



## KINEMATIČKA POVEZANOST PREMETA NAPRIJED S METODIČKIM POSTUPCIMA UČENJA FAZE LETA

### KINEMATIC CONNECTION OF FORWARD HANDSPRING WITH LEARNING METHODS OF FLIGHT PHASE

Kamenka Živčić Marković

Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet

Corresponding author: Kamenka Živčić Marković, Horvaćanski zavoj 15, kamenka.zivcic@kif.hr

#### SAŽETAK

Cilj ovoga istraživanja je da se na osnovu relevantnih kinematičkih parametara utvrdi povezanost metodičkih postupaka s učenjem faze leta u premetu naprijed sunožnim doskokom. U istraživanju je sudjelovao jedan ispitanik, vrhunski gimnastičar koji je izvodio premet naprijed kao i njemu pripadajuće metodičke postupke učenja faze leta. Uz premet naprijed sunožnim doskokom analizirano je šest metodičkih postupaka koji se mogu smatrati najprimjerenijima za obuku faze leta. Za analizu i usporedbu faze leta metodičkih postupaka s fazom leta u premetu odabrane su kinematičke varijable karakteristične za ovu fazu izvedbe. Snimanje video materijala izvršeno je s dvije VHS video kamere, brzinom od 60 slika u sekundi. Procesiranje podataka izvršeno je u APAS (Ariel Performance Analysis System) programu. Provjera biomehaničke opravdanosti analiziranih metodičkih postupaka izvršena je hijerarhijskom klaster analizom.

Rezultati su pokazali vrlo visoku statistički značajnu povezanost, obzirom na prostorne i vremenske parametre karakteristične za izvedbu leta, između svih analiziranih pripadajućih vježbi za obuku premeta naprijed s finalnom kretnom strukturom. Primjena ovakvih istraživanja moguća je i preporučljiva kod selektivnih kategorija, gdje bi se sistematičnim i pravovremenim sukcesivnim provođenjem mogao utvrditi eventualni krivi pristup u metodici obuke osnovnih gimnastičkih elemenata koji služe kao baza za daljnju nadogradnju i učenje elemenata viših i visokih težinskih vrijednosti.

*Ključne riječi: biomehanička analiza, premet naprijed, sportska gimnastika, metodičke vježbe*

#### SUMMARY

The aim of this study was to determine the correlation of methodological procedures of learning the flight phase in the forward handspring.

The study was conducted on one top level gymnast, who performed the forward handspring as well as the methodological methods of learning the flight phase. Forward handspring and six exercises which are chosen for analyses were considered the most suitable for flight phase. For the analysis and comparison of the flight phases of methodical exercises with the flight phase of the forward handspring, most important kinematic variables are chosen. Video recording was performed with two VHS video cameras at a speed of 60 frames per second. Data processing was performed in the APAS (Ariel Performance Analysis System) program. For data processing was used cluster analysis.

The results showed a very high statistically significant correlation, between all analyzed methodical exercises for the flight phase with the forward handspring flight phase. The application of such research is possible and advisable at selective categories, where the systematic and timely successive implementation could determine the eventual wrong approach in the methodology of training of basic gymnastic elements that serve as the basis for further upgrading and learning elements of high degree of difficulty value.

*Key words: biomechanical analysis, forward handspring, artistic gymnastics, methodical exercises*

## UVOD

Sportska gimnastika je sport koji se odlikuje lijepo oblikovanim složenim kretanjama u kojima se tijelo premješta raznom brzinom u nejednakom vremenskom trajanju, u različitim smjerovima, bez tendencije za ponavljanjem istih pokreta (39). Svaka je kretnja precizno opisana i razvrstana u određenu skupinu prema formi, složenosti i mogućnosti izvođenja na pojedinoj gimnastičkoj spravi. Danas je poznato na stotine gimnastičkih elemenata i njihovih kombinacija (23) a broj se i dalje povećava osmišljanjem novih, sve težih i složenijih. Kvaliteta izvedbe svakog pojedinog elemnta (i vježbe) procjenjuje se na osnovu tri čimbenika: amplitudi kretanja centra težišta tijela (CG) koja definira tehničku komponentu; a amplitude između pojedinih segmenata tijela te prostorno – vremenska usklađenost kinematičkih pokazatelja tijekom izvedbe definiraju estetsku i funkcionalnu komponentu. Iz toga razloga sve je veći značaj biomehaničkih istraživanja tehnike gimnastičkih elemenata. Njima sportaši i treneri dobivaju neophodne informacije za korekciju eventualnih grešaka koje dovode do boljih rezultata i smanjenja broja povreda na treninzima (15, 17, 29). Biomehanički modeli gimnastičkih elemenata daju uvid u mehaniku kretanja i predstavljaju bazu za trenere, koja im omogućava bolje učenje tehnike pojedinog elementa. Mogućnost vizualne detekcije grešaka u izvođenju je manja od one koja je moguća kinematičkom analizom elemenata (35). Ovakvi modeli se koriste prilikom istraživanja novih elemenata i novih tehnika (14, 29, 31).

Biomehaničke analize u sportskoj gimnastici su brojne, no vrednovanje kvalitete izvedbe gimnastičkih elemenata uglavnom se zasniva na definiranju tehnike (29), usporedbi različitih tehnika (16, 2) preciziranju greška u izvedbi (2, 8, 19, 20) definiranju biomehaničkih karakteristika gimnastičkih sprava (24, 31) identificiranju i utjecaju na sprečavanje ozljeđivanja vježbača (25, 26, 6) kao i brzom dobivanju povratnih informacija (1, 3, 18).

U sportskoj gimnastici osnova je trenažnog procesa da gimnastičar nauči svaki gimnastički element što bliže propisanom načinu izvedbe, odnosno da tehničku kvalitetu dovede do perfekcije. Zato se učenje temelji na preciznom odabiru specifičnih pripremnih i metodičkih vježbi. Jedan od najvažnijih dijelova je izbor vježbi kojima će se najbrže naučiti određeni element s ciljem smanjenja rizika od ozljeđivanja. Učenje započinje s bazičnim elementima. Bez poznavanja njihove tehnike nemoguće je savladati tehnički složenije i zahtjevnije elemente. Biomehanička istraživanja koja se bave tom problematikom su rijetka (7, 33, 27). Svrha

im je omogućavanje brze i uspješne interakcije između trenera i vježbača, ujedno i brži napredak. Stoga, cilj ovoga istraživanja bio je da se na osnovu relevantnih kinematičkih parametara utvrdi povezanost metodičkih postupaka s učenjem faze leta u premetu naprijed sunožnim doskokom.

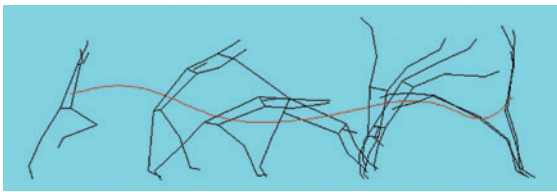



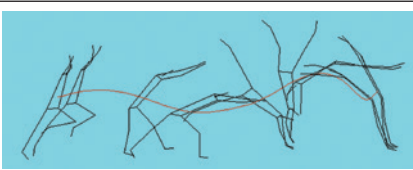

## ISPITANICI I METODE

U svrhu ovoga istraživanja odabran je bazični akrobatski element – premet naprijed kao i njemu pripadajući metodički postupci učenja faze leta. Demonstraciju analiziranih elemenata izveo je gimnastičar visokog kvalitativnog ranga, višestruki prvak Hrvatske, natjecatelj na Evropskim, Svjetskim prvenstvima te na Olimpijskim igrama. Ispitanik se kao elitni gimnastički natjecatelj, po svojim antropometrijskim karakteristikama uklapao u model vrhunskih svjetskih gimnastičara (visina 161 cm, masa tijela 59 kg).

Snimanje video materijala izvršeno je s dvije VHS video kamere, brzinom od 60 slika u sekundi. Svaki metodički postupak lociran je na isti način, u trenutku kontakta stopala s podlogom, pri čemu su kamere bile pozicionirane pod kutom od 45o u odnosu na os koja je okomita na smjer kretanja ispitanika, a koja prolazi kroz vertikalnu mjestu odraza. Objektivni kamera, nalazili su se u visini kukova ispitanika. Sva gibanja izvodila su se u istom pravcu kretanja. Procesiranje podataka izvršeno je prema standardima APAS procedure (Ariel Performance Analysis System). Provelo se kroz faze koje nameće sama procedura: digitalizaciju video zapisa i referentnih točaka tijela, transformaciju u trodimenzionalni prostor, filtriranje podataka i izračunavanje kinematičkih veličina.

Uz premet naprijed sunožnim doskokom analizirano je šest metodičkih postupaka koji se mogu smatrati najprimjerenijima za obuku faze leta (slika 1): BRIDGE, UNSWIN, FHLHS, FHHHS, FHPBS i FHPOM. Za analizu i usporedbu faze leta metodičkih postupaka s fazom leta u premetu odabrane su kinematičke varijable karakteristične za ovu fazu izvedbe (tablica 1).

Provjera biomehaničke opravdanosti analiziranih metodičkih postupaka, koji su namijenjeni učenju faze leta, izvršena je hijerarhijskom klaster analizom (Wardova metoda na temelju euklidskih distanci). Dobiveni rezultati su dendrogrami koji oslikavaju cijeli tijek hijerarhijskog stvaranja skupina metodičkih postupaka i razinu na kojoj se objekt pridružio skupini na temelju svoje analognosti. Rezultati, kao i grafički prikaz dobivenih rezultata obrađeni su programskim paketom STATISTIC 5.0 za Windows.

<b>PREMET NAPRIJED (PREMET)</b>	
<b>NEZIV METODIČKE VJEŽBE</b>	<b>KINOGRAM METODIČKE VJEŽBE</b>
1 Prevlačenje kroz most preko leđa suvježbača (KMOST)	
3 Premet naprijed s povišenja iz mjesta (PNSPO)	
4 Premet naprijed poskokom s povišenja (PNPOSP)	
5 Premet naprijed odzivom s odrazne daske doskokom na debelu strunjaču (PNDAS)	
6 Premet naprijed odzivom odzivom i doskokom na debelu strunjaču (PNBLA)	

Slika 1. Kinogrami premeta naprijed i metodičkih vježbi za učenje faze leta

Figure 1. Kinograms of forward handspring and methodical exercises for learning the flight phase

Tablica 1. Prostorni i vremenski kinematički parametri

Table 1. Spatial and time kinematic parameters

<b>KINEMATIČKI PARAMETRI</b>	<b>SKRAČENICA</b>	<b>MJERA</b>
Visina CT tijela u fazi odriva	CTYODRIV	cm
Maksimalna visina CT tijela u fazi leta	CTYMLET	cm
Duljina leta (CTT)	CTXLET	cm
Vrijeme trajanja leta	VRTRLET	s
Visina CT tijela u trenutku doskoka	CGYDOS	cm
Kut u zglobu koljena	AKMLET	stupanj
Kut u zglobu kuka	AKUMLET	stupanj
Kut u zglobu ramena	ARMLET	stupanj
Vertikalna brzina CTT u fazi leta	VCTYLET	m/s
Horizontalna brzina CTT u fazi leta	VCTXLET	m/s

CTT (CT) – centar težišta tijela

## REZULTATI I DISKUSIJA

Premet naprijed akrobatski je element koji se u natjecateljskoj gimnastici već dugi niz godina koristi kao jedan od osnovnih, početnih, elemenata u vezama s drugim akrobatskim elementima s rotacijom tijela prema naprijed. Njegova tehnička vrsnost opisana je od strane većeg broja autora (5, 9, 13, 21, 39, 40) dok su znanstvene studije koje se odnose na analizu kinematičkih i kinetičkih komponenti, odnosno biomehaničkih karakteristika izvedbe, vrlo rijetke u odnosu na ostale gimnastičke elemente (10, 40). Iz toga razloga, u ovom istraživanju bilo je teško izvršiti usporedbu dobivenih rezultate s rezultatima u ostalim istraživanjima. Niz biomehaničkih istraživanja premeta naprijed provela je Živčić, koja su na osnovu kinematičke deskripcije tehnike premeta naprijed (41) bila usmjerena na utvrđivanje pogrešaka u izvedbi (36), usporedbu različitih tehnika izvedbe (37), utvrđivanje međusobne povezanosti metodičkih postupaka s premetom naprijed (33) kao i definiranje ključnih kinematičkih parametara faze odraza (push-off phase) (35). Istraživanja su vršena s ciljem prikaza jednog od načina dijagnosticiranja i znanstvenog verificiranja metodičkih postupka učenja gimnastičkog elementa upotrebom biomehaničke analize (34).

Amplituda kretanja CT tijela u fazi leta direktni je rezultat prethodne faze, odnosno faze odriva (odraza rukama od podloge). Premet naprijed primarno je orijentiran na brzu rotaciju tijela prema naprijed te iz toga razloga fazu leta ne karakterizira daljnje znatnije podizanje CT tijela. Tijekom leta, CT tijela kreće se po pravilnoj, paraboličnoj trajektoriji s minimalnom (neznatnom) vertikalnom oscilacijom od 2 cm

(37). U odnosu na preostale složenije akrobatske elemente (salta), znatno izraženiji je horizontalni pomak. Vertikalna brzina CT tijela u maksimalnom letu iznosi nultu vrijednost (iz toga razloga analizom nije obuhvaćena) (tablica 2), dok je horizontalna brzina konstanta (11). Tijekom faze leta, pri izvedbi premeta naprijed, tijelo je uvinuto do doskoka, što se manifestira preko kutova između nadlaktica i trupa te kukova i trupa. Njihove vrijednosti su maksimalne ( $180^\circ$  i više) (tablica 3).

U odnosu na finalnu izvedbu premeta naprijed, metodički postupci koji su namijenjeni za obuku faze leta, imaju drugačije karakteristike obzirom na biomehaničke karakteristike finalnog elementa tehnike. Razlog tome je izvedba vježbi u olakšanim uvjetima. Također, u analizu su uključeni samo oni postupci koji prema definiciji faze leta kod premeta naprijed, zadovoljavaju karakteristike izvedbe koja podrazumijeva da let traje od trenutka zadnjeg kontakta ruku s podlogom (nakon odriva), do prvog kontakta stopala s podlogom, čime započinje faza doskoka.

Od trinaest vježbi koje se najčešće koriste za učenje premeta naprijed, može se izdvojiti šest koje u svoju izvedbu uključuju fazu leta. Sve vježbe pripadaju sintetičkoj metodi obuke, što znači da se sastoje od svih faza koje karakteriziraju premet naprijed, ali se izvode u olakšanim uvjetima.

Uvidom u tablicu 4. uočljiva je vrlo visoka statistički značajna povezanost, obzirom na prostorne i vremenske parametre karakteristične za izvedbu leta, između svih analiziranih pripadajućih vježbi za obuku premeta naprijed s finalnom kretnom strukturom. Najviša korelacijska vrijednosti s premetom naprijed uočljive su s vježbama

Tablica 2. Horizontalne i vertikalne brzine CT tijela u maksimalnoj visini leta

Table 2. Horizontal and vertical body center of gravity velocities at maximum flight altitude

HORIZONTALNA I VERTIKALNA BRZINA (cm/sec)	PREMET		PNOSPO		PNPOSP		PNDAS		PNBLA		KMOST	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
brzine CTT	268	0	180	0	218	0	196	0	194	0	14	0

Tablica 3. Vrijednosti kinematičkih varijabli premeta naprijed i metodičkih vježbi

Table 3. Values of kinematic variables of forward handspring and methodical exercises

KINEMATIČKE VARIJABLE	PREMET	PNOSPO	PNPOSP	PNDAS	PNBLA	KMOST
CTYODRIV (cm)	90.2	88.5	89.5	83.5	88	79
CTYMLET (cm)	93.2	89.0	91.6	108.6	91	75
CTXLET (cm)	74.7	64.3	84.1	91.5	51.3	27
VRTRLET (s)	0.300	0.416	0.434	0.469	0.283	0.980
CTYDOS (cm)	75	92	91.7	82.8	77	74
AKMLET (stupanj)	173	186	185	184	176	188
AKUMLET (stupanj)	213	204	212	216	223	231
ARMLET (stupanj)	213	191	189	208	189	207

CTT (CT) – centar težišta tijela

Tablica 4. Korelacijska matrica kinematičkih parametara faze leta premeta naprijed  
 Table 4. The correlation matrix of the kinematic parameters of the flight phase of forward handspring

	PREMET	KMOST	PNSPO	PNPOSP	PNDAS	PNBLA
PREMET	1.00	0.77*	0.96	0.99*	0.96*	0.98*
KMOST		1.00	0.90*	0.85*	0.89*	0.88*
PNSPO			1.00	0.99*	1.00*	0.99*
PNPOSP				1.00	0.99*	0.99*
PNDAS					1.00	0.99*
PNBLA						1.00

significant  $p < 0.05$ ,  $N = 7$

PNPOSP (0.99) i PNBLA (0.98), dok nešto niže vrijednosti imaju (0.96) PNDAS i PNSPO. Još uvijek statistički značajnu, ali nižu korelacijska vrijednost s finalnom kretnom strukturom ima KMOST (0.77).

Međusobna najviša povezanost (1.00), kod prostornih i vremenskih parametara, primjetna je kod vježbi PNDAS i PNSPO. Vježbe PNBLA i PNPOSP imaju najviše značajne korelacije s preostalim metodičkim vježbama. Najniže, ali značajne povezanosti s preostalim vježbama obzirom na prostorne i vremenske parametre koji determiniraju ovu fazu, ima vježba KMOST.

Razlučivši prostorne od vremenskih parametara u fazi leta vidljiva je razlika u grupiranju pojedinih skupina metodičkih vježbi.

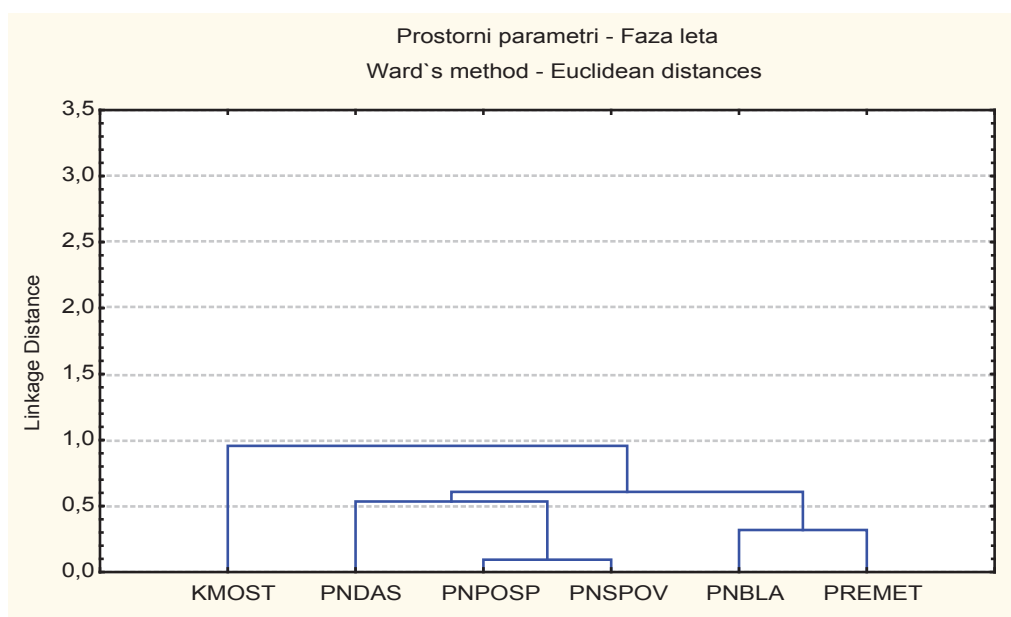
Hijerarhijskom klaster analizom metodičkih vježbi i premeta naprijed, temeljenoj na vrijednostima prostornih parametara, dobivene su tri homogene grupe kretnih struktura (grafikon 1). Prvu skupinu čine PREMET i metodička vježba PNBLA, drugu skupinu vježbe: PNPOSP,

PNSPO i PNDAS, a trećoj skupini pripada metodička vježba KMOST.

Vrijednosti prostornih parametara, ukazuju na veliku sličnost u visini leta kod premeta naprijed (93.2 cm) i metodički postupci PNBLA (92.8 cm), vremenu trajanja leta (0.300cm/s) kao i bliska vrijednosti kuta u zglobu koljena (173o i 176o) u maksimalnoj visini CT tijela u letu.

Drugoj skupini pripadaju metodički postupci kod kojih se najveće međusobne sličnosti uočavaju u vremenu trajanja leta i kutovima između pojedinih segmenata tijela u maksimalnom letu. U odnosu na finalnu kretnu strukturu, jedina sličnost vidljiva je u vrijednostima kutnih odnosa.

Treću skupinu čini KMOST. Ova metodička vježba nema značajnih sličnosti u parametrima koji se odnose na duljinu i visinu leta, s preostalim metodičkim vježbama kao niti s finalnom kretnom strukturom no, ima velike sličnosti u kutovima između nadlaktice i trupa, te natkoljenice i potkoljenice tijekom bez potporne faze.



Grafikon 1. Dendrogram hijerarhijskog grupiranja elemenata u fazi leta na osnovu prostornih parametara  
 Graph 1. Dendrogram of hierarchical grouping elements in flight phase based on spatial parameters



Uvidom u grupiranje pojedinih vježbi koje u svoju izvedbu uključuju fazu leta, moguće je primijetiti da je do formiranja prve homogene skupine prvenstveno došlo na osnovu vrijednosti duljine i visine leta, parametrima kojima se opisuje trajektorija leta. Druga homogena skupina, koja je na još uvijek maloj distanci od prve skupine, time i premeta naprijed, grupirana je obzirom na poziciju između pojedinih segmenata tijela dostignutu u maksimalnom letu, koje ukazuju na pravilnost u izvedbi.

Za razliku od hijerarhijskog grupiranja elemenata obzirom na prostorne parametre u fazi leta, kod vremenskih parametara vidljivo je (grafikon 2) formiranje dvije homogene grupe. Prvu grupu čine vježbe: PNSPO, PNPOSP, PNDAS, PNBLA i PREMETS, dok drugu grupu na velikoj udaljenosti od prve čini vježba KMOST.

Osnovnu skupinu zajedno s premetom naprijed čine metodički postupci koje imaju najbliže vrijednosti horizontalne brzine u maksimalnom letu te vremenu trajanja leta. U navedenim parametrima uočavaju se velike razlike, u odnosu na prvu grupu dobivenu provedbom hijerarhijske klaster analize, kod vježbe KMOST.

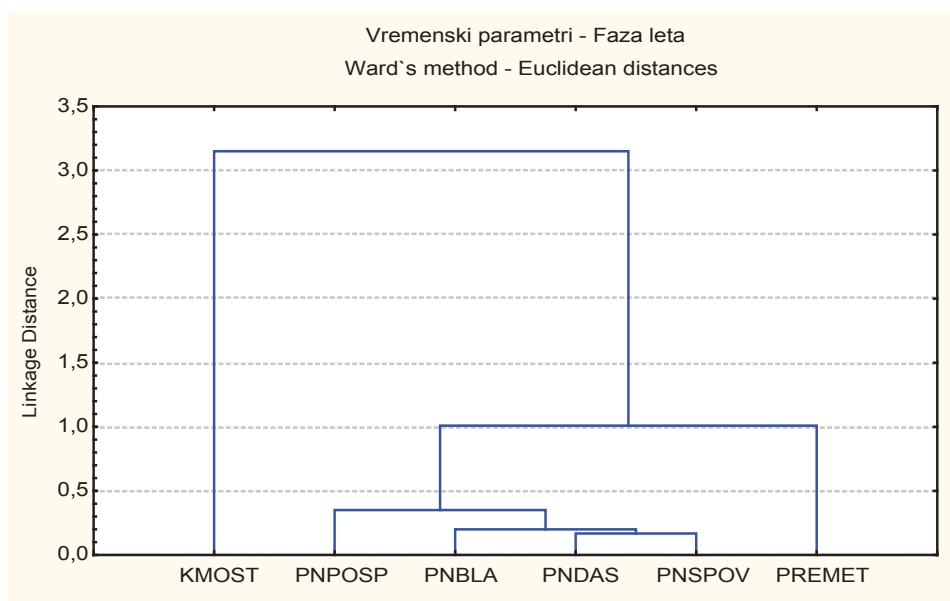
Najbliže grupiranje uočljivo je kod metodičkih vježbi koje imaju neznatne razlike u vrijednostima horizontalne brzine CT tijela u maksimalnom letu (*PNSPOV 180 cm/s*, *PNDAS 196 cm/s* i *PNBLA 194 cm/s*). Nešto veću razliku u horizontalnoj brzini CT u maksimalnom letu, u odnosu na ovu skupinu vježbi, ima PNPOSP (218 cm/s), no blisku vrijednost s premetom naprijed (268 cm/s).

Obzirom na vrijeme trajanja leta, metodički postupci koje su se grupirale u homogenu skupinu s premetom naprijed imaju međusobne bliske vrijednosti, koje su viših vrijednosti u odnosu na finalnu kretnu strukturu., izuzev predvježbe PNBLA čije vrijeme je vrlo blisko vrijednosti u odnosu na premet naprijed (0.283 s).

Vježba KMOST, koja čini zasebnu grupu, na velikoj distanci u odnosu na prvu hijerarhijsku grupu vježbi i finalnog elementa, znatno se razlikuje u vremenskim parametrima koji definiraju fazu leta. Vrijeme trajanja leta kod ove vježbe tri puta je duže u odnosu na preostale (0.980 s), uz vrlo nisku vrijednost horizontalne brzine CT tijela u maksimalnom letu, ali i tijekom leta (68 cm/s).

Obzirom na osnovne značajke faze leta, koja se definira kinematičkim parametrima kao što su: visina, duljina i vrijeme trajanja leta, vidljivo je da je došlo do podudaranja njihovim vrijednostima kod većine metodičkih vježbi s finalnom kretnom strukturuom. Najveće sličnosti su u vrijednostima prostornih parametrima koji se odnose na kutove između pojedinih segmenata tijela. Obzirom, da je osnovna namjena analiziranih vježbi dostizanje korektnosti pozicija tijela u bezpotpornoj fazi, može se smatrati da bez obzira na način i uvjete izvedbe vježbi (s povišenja, na povišenje, odzivom s elastične podloge), dolazi do poklapanja u odnosu na tehniku izvedbe faze leta kod premeta naprijed. Također, uočljive su velike sličnosti u parametrima koji se odnose na horizontalnu brzinu CT tijela kod svih metodičkih vježbi izuzev vježbe KMOST.

KMOST je vježba koja se izvodi tako da je vježbač u stalnom kontaktu sa suvježbačem, koji mu omogućava izvedbu. Prelaskom leđima preko leđa suvježbača, osigurava se pravilan položaj tijela koji bi ono trebalo imati pri finalnom kretanju u fazi leta. Na osnovu ekstrahiranih parametara koji se odnose na kutove između pojedinih segmenata tijela to je i ostvareno, no obzirom na bilo koje druge karakteristike koje definiraju trajektoriju leta nema nikakvih sličnosti. Naime, kod vježbe KMOST, definicija kada tijelo prelazi preko leđa suvježbača ne može se okarakterizirati samo kao bezpotporna faza.



Grafikon 2. Dendrogram hijerarhijskog grupiranja elemenata u fazi leta na osnovu vremenskih parametara  
Graph 2. Dendrogram of hierarchical grouping elements at flight time based on time parameters

Cilj pojedinog metodičkog postupka usmjeren je približavanju vrijednostima u prostornim i/ili vremenskim kinematičkim parametrima koji karakteriziraju finalnu tehniku izvedbe. U fazi leta koja je primarno orijentirana na duljinu i visinu leta, načinom izvođenja pojedinih metodičkih vježbi vrlo teško je ostvariti zahtjeve u prostornim i vremenskim parametrima u smislu njihove međusobne sukladnosti. No, obzirom na poziciju tijela definiranu odnosima između pojedinih segmenata tijela, kroz kutove u zglobnim sustavima, vidljivo je da vježbe koje uključuju let, imaju najveće sličnosti baš u navedenim parametrima.

Sličnosti u vremenskim parametrima, u ovoj fazi obzirom na hijerarhijsko grupiranje, očito nisu uvjetovane početnom pozicijom (zaletom i poskokom ili poskokom iz mjesta), već se preduvjeti za uspješnu fazu leta stvaraju tijekom faze postavljanja ruku na podlogu i odriva.

## ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenih analiza, odabir pojedinih postupaka učenja nije moguće definirati, već je i dalje usmjeren na znanje i iskustvo gimnastičkih stručnjaka, obzirom na efikasnost učenja elementa. Razlog tome je višestruk, a prvenstveno se odnosi na: vremensko trajanje procesa učenja, uvjete rada, osnovnu i specifičnu fizičku pripremu vježbača, osnovno motoričko predznanje vježbača te niz drugih psiholoških i ekonomskih preduvjeta

koji su u velikoj disproporciji s ciljevima i zadacima vrste trenažnog procesa (natjecateljska gimnastika, školski sport, rekreativna gimnastika i ostalo).

Obzirom da su biomehanička istraživanja jedan od temelja programiranja i kontrole trenažnog procesa, rezultati ovog istraživanja mogu doprinijeti objektivnijem kreiranju procesa učenja gimnastičkih struktura gibanja. Oni nisu isključivo usmjereni samo na odabrani element tehnike, već je njihov doprinos orijentiran na znanstvenu verifikaciju metodičkih postupaka za obuku svih gimnastičkih elemenata, ali istovjetno i na sportove u kojima je pristup obučavanja dominantan za kvalitetu tehnike, a time i uspjeh. Primjena ovakvih istraživanja moguća je i preporučljiva kod selektivnih kategorija, gdje bi se sistematičnim i pravovremenim sukcesivnim provođenjem mogao utvrditi eventualni krivi pristup u metodičkoj obuci osnovnih gimnastičkih elemenata koji služe kao baza za daljnju nadogradnju i učenje elemenata viših i visokih težinskih vrijednosti.

Primjenom suvremene tehnologije koja mjeri kinetičke i druge parametre (tenziometrijska ploča, elektromiografija) zasigurno bi broj informacija o obilježjima i razlikama između metodičkih vježbi i finalnog elementa tehnike bio znatno opsežniji. No, ovim istraživanjem pokušalo se približiti metodičkom postupku za obuku osnovnog akrobatskog elementa tehnike s aspekta koji s primjenjivan u kineziološkoj znanosti.

## Literatura

1. Baudry L, Leroy D, Thouwarecq R, Chollet D. Auditory concurrent feedback benefits on the circle performed in gymnastics. *J Sci Med Sport*. 2006; 24:149-56.
2. Beatty KT, McIntosh SA, Frechede BO. Variation in Landing During Gymnastics Skills. In: XXV ISBS Symposium, 2007; 418-21.
3. Boyer E. Expert video modeling with video feedback to enhance gymnastics skills. *J Appl Behav Anal*. 2008; 42: 855-60.
4. Brüeggmann GP. Biomechanics of gymnastic techniques. *Sport Science Review*. 2004; 3: 79-120.
5. Chen DQ. A analysis on the situation and the development of technique of forward handspring in floor exercise. *J Xi'An Inst Phys Educ*. 1999; 16: 38-41.
6. Cossens P. Injury prevention in artistic gymnastics: a guide for coaches and directions for research Phillip Cossens Gymnastics Australia Men's Team Physiotherapist. 30<sup>th</sup> Annual Conference of Biomechanics in Sports – Melbourne, 2012; 69-70.
7. Čuk I. Razvoj in analiza nove gimnastičke prvine (saskok podmet salto naprej z bradlje). Ljubljana: Fakulteta za šport Univerza v Ljubljani. 1995. Doktorska disertacija.
8. Čuk I, Marinšek M. Landing quality in artistic gymnastics is related to landing symmetry. *Biol Sport*. 2013; 30: 29-33.
9. Exell TA, Robinson G, Irwin G. Asymmetry analysis of the arm segments during forward handspring on floor. *Eur J Sport Sci*. 2016; 16: 545-52.
10. Forwood MR, Clarke D, Wilson BD. A Cinematographic analysis of the front handspring to front somersault. *Aust J Sci Med Sport*. 1985; 3: 8-14.
11. George SG. Biomechanics of Women's gymnastics. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1980.
12. Hebbelinck M, Borms J. Cinematographic and electromyographic study of the front handspring. U: Hebbelinck M, i Wartenweiler J. (ur). Biomechanics. Karger Publishers, 1969; 2: 324-6.

13. Henrichs DK. A Biomechanical Comparison Of Ground Reaction Force and Wrist Hyperextension During the Front and Back Handspring in Gymnastics. *Journal of spinal disorders & techniques*. Washington: Western Washington University. 2005. Doktorska disertacija.
14. Hiley MJ, Yeadon MR. The margin for error when releasing the asymmetric bars for dismounts. *J Appl Biomech* 2005; 21: 223-35.
15. Hiley MJ, Yeadon MR. Optimization of backward giant circle technique on the asymmetric bars. *J Appl. Biomech*. 2007; 23: 300-8.
16. Huchez A, Haering, D, Holvoet P, Barbier F, Begon M. Differences between expert and novice gymnasts performance of a counter movement forward in flight on uneven bars. *Sci Gymnastics J*. 2016; 8: 31-41.
17. Irwin G, Kerwin D, Samuels M. Biomechanics of the longswing preceding the tkachev, U: XXV ISBS Symposium, Ouro Preto, Brazil, 2007; 431-4.
18. Jeraj D, Veit J, Heinen T, Raab M. How Do Gymnastics Coaches Provide Movement Feedback in Training ? *Int J Sports Sci Coach* 2015; 10: 1015-25.
19. Marinšek M. Basic Landing Characteristics and Their Application in Artistic Gymnastics. *Sci Gymnastics J*. 2010; 2: 59-67.
20. Mills C, Pain MTG, Yeadon MR. Reducing ground reaction forces in gymnastics' landings may increase internal loading. *J Biomech*. 2009; 42: 671-8.
21. Penitente G, Merni F. 3D Kinematic Analysis of the Front Handspring Stepout: a Pilot Study. In: 24 International Symposium on Biomechanics in Sports, 2006; 1-4.
22. Prassas S. Biomechanical research in gymnastics: What is done, what is needed. In: Applied Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports: Acrobatics, 2006; 1-10.
23. Prassas S, Kwon Y, Sands WA. Biomechanical research in artistic gymnastics: a review. *Sports Biomech*. 2006; 5: 261-91.
24. Rosamond EL, Yeadon MR. The biomechanical design of a training aid for a backward handspring in gymnastics. *Sports Engineer*. 2009; 11: 187-93.
25. Sands WA. Injury Prevention in Women's Gymnastics. *Sports Med*. 2000; 30: 359-73.
26. Self BP, Paine D. Ankle biomechanics during four landing techniques. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33: 1138-44.
27. Tabaković M, Atiković A. Metodika učenja i usavršavanja elemenata akrobatike na parteru (kolut naprijed). *Sportekspert*. 2008; 1: 5-9.
28. Takei Y, Dunn JH, Blucker EP, Nohara H, Yamashita, N. Techniques used in high- and low-scoring Hecht vaults performed at the 1995 World Gymnastics Championships. *J Appl Biomech*. 2000; 16: 180-95.
29. Yeadon F. The physics of twisting somersaults. *Phys World*. 2000; 13:33.
30. Yeadon MR, Kerwin DG. Contributions of twisting techniques used in backward somersaults with one twist. *J Appl Biomech*. 1999; 15: 152-65.
31. Yeadon MR, Rosamond EL, Hiley MJ. The biomechanical design of a gymnastics training aid for a handstand on the rings. U: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: J Sports Engin Techn. 2012; 226: 24-31.
32. Yoshiaki T, Dunn JH, Blucker E. Tecniques used in high – scoring and low – scoring „roche“ vaults performed by elite male gymnasts. *Sports Bimech*. 2003; 2: 141-62.
33. Živčić K. Biomehaničko vrednovanje vježbi za izvedbu premeta naprijed. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 2000; Doktorska disertacija.
34. Živčić K, Breslauer N, Stibilj-Batinić T. Dijagnosticiranje i znanstveno verificiranje metodičkog postupka učenja u sportskoj gimnastici. *Odgojne znanosti* 2008; 1: 159-80.
35. Živčić K, Furjan-Mandić G, Horvatin-Fučkar M. The kinematic model of the bounce-off phase in some acrobatic elements with forward body rotation. *FU Phys Ed Sport*. 2007; 5: 9-18.
36. Živčić K, Hraski Ž, Šadura T. Detekcija karakterističnih grešaka rane faze učenja premeta naprijed. *HŠMV*. 1997; 12: 25-32.
37. Živčić K, Hraski Ž, Šadura T. Usporedba dva načina izvedbe premeta naprijed. U: Milanović D, ur. Zbornik radova, 2. Međunarodna znanstvena konferencija, Dubrovnik, 1999; 244-7.
38. Živčić Marković K, Krističević T. Osnove sportske gimnastike. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2016; 144-56.
39. Živčić Marković K, Omrčen D. The Analysis of the Influence of Teaching Methods on the Acquisition of the Landing Phase in Forward Handspring. *Sci Gymnastics J*. 2009; 1: 21-30.
40. Živčić Marković K, Sporiš G, Čavar I, Aleksić-Veljković A, Milanović Z. Biomechanical evaluation of exercises for performing a forward handspring - Case study. *J Hum Kinet*. 2012; 34: 21-32.
41. Živčić K, Šadura T, Dragičević S. Kinematička deskripcija osnovne tehnike premeta naprijed. U: Milanović D, ur. 3. konferencija o sportu Alpe - Jadran Dijagnostika u sportu. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu, 1996; 161-5.