

LIETUVOS IR PASAULIO PLAUKIKŲ PLAUKIMO KRŪTINE JUDESIŲ DERINIMAS IR MOMENTINIO GREIČIO KITIMAS CIKLO METU

Danguolė Satkunskienė, Valentina Skyrienė

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Danguolė Satkunskienė. Socialinių mokslų daktarė docentė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Edukologijos fakulteto dekanė. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus judesių biocheminiai tyrimai, sportininkų technikos veiksnių modeliavimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — palyginti Lietuvos ir pasaulio plaukikų greičio kitimą ciklo metu bei judesių koordinacijos ypatumus, norint įvertinti biomechaninius veiksnius, ribojančius Lietuvos plaukikų greitį plaukiant krūtine. Buvo tiriama keturi Lietuvos nacionalines rinktinės nariai vyrai, kurių rezultatai plaukiant 50 ir 100 m krūtine siekė atitinkamai $93,3 \pm 1,6$ ir $92,9 \pm 4,7\%$ pasaulio rekordo. Gauti rezultatai buvo palyginami su geriausių Prancūzijos plaukikų (jų 100 m plaukimo krūtine rezultatai — $91,4 \pm 2,4\%$ pasaulio rekordo) atitinkamais rodikliais (Chollet et al., 2004).

Sportininkai plaukė 25 m ilgio baseine 50 ir 100 m nuotolius varžybiniu greičiu ir 25 Hz vaizdo kameromis buvo filmuojami virš vandens ir po juo. Nufilmuotas vaizdas apdorotas naudojant SIMI MOTION kompiuterinę programą su 50 Hz vaizdo grotuvu. Tai leido nustatyti plaukiko kūno taškų koordinatas, apskaičiuoti momentinį plaukimo greitį ir plaukimo fazių trukmę.

Kojų ir rankų judesių koordinacija vertinama laiko intervalais tarp atitinkamų ciklo fazių (Chollet et al., 2004; Leblanc et al., 2005). Išskirtos keturios fazės, kurių metu rankos ir kojos atlikdavo vienodą veiksmą. Šitaip buvo siekiama įvertinti varomųjų jėgų veikimo, pasirengimo (rankų tiesimo ir kojų lenkimo), slinkimo ir kojų glaudimo naudingumą (veiksmingumą).

Lietuvos ir Prancūzijos nacionalinės rinktinės narių plaukimo greičio, tempo ir grybšnio ilgio rodikliai patikimai nesiskyrė. Lietuvos plaukikų didžiausias momentinis greitis pasiekiamas rankų glaudimo pradžioje, Prancūzijos plaukikų — atsispyrimo kojomis pabaigoje. Tai rodo, kad Lietuvos plaukikai ne iki galo išnaudoja kojų atsispyrimo jėgą, nes šios fazės metu pasiekiamas mažesnis greitis nei užgriebio ir pasitraukimo metu. Ypač neveiksminga atsispyrimo pabaiga, nes greitis pradeda mažėti dar nepasibaigus atsispyrimui. Prancūzijos plaukikai nemažą greičio prieaugį pasiekia rankų glaudimo fazėje, tuo tarpu Lietuvos plaukikų greitis tuo metu mažėja.

Lietuvos plaukikai nepakankamai veiksmingai išnaudoja darbines fazes — atsispyrimą kojomis ir rankų glaudimą. Pasirengimo fazėse kūnas ilgiau užima neaptakią padėtį nei aptakia, dėl to didėja greičio svyravimas ciklo metu.

Raktažodžiai: plaukimas krūtine, greičio kitimas ciklo metu, judesių derinimas (koordinacija).

IVADAS

Plaukimas krūtine yra vienas lėčiausių plaukimo būdų, nors rankų ir kojų veiksmas sukuria didelę varomąją jėgą (Magel, 1970). Šiam plaukimui būdingas didelis greičio svyravimas ciklo metu (Mc Elroy ir Blanksby, 1976; Colman et al., 1998; Silva et al., 2003), kuris atsiranda dėl vandens pasipriešinimo pasirengimo fazėje (rankų tiesimo ir kojų lenkimo). Greičio kitimo kreivių analizė leido nustatyti, kad užgriebio ir atsispyrimo fazių metu greitėjama, o

slinkimo, rankų tiesimo ir kojų lenkimo metu — lėtėjama (D'Acquisto et al., 1988; Tourny et al., 1992; Chollet et al., 2004; Leblanc et al., 2007). S. V. Kolmogorovas ir kt. (1997) nustatė, kad plaukiant krūtine hidrodinaminis koeficientas 53% didesnis nei plaukiant krauliu.

Dažniausiai plaukikai, didindami greitį, didina ir plaukimo tempą, mažina grybšnio ilgį trumpindami slinkimo fazę, keisdami judesių koordinaciją (Sanders, 1996; Chollet et al., 1999;

Soares et al., 1999). Daugelis autorių plaukimo krūtine judesių koordinaciją bandė įvertinti analizuodami fazių trukmę ir greičio kitimą ciklo metu (Nemessuri, Vaday, 1971; Costill et al., 1987; Craig et al., 1988; D'Acquisto et al., 1988; Tourny et al., 1992; Maglischo, 1993; Vilas-Boas, 1996). D. Chollet ir kt. (2004) tuo tikslu pasiūlė skaičiuoti laiko intervalus tarp rankų ir kojų judesių fazių pradžios.

D. Chollet ir kt. (2004) nustatė, kad rankų ir kojų judesių koordinacija kinta priklausomai nuo plaukimo greičio. Plaukiant lėtai (200 m nuotolio greičiu) pastovų vidutinį plaukimo greitį ciklo metu padeda išlaikyti aptaki kūno padėtis slinkimo fazėje: užgriebis atliekamas, kai kojos užima aptakiausią padėtį, atsispiriama — kai rankos ir galva yra aptakiausios padėties. Plaukiant greitai padidėja varomasis jėgas sukuriiančių fazių santykinė trukmė ir sumažėja slinkimo trukmė, užgriebis atliekamas lenkiant kojas, o atsispyrimas — tiesiant rankas pirmyn.

Judesių koordinacijos tyrimai parodė tam tikrus skirtingo meistriškumo ir lyties plaukikų technikos ypatumus (Leblanc et al., 2005, 2007).

Tyrimo tikslas — palyginti Lietuvos ir pasaulio plaukikų greičio kitimą ciklo metu bei judesių derinimo ypatumus, norint nustatyti biomechaninius veiksnius, ribojančius Lietuvos plaukikų greitį plaukiant krūtine.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Tiriamieji. Tyrimas vyko 2007 m. lapkritį—gruodį. Buvo tiriami keturi Lietuvos plaukimo rinktinės nariai (amžius 16—21 m.; ūgis 173—193 cm; kūno masė 65—84 kg) vyrai. Jų rezultatai plaukiant krūtine 50 ir 100 m nuotolius siekė atitinkamai $93,3 \pm 1,6$ ir $92,9 \pm 4,7\%$ pasaulio rekordo. Tyrimo rezultatai buvo palyginami su geriausių Prancūzijos plaukikų (jų 100 m plaukimo krūtine rezultatai siekė $91,4 \pm 2,4\%$ pasaulio rekordo) atitinkamais rodikliais (Chollet et al., 2004).

Filmavimas. Plaukikai 25 Hz vaizdo kameromis buvo filmuojami virš vandens ir po juo. Vaizdas virš vandens registruotas *CANON XMI* kamera, pastatyta ant baseino krašto, sekant sportininką viso plaukimo metu. Vaizdas po vandeniu registruotas povandeninio filmavimo sistema, važinėjant ant bėgių, nutiestų baseino pakraščiu. Kamera, nukreipta statmenai į plaukiką, judėjo baseino kraštu ir fiksavo sportininko vaizdą iš šono nuo plaukimo pradžios iki pabaigos.

Prieš startą juodu, vandeniu atspariu žymekliu buvo pažymėti tiriamųjų kairės ir dešinės kūno pusės klubo, kelio, čiurnos sąnariai ir viršutinis klubo skiauterės taškai.

Registravimo sistemos sekant sportininką, plaukimo momentiniam greičiui nustatyti būtina turėti nejudantį atskaitos tašką. Tuo tikslu ant baseino skiriamosios juostos kas 5 metrus buvo pakabinti svoriai. Kameros po vandeniu kalibravimui nufilmuotas 2 m strypas.

Tiriamieji plaukė 25 m ilgio baseine 50 ir 100 m nuotolius varžybų greičiu startuodami vandenyje (atsispyrus nuo baseino sienelės). Plaukimo laikas buvo registruojamas nuo starto signalo iki plaukimo baigmės (sienelės palietimo rankomis). Poilsis tarp plaukimų truko 10 minučių. Rankiniu laikmačiu buvo registruojama 10 m plaukimo trukmė kiekviename 25 m nuotolio tarpe.

Vidutinis plaukimo greitis kiekviename 25 m nuotolio tarpe buvo apskaičiuotas pagal formulę: $V = S / t_s$ (m / s) (čia $S = 10$ m, t_s — 10 m plaukimo laikas). Plaukiant 50 m nuotolį vidutinis plaukimo greitis siekė $96,9 \pm 0,67\%$, plaukiant 100 m — $93,8 \pm 1,6\%$ varžybų metu pasiekto vidutinio greičio.

Nufilmuotas vaizdas iš kameros perkeltas į kompiuterį ir apdorotas naudojant SIMI MOTION kompiuterinę programą su 50 Hz vaizdo grotuvu. Tai leido 20 ms intervalu nustatyti plaukiko kūno taškų koordinatas, apskaičiuoti momentinį plaukimo greitį ir plaukimo fazių trukmę.

Plaukimo krūtine ciklo fazės. Visas judesių ciklas (laiko intervalas, per kurį atliekamas visas judesių ciklas — grybšnis rankomis su įkvėpimu ir atsispyrimas kojomis) buvo suskirstytas į penkias rankų ir penkias kojų fazes (Chollet et al., 2004; Leblanc et al., 2005).

Rankų judesių fazės: 1) slinkimas — nuo visiško rankų ištiesimo momento iki plaštakų pasukimo išorėn; 2) užgriebis ir traukimas — nuo plaštakų pasukimo išorėn iki jų judėjimo išorėn—žemyn—atgal pabaigos (sportininko kūno link); 3) glaudimas — nuo plaštakų judėjimo išorėn—žemyn—atgal pabaigos (sportininko kūno link) iki alkūnių glaudimo ir jų judėjimo į priekį pradžios; 4) rankų tiesimo pirmyn pirmoji dalis — nuo rankų tiesimo pradžios iki momento, kai alkūnių kampas siekia 90° ; 5) rankų tiesimo pirmyn antroji dalis — nuo momento, kai alkūnių kampas yra 90° , iki visiško rankų ištiesimo.

Kojų judesių fazės: 1) atsispyrimas — nuo momento, kai kojos pradeda tiestis, iki visiško jų ištiesimo per kelio sąnarį momento; 2) glaudimas — nuo visiško kojų ištiesimo per kelio sąnarį

iki pėdų glaudimo pabaigos momento; 3) slinkimas — nuo maksimalaus pėdų suglaudimo pabaigos iki aktyvaus kojų lenkimo per kelio sąnarį pradžios momento; 4) kojų lenkimo pirmoji dalis — nuo aktyvaus kojų lenkimo per kelio sąnarį pradžios iki momento, kai kelio sąnario linkimo kampas yra 90° ; 5) kojų lenkimo antroji dalis — nuo momento, kai kelio sąnario linkimo kampas 90° , iki kojų lenkimo pabaigos momento. Kiekvienos fazės trukmė buvo išreikšta procentais nuo viso ciklo trukmės.

Vidutinė ciklo trukmė apskaičiuota pagal formulę: $t_c = 3t_c / 3$ (s) (čia t_c — vieno ciklo trukmė; $3t_c$ — trijų ciklu trukmė). Vieno ciklo trukmė nustatyta sumuojant išvardytų fazių trukmę. Grybšnio pradžia buvo laikomas visiško rankų ištiesimo momentas.

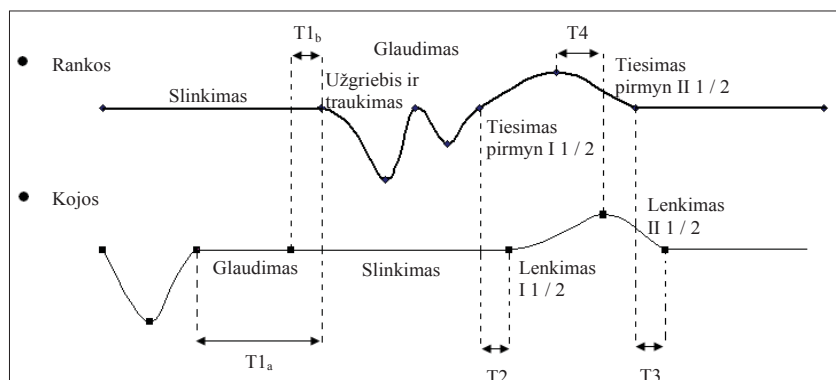
Tempas (ciklų dažnumas per laiko vienetą) apskaičiuotas pagal formulę: $T = 1 / t_c \cdot 60$ (c. / min). Ciklo ilgis (atstumas, įveikiamas vieno grybšnio metu) apskaičiuotas pagal formulę: $L = V / T$ (m).

Kojų ir rankų judesių derinimas (koordinacija). Kojų ir rankų judesių koordinacija buvo vertinama apskaičiuojant laiko intervalus tarp atitinkamų ciklo fazių, pasiūlytų D. Chollet ir L. Boulesteix (2001) analizuojant plaukimą peteliške ir pritaikytų plaukimui krūtine (Chollet et al., 2004; Leblanc et al., 2005). Apskaičiuoti keturi laiko intervalai, kurie parodo varomosios ir stabdančiosios jėgų veikimą. Laiko intervalai tarp kojų ir rankų judesių fazių pradžios ir pabaigos momentų plaukiant krūtine pateikti 1 paveiksle.

Laiko intervalai tarp kojų ir rankų judesių fazių pradžios ir pabaigos momentų: $T1_a$: nuo atsispyrimo kojomis pabaigos iki užgriebio rankomis pradžios; $T1_b$: nuo kojų glaudimo pabaigos iki užgriebio pradžios; $T2$: nuo kojų lenkimo pradžios ir rankų tiesimo į priekį pradžios; $T3$: nuo kojų lenkimo pabaigos ir rankų tiesimo į priekį pabaigos; $T4$: nuo momento, kai kojų lenkimo kampas 90° , iki to, kai alkūnių kampas siekia 90° .

Šie laiko intervalai buvo išreikšti procentais kojų ciklo trukmės atžvilgiu.

1 pav. Laiko intervalai tarp kojų ir rankų judesių fazių pradžios ir pabaigos momentų plaukiant krūtine



Kojų ir rankų judesių derinimo vertinimas.

Rankų ir kojų judesių derinimas (koordinacija) buvo vertinami remiantis D. Chollet ir kt. (2004) pateiktu aprašu.

Kai $T1_a = 0$, atsispyrimo kojomis pabaiga sutampa su rankų užgriebio pradžia. Tai reiškia, kad užgriebis prasideda tada, kai kojos dėl savo padėties sukuria stabdomąsias jėgas. Po ištiesimo jos yra žemai ir nesuglaustos. Tai padidina vandens pasipriešinimo jėgą.

Kai $T1_a > 0$, užgriebis rankomis prasideda nepasibaigus atsispyrimui kojomis. Šiuo atveju rankos ir kojos siekia sukurti traukio jėgą tuo pačiu metu. Toks plaukimas reikalauja labai daug energijos sąnaudų, nes kojų ir rankų padėtis nėra aptaki, plaukiko kūnas sukuria dideles pasipriešinimo jėgas. Taip derinti kojų ir rankų judesius gali tik didelio meistriškumo sportininkai, plaukdam trumpuosius nuotolius. Kai $T1_a < 0$, užgriebis rankomis prasideda kojas glaudžiant arba kojų slinkimo metu; kai $T1_b = 0$, užgriebis prasideda po atsispyrimo glaudžiant kojas; kai $T1_b > 0$, rankų ir kojų judesių derinimas atitinka $T1_a > 0$ arba $T1_a < 0$ atvejį; kai $T1_b < 0$, tuo pačiu metu vyksta rankų ir kojų slinkimo fazės; kai $T2$ ir $T3 = 0$, kojos lenkiamos rankų tiesimo metu.

Kai $T2$ ir $T3 < 0$ — neigiamas laiko intervalas: rankos atlieka veiksmą, sukuriantį traukio jėgą, kojų veiksmas — stabdo judėjimą pirmyn, ir atvirkščiai. Akivaizdu, kad kojų lenkimas ar rankų tiesimas stabdo plaukiką, nors tuo pačiu metu atitinkamai rankos ar kojos atlieka veiksmus, stumiančius plaukiką pirmyn. Toks judesių derinimas nėra veiksmingas, tačiau didelio meistriškumo plaukikai taip plaukdamie geba išlaikyti didelį plaukimo greitį.

Kai $T2$ ir $T3 > 0$ — teigiamas laiko intervalas, rankos tiesiamos, kojos užima aptakią padėtį slinkimo fazės metu, ir atvirkščiai.

Kai $T4 = 0$, tuo pačiu laiko momentu kojų lenkimo ir rankų tiesimo kampas lygus 90° .

Fazių naudingumo (veiksmingumo) įvertinimas. Buvo išskirtos keturios fazės, kurių metu

rankos ir kojos atlikdavo vienodą veiksmą. Šitaip buvo siekiama įvertinti varomųjų jėgų veikimo, pasirengimo (rankų tiesimo ir kojų lenkimo), slinkimo ir kojų glaudimo naudingumą (veiksmingumą) (Chollet et al., 2004). Grybšnio fazės trukmė pavadinta veiksmingumu dėl to, kad tuo metu rankos ir kojos atlieka tik vieną iš šių veiksmų: varomosios jėgos sukūrimo, stabdymosi pasirengimo fazėje (rankų tiesimo, kojų lenkimo), neutralių veiksmų (slinkimo) arba aktyvios pasipriešinimo jėgos sukūrimo (kojų glaudimo).

Varomųjų jėgų veikimo fazės naudingumas ($VAR_{(ef)}$) — tai laiko intervalas, kurio metu rankų ir kojų veiksmai sukuria traukio jėgą. Pagal D. Chollet ir kt. (2004) jis apskaičiuotas susumavus kojų atsispyrimo, rankų užgriebio ir suglaudimo fazių trukmę. Toks skaičiavimas tinkamas tik tuo atveju, jeigu šie veiksmai paeiliui eina vienas po kito. Jeigu $T1_a > 0$, užgriebis rankomis prasideda nepasibaigus atsispyrimui kojomis, o jei $T2$ ir / arba $T3 < 0$ — kojos pradamos lenkti rankoms dar nesiglaudžiant. Skaičiuojant iš varomųjų jėgų veikimo fazės trukmės buvo atimta $T1_a$, $T2$ ir / arba $T3$ reikšmė.

Pasirengimo fazės naudingumas (rankų tiesimo ir kojų pritraukimo fazės) ($PAR_{(ef)}$) nėra rankų tiesimo ir kojų lenkimo fazių suma. Tai laiko intervalas, kurio metu rankos tiesiamos, o kojos lenkiamos. Jeigu $T2$ ir / arba $T3 < 0$ — kojos pradamos lenkti rankų dar neglaudžiant. Skaičiuojant iš pasirengimo fazės trukmės buvo atimta $T2$ ir / arba $T3$ reikšmė.

Slinkimo fazės naudingumas ($SLIN_{(ef)}$) — tai laiko intervalas nuo kojų glaudimo pabaigos iki užgriebio pradžios. Tačiau jeigu $T1_b > 0$, užgriebis rankomis prasideda tada, kai kojos dar neglaudžiamos, slinkimo fazė lygi nuliui.

Kojų suglaudimo fazės naudingumas ($KSUV_{(ef)}$) — tai laiko intervalas tarp visiško kojų ištiesimo per kelio sąnarį iki pėdų glaudimo pabaigos momento. Tačiau jeigu $T1_a > 0$, užgriebis rankomis prasideda nepasibaigus atsispyrimui kojomis, kojų glaudimo fazės naudingumas lygus nuliui.

Anksčiau išvardytos fazės buvo išreikštos procentais kojų ciklo trukmės atžvilgiu.

Matematinė statistika. Skaičiavimai atlikti naudojantis programos „Microsoft Excel“ statistiniu paketu *Data Analysis*. Apskaičiuotas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis. Aritmetinių vidurkių skirtumo patikimumas nustatytas taikant Studento *t* kriterijų. Vertinant patikimumą, imamas $p < 0,05$ (95% patikimumo) reikšmingumo lygmuo.

REZULTATAI

Plaukimo greitis, tempas ir grybšnio ilgis.

Lietuvos ir Prancūzijos nacionalinės rinktinės narių plaukimo krūtine kinematiniai bei kojų ir rankų judesių derinimo rodikliai pateikti lentelėje. Žvaigždute pažymėti rodikliai, kurių skirtumas yra statistiškai patikimas (* — $p > 0,05$; ** — $p < 0,01$). Duomenys rodo, kad plaukimo greitis, tempas ir grybšnio ilgis plaukiant 50 ir 100 m nuotolius patikimai nesiskyrė, tačiau galima pastebėti didesnę Prancūzijos plaukikų grybšnio ilgį plaukiant ir lėtai, ir greitai (žr. lent.).

Plaukimo greičio kitimas ciklo metu. Plaukimo greičio kitimo kreivės yra individualios, tačiau tam tikri ypatumai būdingi visiems Lietuvos plaukikams (žr. 2 B pav.). Lyginant kreivių formą matyti, kad Lietuvos plaukikų didžiausias momentinis greitis pasiekiamas rankų glaudimo pradžioje, Prancūzijos plaukikų — atsispyrimo kojomis pabaigoje. Tai rodo, kad Prancūzijos plaukikai puikiai išnaudoja kojų atsispyrimo jėgą, nes šioje fazėje pasiekiamas didesnis greitis nei užgriebio ir traukimo metu. Lietuvos plaukikai nepakankamai veiksmingai užbaigia atsispyrimą, nes greitis pradeda mažėti dar jam nepasibaigus. Prancūzijos plaukikai nemažą greičio prieaugį pasiekia rankų suglaudimo fazėje, tuo tarpu Lietuvos plaukikų greitis tuo metu mažėja.

Plaukimo krūtine ciklo fazės. Plaukimo krūtine ciklo fazių santykinės trukmės analizė rodo, kad Lietuvos plaukikai patikimai daugiau ($p < 0,01$) laiko skiria varomosios jėgos sukūrimui rankomis (47%, lyginant su 30%), mažiau laiko rankų tiesimui pirmyn ir slinkimui. Skirtumas ypač išryškėja plaukiant 100 m nuotolį. Kojų judesių fazių trukmė patikimai nesiskiria, išskyrus slinkimą ir kojų lenkimo pirmąją dalį. Lietuvos plaukikų kojų lenkimas trunka patikimai ilgiau ($22,4 \pm 6,6$, lyginant su $13,3 \pm 3,6\%$), o slinkimas patikimai trumpiau, ypač plaukiant 50 m nuotolį ($23,1 \pm 19,0$, lyginant su $41,4 \pm 5,9\%$).

Kojų ir rankų judesių derinimas (koordinacija). Kojų ir rankų judesių koordinacija buvo vertinama apskaičiuojant laiko intervalus tarp atitinkamų ciklo fazių. Lietuvos plaukikų laiko intervalas nuo atsispyrimo kojomis pabaigos iki užgriebio rankomis pradžios ($T1_a$) bei laiko intervalas nuo kojų glaudimo pabaigos iki užgriebio pradžios ($T1_b$) buvo patikimai mažesnis ($p < 0,05$) plaukiant 50 ir 100 m nuotolius. Lietuvos plaukikai, skirtingai nei Prancūzijos, pradeda lenkti kojas neužbaigę grybšnio rankomis (tai rodo Lietuvos plaukikų neigiama $T2$

Lentelė. Lietuvos ir Prancūzijos nacionalinės rinktinės narių plaukimo krūtine kine-
matiniai bei kojų ir rankų judesių
derinimo rodikliai, jų skirtumo
patikimumas

Rodikliai	Lietuvos plaukikai		Chollet et al., 2004		Lietuvos plaukikai		Chollet et al., 2004	
	50 m		50 m		100 m		100 m	
	x	σ	x	σ	x	σ	x	σ
Greitis, m / s	1,42	0,48	1,37	0,13	1,35	0,07	1,33	0,12
Tempas, ciklai / min	44,37	0,84	47,35	8,00	35,80	2,61	39,29	6,40
Grybšnio ilgis, m	1,53	0,58	1,70	0,23	1,75	0,14	2,00	0,30
Varomosios jėgos sukūrimas rankomis, %	47,26**	8,81	29,60	5,70	45,21**	3,91	27,30	6,00
Užgriebis, %	30,19	5,96	22,90	6,20	27,29*	5,49	20,50	4,40
Rankų glaudimas, %	16,49**	2,92	6,60	1,60	13,21**	2,36	6,80	2,80
Slinkimas, %	36,20	7,09	42,50	7,80	34,76*	10,97	48,12	7,80
Rankų tiesimas pirmyn, %	17,96**	2,50	27,70	5,40	16,32**	2,82	24,50	4,70
Pirmoji dalis, %	8,70	3,76	14,10	4,50	8,84	1,83	12,10	3,70
Antroji dalis, %	10,23	4,41	13,70	4,80	7,73	2,23	12,50	4,50
Atsispyrimas, %	19,58	7,82	17,60	4,20	19,10	1,85	16,50	5,30
Kojų glaudimas, %	10,23	4,41	11,50	4,10	10,86	2,25	10,90	3,80
Slinkimas, %	23,10*	19,00	41,40	5,90	36,31	10,21	46,20	6,80
Kojų lenkimas, %	32,85	16,42	29,40	6,30	32,83	8,17	26,30	4,60
Pirmoji dalis, %	21,19	8,50	14,70	4,00	22,42**	6,65	13,30	3,60
Antroji dalis, %	11,65	3,35	14,60	3,70	11,64	3,06	12,90	2,90
T1 _a	-10,17*	10,67	-22,06	6,00	-18,49*	7,90	-29,30	6,30
T1 _b	1,25*	12,18	-10,40	7,80	-7,97*	8,72	-18,40	7,40
T2		9,03	2,30	1,80		6,84	1,90	2,90
T3	3,82	3,22	4,10	6,30	4,67	3,21	3,70	5,50
T4	-1,11	2,79	3,10	5,60	0,63	1,84	3,30	4,20
VAR _(ef)	54,10	7,77	45,10	7,40	48,61	8,27	42,10	8,20
PAR _(ef)	22,06**	3,01	31,60	5,90	21,22*	2,93	28,30	5,10
SLIN _(ef)	-1,25*	12,18	10,40	7,70	7,97	8,72	17,20	9,10
KSU _{V(ef)}	11,42	2,29	11,50	4,10	10,52	2,34	10,90	3,80

Pastaba. x — aritmetinis vidurkis; σ — vidutinis standartinis nuokrypis; * — p > 0,05; ** — p < 0,01.

reikšmė (žr. lent.)). Lietuvos ir Prancūzijos plaukikų kojų lenkimas baigiasi šiek tiek vėliau nei rankos tiesiamos pirmyn — T3 ir T4 patikimai nesiskiria.

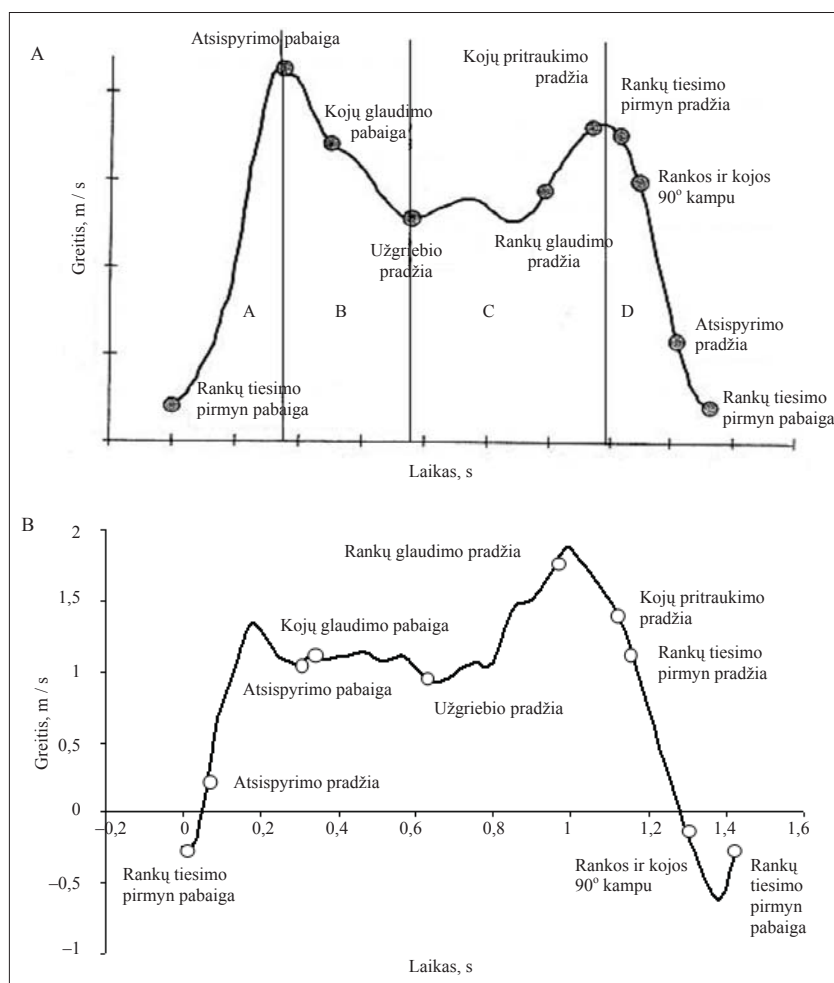
Fazių naudingumas (veiksmingumas). Varomųjų jėgų veikimo fazės naudingumas (VAR_(ef)), išreikštas santykinė trukme, patikimai nesiskyrė, nors galima pastebėti, kad Lietuvos plaukikų varomąją jėgą sukuriančios fazės santykiškai trunka ilgiau. Patikimas skirtumas nustatytas tarp pasirengimo (PAR_(ef)) ir slinkimo fazių (SLIN_(ef)) naudingumo. Prancūzijos plaukikų rezultatai plaukiant lėtai ir greitai PAR_(ef) bei plaukiant greitai SLIN_(ef) patikimai didesni.

REZULTATŲ APTARIMAS

Norint nustatyti biomechaninius veiksnius, ribojančius Lietuvos plaukikų greitį plaukiant krūtine, buvo išanalizuoti literatūroje pateikti įvairių šalių nacionalinio ir tarptautinio lygio plaukikų technikos rodikliai. Lietuvos plaukikų meistriškumas, kurį įvertinome apskaičiavę jų 50 ir 100 m plaukimo krūtine rezultatų procentinę reikšmę nuo

pasaulio rekordų, labiausiai atitiko D. Chollet ir kt. (2004) tirtų Prancūzijos plaukikų meistriškumo lygį. Kadangi Lietuvos ir Prancūzijos plaukikų plaukimo greitis, tempas ir grybšnio ilgis patikimai nesiskyrė, galima teigti, kad nustatytas momentinio greičio kitimo kreivių skirtumas parodo Lietuvos plaukikų technikos ypatumus.

Lietuvos plaukikų didžiausias momentinis greitis pasiekiamas rankų glaudimo pradžioje, Prancūzijos plaukikų — atsispyrimo kojomis pabaigoje. Kitų tyrėjų pateiktose greičio kitimo kreivėse momentinis greitis kojų tiesimo pabaigoje yra lygus arba didesnis už greitį, pasiekiamą užgriebio bei pasitraukimo fazėje ir gali siekti 2,2—2,5 m / s (Craig et al., 2006; Leblank et al., 2007). Lietuvos plaukikų didžiausias momentinis greitis kojų tiesimo metu siekia 1,5 m / s. Tai rodo, kad Lietuvos plaukikų kojų atsispyrimo jėga yra per maža arba ji panaudojama neveiksmingai, ypač atsispyrimo pabaigoje, nes greitis pradeda mažėti dar nepasibaigus atsispyrimui. Kojų tiesimo trukmė nepriklauso nuo plaukikų meistriškumo (Leblanc et al., 2005), tačiau, B. E. Ungerechts (1988) teigimu, kojų tiesimo



2 pav. **Plaukimo momentinio greičio kaita ciklo metu bei fazių pradžios ir pabaigos momentai**

Pastaba. A — modifikuota Prancūzijos plaukikų greičio kreivė (Chollet et al., 2004). B — Lietuvos plaukikų greičio kreivė.

trukmę galima sieti su atsispyrimo jėgos veikimo trukme. Lietuvos plaukikų kojų tiesimo santykinė trukmė nesiskiria nuo kitų plaukikų, tačiau greitis atsispyrimo metu yra daug mažesnis. Atsispyrimo jėgos mažą veiksmingumą gali lemti blogas viršutinės kūno dalies aptakumas atsispyrimo metu, per anksti keliama galva, per žemai nuleistos kojos.

Prancūzijos plaukikai nemažą greičio prieaugį pasiekia rankų suglaudimo fazėje, o Lietuvos plaukikų greitis tuo metu mažėja. D. Chollet ir kt. (2004), A. B. Craig ir kt. (1988), P. M. Soares ir kt. (1999), H. Leblanc ir kt. (2005, 2007), remdamiesi greičio kitimo kreive, išskyrė keturias plaukimo krūtinės ciklo fazes (2 A pav.): A. Greičio didėjimas — varomosios jėgos sukūrimas tiesiant kojas; B. Greičio mažėjimas — kojų glaudimas, slinkimas iki užgriebio rankomis pradžios; C. Greičio didėjimas — varomosios jėgos sukūrimas užgriebio, traukimo ir rankų glaudimo metu; D. Greičio mažėjimas — kojų lenkimas ir rankų tiesimas. Išskirtas fazes galima sugrupuoti kaip darbinės (A ir C fazės) ir parengiamąsias (B ir D fazės). D. Chollet ir kt. (2004), H. Leblanc ir kt. (2005, 2007) rankų glaudimą priskiria prie darbinės fazės, nes jos metu sukuriamas varomoji jėga — kūnas juda greitėjančiai. C. Tourny

ir kt. (1992) teigia, kad rankų glaudimo metu varomosios jėgos veiksmingumas pasireiškia labiausiai. Nors Lietuvos plaukikų rankų darbinė fazė santykiškai trunka ilgiau (ypač rankų glaudimas: 16,49%, palyginti su 6,60% plaukiant 50 m nuotolį, ir 13,21%, palyginti su 6,80% plaukiant 100 m nuotolį), greičio kitimo kreivė rodo nepakankamą rankų glaudimo veiksmingumą, kurio priežastimi gali būti blogas kūno aptakumas arba bloga rankų glaudimo technika, dėl to sukuriamas maža varomoji jėga. H. Leblanc ir kt. (2005) nustatė, kad mažesnio meistriškumo plaukikų rankų glaudimo trukmė yra didesnė, ir tai siejo su dažnai pasitaikančia technikos klaida — per dideliu rankų pasukimu atgal, kada alkūnės juda atgal, o plaštakos leidžiasi žemyn. Tai padidina vandens pasipriešinimą ir laiko sąnaudas. Norint padidinti šios fazės veiksmingumą, alkūnės būtina energingai spausti žemyn, o ne paprastai nuleisti priešais krūtinę (Maglischio, 1993). Anot L. J. D'Acquisto ir kt. (1988), elito plaukikai išskiria tuo, kad sugaišdami tiek pat laiko atliekant veiksmus, sukuriančius varomąsias jėgas, ciklo metu geba nuplaukti didesnę atstumą. Lietuvos plaukikų varomąją jėgą sukuriančios fazės santykiškai trunka ilgiau, o grybšnio ilgis yra mažesnis.

Judesių derinimo analizė parodė, kad Lietuvos plaukikai, skirtingai nei Prancūzijos, pradeda lenkti kojas neužbaigę grybšnio rankomis (tai rodo Lietuvos plaukikų neigiama T2 reikšmė (žr. lent.)). Literatūros duomenimis, toks judesių derinimas būdingas didelio meistriškumo plaukikams įveikiant trumpuosius nuotolius (Chollet et al., 2004), tačiau jų sukurta varomoji jėga rankų suglaudimo metu, matyt, yra didesnė už hidrodinaminę pasipriešinimo jėgą, kuri atsiranda lenkiant kojas.

Lietuvos plaukikų kojų lenkimas (pirmoji dalis) trunka patikimai ilgiau ($22,42 \pm 6,65$, lyginant su $13,3 \pm 3,6\%$), o slinkimas patikimai trumpiau ($23,1 \pm 19$, lyginant su $41,4 \pm 5,9\%$). Judesių derinimo analizė parodė, kad Lietuvos plaukikai trumpiau slenka, nes daug mažesnis laiko intervalas tarp kojų tiesimo pabaigos ir rankų užgriebio pradžios (T1_a). Plaukiant 50 m nuotolį, daugeliu atvejų užgriebis prasideda neglaudžiant kojų (T1_b < 0). Tokia judesių koordinacija būdinga didelio meistriškumo plaukikams (Leblanc et al., 2005), tačiau jie, skirtingai nuo mažesnio meistriškumo plaukikų, plaukia didesniu grybšniu. L. J. D'Acquisto ir kt. (1988) nustatė pati-

kimą koreliacinių ryši tarp parengiamųjų fazių trukmės ir atstumo, nuplaukto jų metu. Didelio meistriškumo plaukikai geba sumažinti vandens pasipriešinimą užimdami aptakesnę padėtį šių fazių metu. Tai glaudžiai susiję su plaukimo ekonomišku (Vilas-Boas, 1996). H. Leblanc ir kt. (2005) duomenimis, didelio meistriškumo plaukikų slinkimo fazės naudingumas, plaukiant 1,49 m / s greičiu, siekia 7,95%, Lietuvos plaukikų, plaukiant 1,42 m / s greičiu, — 1,25%. Lietuvos plaukikai santykiškai ilgiau laiko užima ne tokią aptakią padėtį, todėl santykiškai ilgiau juos veikia didesnė kūną stabdanti hidrodinaminė jėga. Tai dar kartą patvirtina mūsų teiginį, kad Lietuvos plaukikų plaukimo krūtine technika yra nepakankamai veiksminga ir ekonomiška.

IŠVADOS

Lietuvos plaukikai nepakankamai veiksmingai išnaudoja darbinės fazes — atsispyrimą kojomis ir rankų glaudimą. Pasirengimo fazėse kūnas ilgiau užima neaptakią padėtį nei aptakią, dėl to didėja greičio svyravimas ciklo metu.

LITERATŪRA

- Chollet, D., Boulesteix, L. (2001). Evolution of the butterfly coordination in relation to velocity and skill levels of swimmers. In R. H. Sanders (Ed.), *XXIX International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 22—26). University of San Francisco.
- Chollet, D., Seifert, L., Leblanc, H., Boulesteix, L., Carter, M. (2004). Evaluation of arm-leg coordination in flat breaststroke. *International Journal of Sports Medicine*, 25 (7), 486—495.
- Chollet, D., Tourny, C., Gleizes, F. (1999). Evolution of co-ordination in flat breaststroke in relation to velocity. *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (pp. 29—32). Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Colman, V., Persyn, U., Daly, D., Stijnen, V. (1998). A comparison of the intra-cyclic velocity variation in breaststroke swimmers with flat and undulating styles. *Journal of Sports Sciences*, 16 (7), 653—665.
- Costill, D. L., Lee, G., D'Acquisto, L. J. (1987). Video-computer assisted analysis of swimming technique. *Journal of Swimming Research*, 3, 5—9.
- Craig, A. B., Boomer, W. L., Skehan, P. L. (1988). Patterns of velocity in competitive breaststroke, in *Swimming V*. In B. E. Ungerechts, K. Vilke, K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V* (pp. 73—77). Illinois: Human Kinetics Publishers.
- Craig, A. B., Termin, B., Pendergast, D. R. (2006). Simultaneous recordings of velocity and video during swimming *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 6 (2), 32—35.
- D'Acquisto, L. J., Costill, D. L., Gehlsen, G. M., Wong-Tai Young, Lee, G. (1988). Breaststroke economy, skill, and performance. *Journal of Swimming Research*, 4 (2), 9—13.
- Kolmogorov, S. V., Romyantseva, O. A., Gordon, B. J., Cappaert, J. M. (1997). Hydrodynamic characteristics of competitive swimmers of different genders and performance levels. *Journal of Applied Biomechanics*, 13 (1), 88—97.
- Leblanc, H., Seifert, L., Baudry, L., Chollet, D. (2005). Arm-leg coordination in flat breaststroke: A comparative study between elite and non-elite swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 26 (9), 787—797.
- Leblanc, H., Seifert, L., Tourny-Chollet, C., Chollet, D. (2007). Intra-cyclic distance per stroke phase, velocity fluctuations and acceleration time ratio of a breaststroke swimmer's hip: A comparison between elite and nonelite swimmers at different race paces. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (2), 140—147.
- Magel, J. R. (1970). Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles. *Research Quarterly*, 41 (1), 68—74.
- Maglischo, E. W. (1993). *Swimming Even Faster*. Mountain View: Mayfield Publishing.
- Mc Elroy, K., Blanksby, B. (1976). Intra-cycle velocity fluctuations of highly skilled breaststroke swimmers. *Physical Education and Recreation. Australian Journal of Primary Health*, 71, 25—34.
- Nemessuri, M., Vaday M. (1971). Breaststroke motor pattern. *Swimming Science I* (pp. 161—165). Brussels: Universite libre de Bruxelles.
- Sanders, R. H. (1996). Breaststroke technique variations among New Zealand Pan Pacific Squad swimmers. In J. P. Troup, A. P. Hollander, D. Strasse, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, T. A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII. Selected papers from the VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 64—69). Atlanta, GA: E&F.N. Spon.
- Silva, A., Colman, V., Soons, B., Alves, F., Persyn, U. (2003).

Performance relevant time-space variables for breaststroke: Sex differentiation and whole group. In J. C. Chatard (Ed.), *Biomechanics and Medicine in Swimming 9* (pp. 179—183). Publications del'Université de St. Etienne.

Soares, P. M., Sousa, F., Vilas-Boas, J. P. (1999). Differences in breaststroke synchronization induced by different race velocities. In K. L. Keskinen, P. V. Komi, A. P. Hollander, *Swimming Science VIII* (pp. 53—57). Jyvaskyla: University of Jyvaskyla.

Tourmy, C., Chollet, D., Micallef, J. P., Macabies, J. (1992). Comparative analysis of studies of speed variations with in

a breaststroke cycle. *Biomechanics and Medicine in Swimming VI* (pp. 161—166). London: E & Spon.

Ungerechts, B. E. (1988). The relation of peak body acceleration to phases of movements in swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V Human Kinetics* (pp. 61—68). Champaign.

Vilas-Boas, J. P. (1996). Speed fluctuations and energy cost of different breaststroke techniques. In J. P. Troup, A. P. Hollander, D. Strass, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, T. A. Trappe (Eds.), *Swimming Science VII* (pp. 167—171). London: E & Spon.

INTRA-CYCLIC VELOCITY FLUCTUATION AND ARM-LEG COORDINATION OF THE WORLD AND LITHUANIAN INTERNATIONAL LEVEL BREASTSTROKE SWIMMERS WITH FLAT STYLE

Danguolė Satkunskienė, Valentina Skyrienė

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to carry out comparison of intra-cyclic velocity fluctuation and arm-leg coordination among Lithuanian and World international level breaststroke swimmers to identify the technical factors limiting swimming velocity of Lithuanian swimmers.

Four Lithuanian male swimmers whose expertise expressed in percentage of the world record (% of WR) for the 100 m breaststroke on the average reached $92.9 \pm 4.7\%$ and nine French swimmers ($91.4 \pm 2.4\%$ of WR) (Chollet et al., 2004) were included in the analysis.

Lithuanian swimmers were simulated the 50 and 100 m paces swims starting in the water in a 25-m pool. All the swimmers were filmed from side view underwater with one video camera moving parallel to the swimmer on a tracking system and one panning video camera above water. Moments defining begin—end phases were determined from video analysis using a 50 Hz video player of SIMI Motion 2D software. In addition, a body landmark on the pelvis was digitized. Dropped scale lines suspended from the lane cable were used for calibration. The intra-cycle pelvis velocity was obtained by video analysis. The breaststroke cycle was divided into five arm and leg phases. The duration of each phase was expressed as a proportion of the whole stroke cycle. Arm—leg coordination was determined by measurement of the time gaps between the different stroke phases of each pair of motor limbs (Chollet et al., 2004). Based on time gaps effective glide, effective propulsion, effective leg insweep and effective recovery were used to identify the different stroke phases on the body. Average swimming velocity was calculated from the video recording over a 10-m distance. The stroke length was calculated from the average speed and stroke rate.

There were no significant differences between Lithuanian and World international level swimmers' swimming velocity, stroke rate and stroke length. The analysis of time velocity curves showed that the maximum velocity peaks for Lithuanian swimmers corresponding to the end of arm outswEEP and than during arm insweep velocity was decreased. The first increase in velocity associated with the leg extension was markedly, less than increase occurred during arm propulsion phase and the velocity peak occurred before the end of leg extension.

Lithuanian swimmers had a longer duration of the upper limbs propulsion phase (47 vs. 30% on average) and the first part of leg recovery (22.4 vs. 13.3%), a shorter duration of the arm recovery (17 vs. 26% on average), arm gliding especially by swimming 100 m pace (34.76 vs. 48.12%) and leg gliding especially by swimming 50 m pace (23.1 vs. 41.4%); shorter T1_a and T1_b time gap (measuring the glide effect) and negative T2 time gap what meant that the beginning of leg recovery overlapped the end of arm propulsion.

It was concluded that the efficiency of propulsive and non propulsive phases of Lithuanian elite breaststroke swimmers were less than that of world elite swimmers by swimming at the same speed.

Keywords: breaststroke, coordination, intra-cyclic velocity.

Gauta 2008 m. rugsėjo 30 d.
Received on September 30, 2008

Priimta 2008 m. gruodžio 9 d.
Accepted on December 9, 2008

Valentina Skyrienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302666
E-mail v.skyriene@lkka.lt