve fázi odrazu z můstku jsme zjistili střední efekt.

Gymnastky z naší studie provedly odraz s vyšší horizontální rychlostí $5,18 \pm 0,39$ m/s než $4,9 \pm 0,49$ m/s, které zjistili Nelson et al. (1985). Ve fázi kontaktu a odrazu z přeskokového nářadí došlo k velké ztrátě horizontální rychlosti, což mělo za následek kratší horizontální vzdálenost těžiště těla při doskoku. Gymnastky v naší studii dosáhly vyšší hodnoty vertikální rychlosti ve fázi odrazu z můstku a kontaktu s přeskokovým nářadím. Poměrně vysokou horizontální i vertikální rychlost při odrazu z můstku si vysvětlujeme konstrukcí moderních odrazových můstků, které svými vlastnostmi umožňují maximalizovat obě složky rychlosti. Nicméně ve fázi odrazu z nářadí nedokázaly gymnastky maximalizovat vertikální rychlost, což znamenalo výrazně nižší maximální vertikální vzdálenost těžiště těla během druhé letové fáze. Irwin a Kerwin (2009) zjistili, že zavedením nového přeskokového stolu významně vzrostla vertikální složka rychlosti ve fázi odrazu z nářadí. Maximalizaci vertikální rychlosti při odrazu lze považovat za podmínku úspěšného provedení druhé letové fáze.

U sledovaných úhlových parametrů nebyla určena velikost vlivu (effect size), jelikož jsme z dřívějších studií (Bajin 1978; Li 1998; Prassas 2004) znali pouze průměrné hodnoty a směrodatné odchylky. Ve chvíli kontaktu s odrazovým můstkem je tělo gymnasty nakloněno mírně vzad od původní vertikální osy, která je kolmá na osu horizontální. Podle Prassase (2002) je hodnota úhlu v místě kontaktu s můstkem mezi vertikální osou procházející těžištěm těla a původní vertikální osou přibližně 30° . V naší studii jsme zjistili podobné hodnoty, a to $30,2 \pm 5,31^\circ$. Ve fázi kontaktu s přeskokovým nářadím musí paže dopadat na nářadí pod ostrým úhlem. Bajin (1978) uvádí úhel u skoku „Cukahara“ v rozmezí 35° – 45° , což jsou podobné hodnoty jako $40,77 \pm 3,37^\circ$, které jsme zjistili v naší studii. U převrátových skoků je nutné dokončit odraz z přeskokového nářadí téměř v poloze stoje na rukou (Takei 1990). Podle Bajina (1978) se úhel mezi horizontální osou a vertikální osou procházející těžištěm těla pohybuje v rozmezí 86° – 100° . Naproti tomu Li (1998) zjistil, že pokud úhel při odrazu z nářadí překročí 90° , snižuje se vertikální vzdálenost těžiště těla od podložky ve druhé letové fázi i horizontální vzdálenost při doskoku. Optimální úhel při odrazu z přeskokového nářadí je 82° (Li 1998). V naší studii proved-

ly gymnastky odraz z přeskokového náradí pod úhlem $98,65 \pm 1,67^\circ$, což vedlo ke snížení obou složek rychlostí, nižší vertikální vzdálenosti těžiště těla během druhé letové fáze a kratší horizontální vzdálenosti těžiště těla při doskoku.

ZÁVĚRY

Studie byla provedena na dvou sportovních gymnastkách, které předvedly celkem šest přeskoků „Cukahara“ schylmo, u kterých byly vyšetřovány vybrané kinematické parametry v jednotlivých fázích skoku. Na základě výsledků práce jsme se pokusili vymezit odchylky v provedení skoků, přičemž jsme vycházeli z hodnot věcné významnosti (effect size) vyjádřených Cohenovým koeficientem velikosti účinku d .

Praktické závěry studie

Gymnastky z naší studie dokázaly efektivně využít rozběhem získanou rychlost při odrazu z můstku, což vedlo k minimalizaci ztráty horizontální rychlosti a maximalizaci vertikální složky rychlosti. Chyba nastala ve fázi kontaktu s přeskokovým náradím. Delší doba trvání oporové fáze měla za následek velkou ztrátu horizontální i vertikální složky rychlosti. Odraz z přeskokového náradí byl proveden za polohou stoje na ruce, s nízkou horizontální i vertikální rychlostí. To mělo za následek nižší vertikální vzdálenost těžiště těla v průběhu druhé letové fáze a kratší horizontální vzdálenost při doskoku. Gymnastky neměly dostatečný čas pro dokončení rotace saltového prvku v průběhu druhé letové fáze. Všechny doskoky byly provedeny do hlubokého dřepu nebo předklonu, což bylo sborem rozhodčích posouzeno jako střední či velká chyba v provedení.

Teoretické závěry studie a možnosti dalšího výzkumu

Výsledky studie přinesly některé závěry, které mohou být prospěšné při teoretické přípravě trenérů sportovní gymnastiky. Ze závěrů studie vyplývá, že úspěšné provedení skoku závisí na horizontální rychlosti dosažené v rozběhové fázi. Ve fázi naskoku na můstek a při odrazu z můstku je nutné minimalizovat ztrátu horizontální rychlosti a maximalizovat vertikální složku rychlosti. Odraz vykonat v krátkém časovém intervalu při zachování plného rozsahu pohybu (extenze v kolenním a hlezenním kloubu). Ve fázi kontaktu a odrazu z přeskokového náradí minimalizovat ztrátu horizontální složky rychlosti a maximalizovat vertikální složku rychlosti. Při skocích musí paže dopadat na náradí pod ostrým úhlem. Minimalizovat dobu trvání kontaktu s přeskokovým náradím a odraz dokončit téměř v poloze stoje na ruce. Tím je získána dostatečná výška těžiště těla od podložky ve druhé letové fázi, doba trvání druhé letové fáze a horizontální vzdálenost od náradí při doskoku.

S nástupem nového přeskokového náradí a změnou pravidel předvádějí sportovní gymnasté a gymnastky složitější přeskoky, což klade nároky na techniku provedení. Větší oporná plocha a nový tvar přeskokového stolu má za následek změny v obtížnosti předváděných skoků (Sands, Caine, & Borms 2003). Rand (2003) uvádí, že tyto změny zkracují dobu učení novým dovednostem a umožňují složitější a progresivnější skoky. Klíčovou roli v současném provedení přeskoků hraje rotační pohyb. Sportovní gymnasté a gymnastky provádějí ve druhé letové fázi saltové prvky s vícenásobnými rotacemi vůči horizontální či vertikální ose těla, nebo vůči všem uvedeným hlavním osám současně. V současné době chybí v tréninkové praxi nejnovější poznatky řešící problematiku vzniku a kontroly rotačního pohybu v přeskoku. Domníváme se, že tato problematika je hlavním tématem pro náš další výzkum v této oblasti.

Literatura

- BAJIN, B. Three Tsukahara vaults. *International Gymnast*, 1978, roč. 20, č. 6, s. 58-59. ISSN 0891-6616.
- BRÜGGEMANN, G.P. Biomechanical analysis of selected vaults on the long horse. In J. Trreauds (ed.). *Science in Gymnastics*. Del Mar: Academic Publisher, 1984, s. 9-24.
- FEDERATION INTERNATIONALE DE GYMNASTIQUE. *Code of Points – Women's artistic gymnastics*. Lucerne, Switzerland: Rueber, 2009.
- HENDL, J. *Úvod do kvalitativního výzkumu*. Praha: Karolinum, 1999. ISBN 80-246-0030-7.

- HENDL, J. *Přehled statistických metod: Analýza a metaanalýza dat* (3rd ed.). Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-482-3.
- JANURA, M.; ZAHÁLKA, F. *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2004. ISBN 80-244-0930-5.
- IRWIN, G.; KERWIN, D.G. The influence of the vaulting table on the handspring front somersault. *Sports Biomechanics*, 2009, roč. 8, č. 2, s. 114-128. ISSN 1476-3141.
- KOH, M.; JENNINGS, L.; ELLIOTT, B.; LLOYD, D. A prediction of an optimum technique for the women's Yurchenko layout. *Journal of Applied Biomechanics*, 2003, roč. 19, č. 3, s. 187-204. ISSN 1065-8483.
- KOH, M.; SUJAE, J.H. Understanding Technique Differences of the Women's Yurchenko Layout Vault-A Case study of a Local South-East Asian Games Level Gymnast. *Asian Journal of Exercise & Sports Science*, 2005, roč. 2, č. 1, s. 49-55. ISSN 1975-2938.
- KRUG, J.; KNOLL, K.; KÖTHE, T.; ZOCHER, D.H. Running approach velocity and energy transformation in difficult vaults in gymnastics. In *XVI International Symposium of biomechanics in sports*. Konstanz - Germany, 1998. ISSN 1999-4168.
- LI, S. Main technical analyse of the motion trajectory influencing the horse-vaulting movement. In *XVI International Symposium of biomechanics in sports*. Konstanz - Germany, 1998. ISSN 1999-4168.
- NAUNDORF, F.; BREHMER, S.; KNOLL, K.; BRONST, A.; WAGNER, R. Development of velocity for vault runs in artistic gymnastics for last decade. In *XXVI International Symposium of biomechanics in sports*. Seoul - Korea, 2008.
- NELSON, R.C.; GROSS, T.S.; STREET, G.M. Vaults Performed by Female Olympic Gymnasts: A Biomechanical Profile. *International journal of sport biomechanics*, 1985, roč. 1, č. 2, s. 111-121. ISSN 0740-2082.
- PRASSAS, S. Vaulting mechanics. In *XX International Symposium of biomechanics in sports*. Caceres - Spain, 2002.
- PRASSAS, S.; KWON, Y.H.; SANDS, W.A. Biomechanical reasearch in artistic gymnastics: A review. *Sports biomechanics*, 2006, 5, 2, 261-291. ISSN 1476-3141.
- RAND, T. New vaulting table. *Technique*, 2003, roč. 23, č. 1, s. 9-10. ISSN 0748-5999.
- SANDS, W.A. Vault run speed. *Technique*, 2000, roč. 20, č. 4, s. 5-8. ISSN 0748-5999.
- SANDS, W.A.; CHEETHAM, P.J. Velocity of the vault run: Junior elite female gymnasts. *Technique*, 1986, roč. 6, s. 10-14. ISSN 0748-5999.
- SANDS, W.A.; CAINE, D.J.; BORMS, J. *Scientific aspects of women's gymnastics*. S. Karger Publisher, 2003. ISBN 3-8055-7476-2.
- TAKEI, Y. Technique used by elite women gymnasts performing a handspring vault at the 1987 Pan American Games. *International journal of sport biomechanics*, 1990, roč. 6, č. 1, s. 29-55. ISSN 0740-2082.