

PLAUKIMO GREIČIO, KOJŲ LENKIMO IR TIESIMO RYŠYS PLAUKIANT KRŪTINE

Danguolė Satkunskienė, Milda Bilinauskaitė, 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 biomechanikos tyrimai, sportininkų techninio rengimo modeliavimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti kojų lenkimo ir tiesimo poveikį plaukimo greičiui ir pagreičiui plaukiant krūtine.

Buvo tiriami du 15—16 m. plaukikai, turintys II plaukimo kategoriją, ir trys 17—20 m. Lietuvos ar Tarptautinio plaukimo meistrai. 25 m ilgio baseine tiriamieji plaukė 100 m krūtine varžybiniu greičiu, startuodami vandenyje. Kiekviename 25 m ruože rankiniu laikmačiu buvo registruojama 10 m plaukimo trukmė. Viso nuotolio metu plaukikai 25 Hz vaizdo kameromis buvo filmuojami virš vandens ir po juo. Nufilmuotas vaizdas perkeltas į personalinį kompiuterį ir apdorotas naudojant SIMI MOTION programą bei 50 Hz vaizdo grotuvą. Išanalizuotos dvi plaukimo ciklo momentinio greičio kreivės dalys: greičio didėjimo fazė A, kai varomoji jėga sukuriama tiesiant kojas, ir greičio mažėjimo fazė D, kai lenkiamos kojos ir tiesiamos rankos. Nustatytos plaukiko kūno taškų koordinatės ir poslinkiai ciklo metu, apskaičiuoti momentiniai plaukimo greičiai, pagreičiai, A ir D fazių trukmė, klubų ir kelių sąnarių kampai ciklo pradžioje ir pabaigoje.

Nustatyta, kad atsispyrimo kojomis trukmė ir kūno poslinkis A fazėje buvo dvigubai trumpesni už kojų lenkimo trukmę ir poslinkį D fazėje. A fazėje sukurtas teigiamas pagreitis 1,5 karto didesnis už D fazės neigiamą pagreitį. Maksimalus momentinis greitis A fazėje (sukurtas kojomis) buvo mažesnis už maksimalų momentinį greitį D fazėje (sukurtą rankomis). A fazėje vidutinis kelio lenkimo kampas (kampas tarp šlaunies ir blauzdos) siekė $28,75 \pm 7,73^\circ$, klubo lenkimo kampas (kampas tarp šlaunies ir horizontalės) — $67,45 \pm 5,34^\circ$, D fazėje — atitinkamai $43,24 \pm 9,54^\circ$ ir $59,37 \pm 5,48^\circ$. Atsispyrimo pradžioje labiau sulenkus kojas per kelio sąnarį, buvo pasiektas didesnis poslinkis, maksimalus greitis, pailgėjo atsispyrimo trukmė A fazėje. Klubo lenkimo kampas atsispyrimo pradžioje vidutiniškai koreliavo su maksimaliojo greičio reikšme atsispyrimo pabaigoje. Teigiamas vidutinio stiprumo ryšys buvo tarp plaukimo greičio ir didžiausio greičio, išugdyto rankų užgriebio metu, rodiklių D fazės pradžioje. Plaukimo greitis turėjo neigiamą vidutinio stiprumo ryšį su D fazės trukme, neigiamą mažo stiprumo ryšį su greičio pokyčiu ir klubo lenkimo kampu šioje fazėje. Nustatytas vidutinio stiprumo neigiamas ryšys tarp plaukimo tempo ir D fazės trukmės, greičio pokyčio, pagreičio ir klubų lenkimo kampo šios fazės metu. Pastebėtas teigiamas ryšys tarp grybšnio ilgio ir poslinkio bei klubų lenkimo kampo D fazėje.

Vidutinį plaukimo greitį labiau veikė klubų lenkimo kampas greičio mažėjimo fazės pabaigoje. Greičiau plaukė tie plaukikai, kurie kojas per klubų sąnarius lenkė mažesniu kampu. Norint sumažinti greičio pokytį ciklo metu, būtina mažinti kojų lenkimo trukmę. Atsispyrimo pradžioje labiau sulenkus kojas per kelius, daugiau pasilenkiama, maksimalus greitis pasiekiamas kojų tiesimo pabaigoje, padidėja atsispyrimo trukmė.

Raktažodžiai: plaukimas krūtine, technikos analizė, plaukimo greitis.

ĮVADAS

Žmogaus judėjimą vandenyje lemia varomosios (aktyvios) ir vandens pasipriešinimo (pasyvios) jėgų tarpusavio ryšys. Varomąsias jėgas sukuria pats plaukikas, o pasipriešinimo — aplinka ir plaukiko kūno padėtis vandenyje.

Atsispyrimas kojomis plaukiant krūtine kur kas labiau veikia varomosios jėgos sukūrimą, nei plaukiant kitais būdais. R. Richard (2009) teigimu,

rankų ir kojų veiksmai plaukiant krūtine sukuria beveik vienodą varomąją jėgą, tačiau atlikti ne-laiku arba per didelės amplitudės galūnių judesiai sumažina kūno aptakumą ir padidina vandens pasipriešinimo jėgą, kuri stabdo plaukiką ir didina greičio svyravimą ciklo metu.

Plaukimo krūtine greičio kitimas ciklo metu skirstomas į keturias fazes: A. Greičio didėji-

mas — 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 lenkimo ir rankų tiesimo metu (Soares et al., 1999; Chollet et al., 2004; Leblanc et al., 2005, 2007). Išskirtas fazes galima sugrupuoti į darbinės (greičio didėjimo fazes A ir C) ir parengiamąsias (greičio mažėjimo fazes B ir D) (Satkunskienė ir Skyrienė, 2008).

Literatūroje pateiktose greičio kitimo kreivėse momentinis greitis kojų tiesimo pabaigoje (A fazėje) yra lygus arba didesnis už greitį, pasiekiamą užgriebio bei pasitraukimo fazėje (C) ir gali siekti 2,2—2,5 m / s (Craig et al., 2006; Leblanc et al., 2007). Lietuvos plaukikų momentinis greitis kojų tiesimo metu yra mažesnis už greitį, pasiekiamą rankų užgriebio bei traukimo fazėje ir siekia 1,5 m / s (Satkunskienė ir Skyrienė, 2008). Tokio pat meistriškumo kitų šalių plaukikai kojų lenkimo ir rankų tiesimo fazėje (D) praranda mažiau greičio nei Lietuvos plaukikai (Satkunskienė ir Skyrienė, 2008).

Greičio mažėjimą lemia ir aktyvios (kojų lenkimo—atsispyrimo), ir pasyvios (vandens pasipriešinimo) jėgos. Gali būti kelios nepakankamo greičio, atsispiriant kojomis, priežastys: kojų atsispyrimo jėga gali būti per maža arba ji panaudojama neveiksmingai. Mažą atsispyrimo jėgos veiksmingumą gali lemti blogas kūno aptakumas, sudarantis didelę pasipriešinimo jėgą, atsispyrimo metu per anksti keliama galva, per žemai nuleidžiamos kojos, didinančios hidrodinaminį priekinių pasipriešinimą (Rushall et al., 1994), kojų tiesimo trukmė (Ungerechts, 1988). B. S. Rushall ir kt. (1994) teigimu, plaukiko greitis padidės, jeigu kojos judės pečių ir krūtinės skerspjūvio ploto sudarytoje vandens „angoje“, t. y. kojos neturėtų nusileisti per žemai didindamos kūno projekcijos plotą vandens srovės atžvilgiu. Kadangi pasipriešinimo jėga tiesiogiai priklauso nuo plaukiko kūno projekcijos į plokštumą, esančią statmenai plaukimo kryptiai (Toussaint, 2002), tai didėjant kūno

projekcijos plotui, didėja pasipriešinimo jėga. Plaukiant krūtine, kojų atsispyrimo metu pakėlus klubus pakiltų į viršų ir keliai, tai sumažintų kūno projekcijos plotą bei vandens pasipriešinimo jėgą, padidintų varomosios jėgos veiksmingumą (atsispyrimo kryptis būtų horizontalesnė).

Parengiamojoje D fazėje greičio mažėjimo priežastys glaudžiai susijusios su vandens pasipriešinimo didėjimu lenkiant kojas, nes tuo metu didėja kūno projekcijos plotas į plokštumą, statmeną judėjimo kryptį, blogėja kūno aptakumas.

Tyrimo tikslas — nustatyti, kaip kojų lenkimas ir tiesimas veikia plaukimo greitį bei pagreitį plaukiant krūtine.

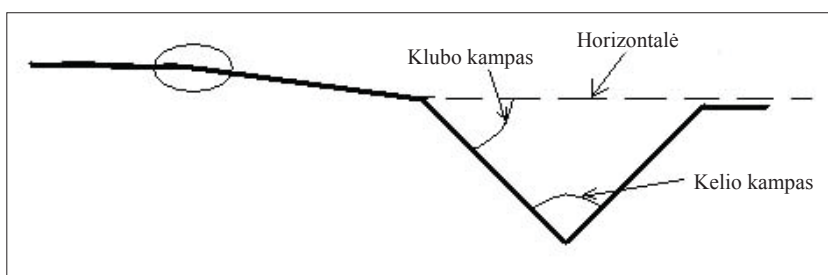
TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Tiriamieji. Buvo tiriami du 15—16 m. plaukikai, turintys II plaukimo kategoriją, ir trys 17—20 m. Lietuvos ar Tarptautinio plaukimo meistrai.

Tyrimo metodai. Tiriamieji 25 Hz vaizdo kamera buvo filmuojami virš vandens ir po juo. Vaizdas virš vandens registruotas CANON XM1 kamera, pastatyta ant baseino krašto ir sekančia sportininką viso plaukimo metu. Vaizdas po vandeni registruotas povandeninio filmavimo sistema, važinėjančia ant bėgių, nutiestų baseino pakraščiu. Kamera po vandeni, nukreipta statmenai į plaukiką, judėjo baseino kraštu ir filmavo sportininką iš šono nuo plaukimo pradžios iki pabaigos.

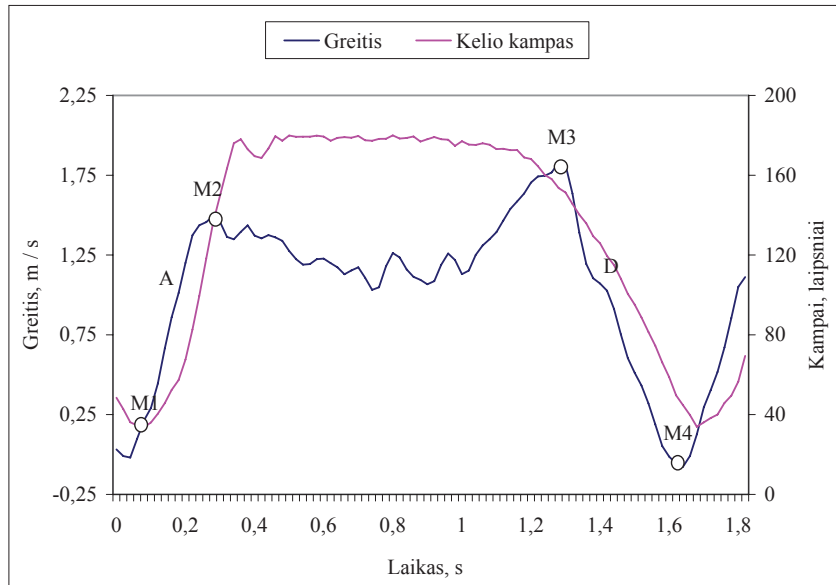
Prieš startą juodu, vandeniui atspariu žymekliu pažymėti tiriamųjų kairės ir dešinės pusės klubo, kelio ir čiurnos sąnariai bei viršutiniai klubo skiauterės taškai.

25 m ilgio baseine tiriamieji plaukė 100 m nuotolį krūtine varžybiniu greičiu, startuodami vandenyje (atsispyrę nuo baseino sienelės). Plaukimo laikas registruotas nuo starto signalo iki plaukimo baigmės (sienelės palietimo rankomis). Rankiniu laikmačiu buvo registruojama 10 metrų plaukimo trukmė kiekviename 25 m nuotolio ruože.



1 pav. Plaukiko, plaukiančio krūtine, poza, parodanti klubo ir kelio kampo matavimus

2 pav. Momentinio greičio ir kelio kampo kaita vieno ciklo metu



Pastaba. A — greičio didėjimo fazė; D — greičio mažėjimo fazė; M₁ — atsispyrimo kojomis pradžia; M₂ — didžiausia greičio reikšmė atsispyrimo kojomis metu; M₃ — didžiausia greičio reikšmė rankų tiesimo ir kojų lenkimo pradžioje; M₄ — mažiausia greičio reikšmė kojų lenkimo pabaigoje.

Registavimo sistemai sekant sportininką po vandeniu, plaukimo momentiniam greičiui nustatyti būtina turėti nejudantį atskaitos tašką. Šiuo tikslu ant baseino skiriamosios juostos kas 5 metrus buvo pakabinti svoriai, kuriuos fiksavo sistema. Kameros po vandeniu kalibravimui nufilmuotas 2 m strypas.

Nufilmuotas vaizdas iš kameros perkeltas į kompiuterį bei apdorotas naudojant SIMI MOTION kompiuterinę programą ir 50 Hz vaizdo grotuvą. Tai leido nustatyti plaukiko kūno taškų koordinatas 20 ms intervalu, apskaičiuoti momentinį plaukimo greitį, plaukimo fazių trukmę, klubo ir kelio lenkimo kampus (1 pav.). Klubo lenkimo kampas — tai kampas tarp šlaunies ir horizontalės, kelio lenkimo kampas — kampas tarp šlaunies ir blauzdos.

Išanalizuotos dvi plaukimo ciklo greičio kreivės dalys: greičio didėjimo fazė A, kai varomoji jėga sukuriama tiesiant kojas; greičio mažėjimo fazė D kojų lenkimo ir rankų tiesimo metu. Rodiklių reikšmės A fazėje apskaičiuotos nuo atsispyrimo kojomis pradžios momento (M₁) iki didžiausios greičio reikšmės atsispyrimo kojomis metu (M₂). D fazėje — nuo didžiausios greičio reikšmės rankų tiesimo ir kojų lenkimo pradžioje (M₃) iki mažiausios greičio reikšmės kojų lenkimo pabaigoje (M₄) (2 pav.).

Poslinkis A fazėje apskaičiuotas iš viršutinės klubo skiauterės taško koordinatės laiko momentu M₂ atėmus šio taško koordinatę laiko momentu M₁. Poslinkis D fazėje nustatytas analogiškai: iš klubo skiauterės taško koordinatės laiko momentu M₄ atėmus šio taško koordinatės reikšmę laiko momentu M₃.

Vidutinis pagreitis (a) A ir D fazėse apskaičiuotas pagal formulę:

$$a = \frac{v(t_{i+1}) - v(t_i)}{(t_{i+1} - t_i)},$$

čia $v(t_{i+1})$ — momentinis greitis fazės pabaigoje; $v(t_i)$ — momentinis greitis fazės pradžioje; t_{i+1} — laiko momentas fazės pabaigoje; t_i — laiko momentas fazės pradžioje.

Vidutinis plaukimo greitis kiekviename 25 m nuotolio ruože apskaičiuotas pagal formulę: $V = S / t_s$ (čia $S = 10$ m, t_s — 10 m plaukimo laikas). Plaukimo tempas (1 / min), t. y. pilnų ciklų skaičius per laiko vienetą, apskaičiuotas pagal formulę: $T = (3 / t_3) / 60$ (čia t_3 — trijų plaukimo ciklų laikas). Grybšnio ilgis (m) apskaičiuotas pagal formulę: $L = V / T$ (čia V — vidutinis plaukimo greitis, T — plaukimo tempas).

Vidutinis plaukimo greitis tyrimo metu buvo 12,08% mažesnis, lyginant su tiriamųjų vidutiniu varžybinio greičiu įveikiant 100 m nuotolį.

Matematinė statistika. Statistiniams skaičiavimams atlikti buvo naudojami visų tiriamųjų keturių plaukimo ciklų duomenys (iš viso 20 ciklų). Skaičiavimai atlikti naudojantis SPSS 12.0 programine įranga. Ryšio stiprumas tarp kinematinų rodiklių ir kojų kampų (per klubo ir kelio sąnarius) įvertintas taikant Spirmeno koreliacinę analizę. Reikšmingumo lygmuo pasirinktas $p < 0,05$ (95% patikimumas).

REZULTATAI

Sportininkų vidutinis plaukimo greitis svyravo nuo 1,01 iki 1,48 m / s, plaukimo tempas — nuo 29,41 iki 45,03 c. / min, grybšnių ilgis — nuo 1,72

Rodikliai	Vidurkis	Mažiausia reikšmė	Didžiausia reikšmė	Standartinis nuokrypis
Plaukimo greitis, m / s	1,25	1,01	1,48	0,14
Tempas, ciklai / min	37,57	29,41	45,03	4,59
Grybšnio ilgis, m	2,00	1,72	2,21	0,12
Greičio didėjimo A fazė				
Poslinkis, m	0,17	0,07	0,27	0,05
Fazės trukmė, s	0,18	0,14	0,24	0,03
Greičio pokytis, m / s	1,43	0,37	1,96	0,36
Pagreitis, m / s ²	8,03	1,70	13,16	2,41
Didžiausia greičio reikšmė, m / s	1,52	1,16	1,86	0,19
Kelių kampas, laipsniai	28,75	17,76	43,43	7,73
Klubų kampas, laipsniai	67,45	57,18	75,45	5,34
Greičio mažėjimo D fazė				
Poslinkis, m	0,31	0,20	0,45	0,06
Fazės trukmė, s	0,43	0,32	0,56	0,08
Greičio pokytis, m / s	-1,96	-2,72	-0,60	0,45
Pagreitis, m / s ²	-4,78	-8,48	-1,26	1,67
Didžiausia greičio reikšmė, m / s	1,67	1,24	2,07	0,26
Kelių kampas, laipsniai	43,24	23,53	59,94	9,54
Klubų kampas, laipsniai	59,37	50,96	68,94	5,48

1 lentelė. Plaukimo krūtine kinematiniai rodikliai

Rodikliai	Vidutinis plaukimo greitis	Tempas	Grybšnio ilgis
Greičio didėjimo A fazė			
Poslinkis	0,21	-0,02	0,17
Fazės trukmė	-0,11	-0,21	0,05
Greičio pokytis	-0,17	-0,05	-0,04
Pagreitis	-0,14	0,00	-0,01
Didžiausia greičio reikšmė	0,08	-0,10	0,29
Kelių kampas	0,24	0,43	-0,29
Klubų kampas	-0,42	-0,58*	0,39
Greičio mažėjimo D fazė			
Poslinkis	0,29	-0,10	0,79*
Fazės trukmė	-0,59*	-0,74*	0,42
Greičio pokytis	-0,51*	-0,68*	0,33
Pagreitis	-0,54*	-0,72*	0,44
Didžiausia greičio reikšmė	0,62*	0,63*	-0,06
Kelių kampas	0,43	0,48*	-0,18
Klubų kampas	-0,45*	-0,62*	0,51*

2 lentelė. Nuotolio įveikimo (vidutinio plaukimo greičio, tempo, grybšnio ilgio) ir A bei D fazių kinematiniai rodiklių koreliaciniai ryšys

Pastaba. * — koreliacijos koeficiento patikimumo lygmuo $p < 0,05$.

iki 2,21 m. Atsispyrimo kojomis trukmė ir kūno poslinkis A fazėje buvo dvigubai trumpesnis už kojų lenkimo trukmę ir poslinkį D fazėje. A fazėje teigiamas pagreitis buvo 1,5 karto didesnis už D fazės neigiamą pagreitį. Kojomis sukurtas maksimalus momentinis greitis A fazės pabaigoje (M_2) buvo mažesnis už rankų sukurtą maksimalų momentinį greitį D fazės pradžioje (M_3). A fazės pradžioje (M_1) vidutinis kelio lenkimo kampas siekė $28,75 \pm 7,73^\circ$, klubo lenkimo kampas — $67,45 \pm 5,34^\circ$. D fazės pabaigoje (M_4) — atitinkamai $43,24 \pm 9,54^\circ$ ir $59,37 \pm 5,48^\circ$ (1 lent.).

Plaukimo greičio, tempo, grybšnio ilgio ir greitėjimo, lėtėjimo fazės kinematiniai rodiklių koreliacinio ryšio analizės rezultatai pateikti 2

lentelėje. Nustatytas teigiamas vidutinio stiprumo ryšys ($p < 0,05$) tarp plaukimo greičio ir didžiausio momentinio greičio D fazėje (M_3), t. y. greičio, sukurto rankų pasitraukimo metu. Plaukimo greičio rodikliai turėjo neigiamą vidutinio stiprumo ryšį su D fazės trukme, neigiamą mažo stiprumo ryšį su greičio pokyčiu ir klubo lenkimo kampu (M_4). Analizė parodė, kad didesnis neigiamas pagreitis greičio mažėjimo fazėje pasiektas tada, kai vidutinis plaukimo greitis buvo didesnis ($r = -0,54$). Plaukimo tempas labiau koreliavo su D fazės rodikliais. Nustatytas vidutinio stiprumo neigiamas koreliacinis ryšys tarp plaukimo tempo ir D fazės trukmės, greičio pokyčio, pagreičio ir klubo lenkimo kampo (M_4). Aptiktas teigiamas statistinis

3 lentelė. Kojos lenkimo kampų (kelių, klubų) ir A bei D fazių kinematinė rodiklių koreliacinis ryšys

Rodikliai	Kelių kampas	Klubų kampas
Greičio didėjimo A fazė		
Poslinkis	-0,54*	0,27
Fazės trukmė	-0,56*	0,15
Greičio pokytis	0,15	0,07
Pagreitis	0,48*	-0,09
Didžiausia greičio reikšmė	-0,47*	0,58*
Greičio mažėjimo D fazė		
Poslinkis	-0,18	0,27
Fazės trukmė	-0,69*	0,67*
Greičio pokytis	-0,49*	0,40
Pagreitis	-0,65*	0,54*
Didžiausia greičio reikšmė	0,43	-0,35

Pastaba. * — $p < 0,05$ — koreliacijos koeficiento patikimumo lygmuo.

ryšys tarp grybšnio ilgio ir poslinkio ($r = 0,79$) bei klubo kampo ($r = 0,51$) rodiklių greičio mažėjimo fazėje.

Greičio didėjimo A fazėje nustatytas neigiamas koreliacinis ryšys tarp kelio kampo ir poslinkio, fazės trukmės ir didžiausios greičio reikšmės (3 lent.). Tai rodo, kad atsispyrimo pradžioje labiau sulenkus kojas per kelius (M_1) pasiekiamas didesnis poslinkis, maksimalus greitis, padidėja atsispyrimo trukmė. Teigiamas silpnas ryšys tarp kelio kampo ir pagreičio ($r = 0,51$) rodo, kad labiau sulenkus kojas pasiekiamas mažesnis vidutinis pagreitis atsispyrimo metu, nes padidėja atsispyrimo trukmė. Atsispyrimo pradžioje (M_1) labiau sulenkinti klubai lėmė didesnę greitį atsispyrimo pabaigoje ($r = 0,58$).

Greičio mažėjimo fazėje nustatytas neigiamas koreliacinis ryšys tarp kelio kampo tuo momentu, kai greitis ciklo metu yra mažiausias, ir D fazės trukmės, greičio pokyčio bei pagreičio. Klubų lenkimo kampo (M_4) rodikliai teigiamai koreliavo su fazės trukme ir neigiamu pagreičiu (atitinkamai $r = 0,67$ ir $r = 0,54$).

REZULTATŲ APTARIMAS

Plaukimo greitį, plaukiant krūtine, daugiausia lemia kojų lenkimas ir tiesimas. Netinkamai atliekant kojų lenkimo veiksmą, greitis staiga mažėja, nes didėja vandens pasipriešinimas dėl pasikeitusios plaukiko kūno formos. Kojų tiesimo metu greitis išauga dėl kojomis sukurtos aktyviosios jėgos ir mažėjančio kūno formos pasipriešinimo.

Tyrimo rezultatai parodė, kad klubo lenkimo kampas (M_4) patikimai koreliuoja su plaukimo vidutiniu greičiu tuo momentu, kai greitis ciklo metu yra mažiausias. Greičiau plaukė tie plaukikai, kurie kojas per klubų sąnarius lenkė mažesniu kampu. Neigiamas vidutinio stiprumo ryšys tarp

plaukimo greičio ir D fazės trukmės bei teigiamas vidutinio stiprumo ryšys tarp D fazės trukmės ir klubų lenkimo kampo (M_4) leidžia manyti: norint sumažinti neigiamą greičio pokytį kojų pritraukimo metu, būtina mažinti šios fazės trukmę. Gauti duomenys neprieštaruoja anksčiau atlikto judesių derinimo, plaukiant krūtine, tyrimo rezultatams: Lietuvos plaukikų kojų lenkimas (pirmoje dalyje) trunka patikimai ilgiau, lyginant su kitų šalių atitinkamo meistriškumo plaukikais (Satkunsienė ir Skyrienė, 2008). Tikėtina, kad greičio pokytis ciklo metu sumažėtų, sutrumpinus kojų pritraukimo fazės trukmę.

Australijos plaukimo ekspertas dr. R. Richards (2009) teigia, kad labai svarbu išlaikyti tinkamą (aptakią) kūno padėtį plaukiant krūtine, ypač kojų lenkimo metu. Jis rekomenduoja pradėti kojas lenkti švelniai traukiant kulnus šiek tiek žemiau vandens paviršiaus sėdmenų link. Aktyviai lenkti šlaunis reikėtų pradėti kiek įmanoma vėliau ir kuo staigiau, vengiant bet kokios pauzės tarp kojų sulenkimo ir aktyvaus tiesimo pradžios. Per anksti pradėtas kojų lenkimas gali padidinti vandens pasipriešinimą.

Šio tyrimo metu A fazės rodikliai vidutinio plaukimo greičio nepaveikė. Tai atsitiko dėl to, kad Lietuvos plaukikų momentinis greitis kojų tiesimo metu yra mažesnis už greitį, pasiekiamą užgriebio ir pasitraukimo fazėje (Satkunsienė ir Skyrienė, 2008). Tuo tarpu kitų šalių plaukikų momentinis greitis kojų tiesimo pabaigoje yra lygus arba didesnis už greitį, pasiekiamą užgriebio ir pasitraukimo fazėje (Craig et al, 2006; Leblank et al., 2007).

Viena iš priežasčių, kodėl Lietuvos plaukikų momentinis greitis kojų tiesimo pabaigoje (M_2) yra mažas — nepakankami kojų veiksmai. Išanalizavus, kaip kelio lenkimo kampas (M_1) veikia kinematinis rodiklius greičio didėjimo fazėje, nustatyta, kad kelio lenkimo kampas fazės pradžioje

turėjo patikimą statistinį ryšį su kūno poslinkiu, A fazės trukme, pagreičiu ir didžiausio greičio reikšme fazės pabaigoje (M_2). Plaukikai, kurių keliai kojų tiesimo pradžioje (M_1) buvo sulenkti labiau, A fazės pabaigoje (M_2) pasiekė didesnę greitį.

Plaukimas krūtine — techniškai sudėtingas, geros koordinacijos reikalaujantis plaukimo būdas (Colwin, 1992;). Ypač sudėtingi kojų veiksmai, nes būtina gerai suderinti klubų, kelių ir čiurnų sąnarių judesius, kai lenkiamos ir tiesiamos ne tik šlaunys ir blauzdos, bet praskečiamos ir suglaudžiamos šlaunys, sukamos į išorę ir vidų, blauzdos sukamos į išorę ir vidų, atliekama pėdų inversija, jos tiesiamos ir lenkiamos. H. U. B. Vervaecke ir U. J. J. Persyn, (1979), D. Daly ir kt. (1988), B. C. Kippenhan (2001, 2002) nustatė, kad greičiau plaukia tie plaukikai, kurių kojų sąnarių paslankumas didesnis, ypač kelių sukimas į išorę, pėdų inversija ir lenkimas.

Atsižvelgiant į dr. R. Richards rekomendacijas, kojų sąnarių paslankumo tyrimus (Vervaecke, Persyn, 1979; Daly et al., 1988; Kippenhan, 2001, 2002) ir šio tyrimo rezultatus, galima daryti šias išvadas: norint padidinti atsispyrimo veiksmingumą, būtina daugiau dėmesio skirti kojų segmentų judesių derinimui.

IŠVADOS

Vidutinį plaukimo greitį daugiau lėmė klubų lenkimo kampas greičio mažėjimo fazės pabaigoje. Greičiau plaukė tie plaukikai, kurie kojas per klubų sąnarius lenkė mažesniu kampu. Norint sumažinti greičio pokytį ciklo metu, būtina mažinti kojų lenkimo trukmę. Atsispyrimo pradžioje labiau sulenkus kojas per kelius, daugiau pasislankama, pasiekiamas didesnis maksimalus greitis kojų tiesimo pabaigoje, padidėja atsispyrimo trukmė.

LITERATŪRA

- 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.
- Colwin, C. M. (1992). *Swimming into the 21st century*. Champaign, IL: Leisure Press. P. 19—59.
- Craig, A. B., Termin, B., Pendergast, D. R. (2006). Simultaneous recording of velocity and video during swimming. *Portuguese Journal of Sport Science*, 6 (2), 32—35.
- Daly, D., Persyn, U., Van Tilborgh, L., Riemaker, D. (1988). Estimation of sprint performance in the breaststroke from body characteristics. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V: Proceedings of the Vth International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming* (pp. 101—107). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kippenhan, B. C. (2001). Influence of lower extremity joint motions of the effectiveness of the kick in breaststroke swimming. In J. R. Blackwell, R. H. Sanders (Eds.), *Proceedings of swim sessions: XIX International Symposium on Biomechanics in Sports June 20—26, 2001* (pp. 48—52). San Francisco, CA: University of San Francisco.
- Kippenhan, B. C. (2002). *Lower-extremity joint angles used during the breaststroke whip kick and the influence of flexibility on the effectiveness of the kick. ISBS 2002. Caceres — Extremadura — Spain* (pp. 31—34). Bemidji, Minnesota, USA: Bemidji State University.
- 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 Sport Medicine*, 26 (9), 787—797.
- Leblanc, H., Seifert, L., Tourny-Chollet, C., Chollet, D. (2007). Intra-cyclic distance per stroke phase, velocity fluctuations and accelerations time ratio of a breaststroker's hip: A comparison between elite and non-elite swimmers at different race paces. *International Journal of Sport Medicine*, 28 (2), 140—147.
- Richards, R. (2009). *The mechanics of modern breaststroke swimming*. Informacinis straipsnis [interaktyvus] [žiūrėta 2009 03 03]. Prieiga internetu: http://www.gsvl.de/mech_br.pdf
- Rushall, B. S., Sprigings, E. J., Holt, L. E., Cappeart, J. M. (1994). A re-evaluation of forces in swimming. *Journal of Swimming Research*, 10, 6—30.
- Satkunskienė, D., Skyrienė, V. (2008). Lietuvos ir pasaulio plaukikų plaukimo krūtine judesių derinimas ir momentinio greičio kitimas ciklo metu. *Ugdymas. Kūno Kultūra. Sportas*, 4 (71), 90—97.
- 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. Holmlander, *Swimming Science VIII* (pp. 53—57). Juvaskyla: University of Juvaskyla.
- Toussaint, H. M. (2002). *The fast skin 'body' suit: hip, hype, but does it reduce drag during front crawl swimming?: XXth International Symposium on Biomechanics in Sports — Swimming* (pp. 15—24). Caceres, Spain: University of Extramedura.
- Ungerechts, B. E. (1988). The relation of peak body acceleration to phase of movements in swimming. In B. E. Ungerechts, K. Wilke, K. Reischle (Eds.), *Swimming Science V Human Kinetics* (pp. 61—68). Champaign.
- Vervaecke, H. U. B., Persyn, U. J. J. (1979). Effectiveness of the breaststroke leg movement in relation to selected time-space, anthropometric, flexibility, and force data. In J. Terauds, E. W. Bedingfield (Eds.), *Swimming II: Proceedings of the Third International Symposium of Biomechanics in Swimming* (pp. 320—328). Baltimore, MD: University Park Press.

INTERACTION BETWEEN SWIMMING VELOCITY, LEG FLEXION AND EXTENSION IN BREASTSTROKE

Danguolė Satkunskienė, Milda Bilinauskaitė, Valentina Skyrienė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The purpose of the study was to investigate the influence of leg kick on swimming velocity and acceleration during the breaststroke.

Two 15—16 year-old male swimmers, who have II category in swimming, and three 17—20 year-old male swimmers, who are Lithuanian or International masters in swimming, were analyzed. Athletes were swimming 100 m breaststroke at a speed of competition starting in the water in 25 m pool. 10 m time was recorded in each 25 m distance with a manual stopwatch. All the swimmers were filmed from side view underwater with a video camera moving parallel to the swimmer on a tracking system and one panning video camera above the water. The video was transferred to computer and moments defining the start — end phases were determined from the video analysis using a 50 Hz video player of SIMI Motion 2D software. Two parts of instantaneous velocity curve of one cycle were analyzed: (phase A) of increasing velocity, when propulsion was created by kicking legs and (phase D) of decreasing velocity, when legs were flexing and arms were extending. The coordinate of swimmers' body points were measured, instantaneous swimming velocity, times of A and D phases, angles of hip and knee at the beginning and at the end of the cycle were calculated.

We established that the time of leg kick and the displacement of the body in phase A were two times shorter than the leg flexion and the body displacement in phase D. Positive acceleration which was created in phase A was 1.5 time bigger than negative acceleration created in phase D. The maximum of velocity (created by legs) in phase A was smaller than the peak of velocity in phase D (created by hands). Angle average by knee flexion (angle between hip and calve) in phase A reached $28.75 \pm 7.73^\circ$, hip angle of flexion — $67.45 \pm 5.34^\circ$. The measurement in phase D were $43.24 \pm 9.54^\circ$ and $59.37 \pm 5.48^\circ$ respectively. At the beginning of the leg kick, when knees were more flexed, in phase A the bigger body displacements were reached, maximum peak of velocity, and longer time of kick. The angle of hip flexion at the beginning of the kick was interrelated in medium correlation with the biggest velocity at the end of kick. Positive middle correlation was established between swimming velocity and the peak of velocity, which was created by hands, in the beginning of phase D. Swimming velocity had negative mean correlation with the time of phase D, negative correlation of small power with velocity change, acceleration and angle of hip flexion in this phase. Negative correlation was established between the stroke rate and the time of phase D, velocity change, acceleration and angle of hip flexion in this phase. Positive correlation was indicated between the stroke length and displacement, and the angle of hip flexion in phase D.

Swimming velocity was more influenced by the angle of hip flexion at the end of the decreasing velocity phase. Those swimmers, whose legs were in a smaller angle of hip, were faster. Reduced time of legs flexion is important to reach the smaller change of velocity in cycle. The biggest displacement, maximum velocity at the end of leg extension, the increased time of phase A were obtained at the moment of the beginning of legs extension when the angle of knee was smaller.

Keywords: breaststroke, analysis of technique, swimming velocity.

Gauta 2009 m. kovo 30 d.
Received on March 30, 2009

Priimta 2009 m. gegužės 26 d.
Accepted on May 26, 2009

Danguolė Satkunskienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 686 17424
E-mail d.satkunskiene@lkka.lt