

KOMPIUTERIZUOTA DINAMOGRAFINĖ SISTEMA PLAUKIKŲ SPECIALIOSIOS JĖGOS PARAMETRAMS TIRTI

Ilona Judita Zuozienė¹, Algimantas Kriščiukaitis², Kazimieras Muckus¹

*Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno medicinos universiteto Biomedicininis tyrimų institutas²,
Kaunas, Lietuva*

Ilona Judita Zuozienė. Docentė socialinių mokslų daktarė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Vandens sporto šakų katedros docentė. Mokslinių tyrimų kryptis — sportuojančiųjų fizinio parengtumo kontrolė ir treniruotės valdymas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — ištirti ir įvertinti plaukikų specialiosios jėgos dinaminį parametru tyrimo galimybes taikant originalią kompiuterizuotą dinamografinę sistemą. Tiriamieji ir tyrimo metodika: 24 įvairaus meistriškumo plaukikai atliko standartinius testus (Оноприенко, Атаманов, 1973; Yeater et al., 1981; Фомиченко, 2001), kurių metu buvo registruojami traukio jėgos parametrai: a) maksimalioji traukio jėga sausumoje imituojant plaukimo peteliške grybšni izometriniu režimu (F_{max} s) ir su pririštu guminiu amortizatoriumi plaukiant vandenyje; b) vien rankomis (F_{vr}); c) vien kojomis (F_{vk}); d) visiškai koordinuojant rankų ir kojų judesius (F_{vpk}); e) traukio jėga 30-ies sekundžių trukmės plaukimo testo metu (maksimalioji traukio jėga F_{max} 30 ir traukio jėga 30-ą sekundę F_{30} s). Traukio jėgos kitimas buvo registruojamas ir analizuojamas originalia kompiuterizuota dinamografinė sistema. Ją sudaro dinamometras, kurio elektrinis signalas, proporcingas traukio jėgai, buvo registruojamas specialios konstrukcijos elektroniniu signalo kaupikliu. Signalas, užregistruotas duomenų įvedimo įrenginiu „Data Acquisition Card DAS1402“ (Cyber Research, USA), buvo skaitmenizuojamas ir talpinamas personalinio kompiuterio atmintyje. Diskretizavimo dažnis buvo 1000 Hz, o signalo skiriamoji geba — 12 bitų, arba 4096 lygiai. Traukio jėgos signalo parametru analizė atlikta specialia programa, sukurta naudojant programavimo kalbą DELPHI. Visi registruoti traukio jėgos rodikliai buvo lyginami su 100 m nuotolio plaukimo laisvuju stiliumi maksimaliais rezultatais.

Remiantis tyrimų duomenimis, daromos šios išvados: 1) plaukikų specialiosios jėgos registravimas ir analizė naudojant kompiuterizuotą dinamografinę sistemą leidžia fiksuoti ne tik absoliučius traukio jėgos dydžius, bet ir sukuriama traukio jėgos svyravimų netolygumus plaukimo ciklo ir net grybšnio metu, kurie teikia svarbią informaciją apie sportininko techninio parengtumo lygį; 2) tiriant plaukikų specialųjį fizinį parengtumą kompiuterizuota dinamografinė sistema nustatyta, kad plaukikų testavimo metu dažnai naudojamas maksimaliosios traukio jėgos sausumoje rodiklis 100 m plaukimo laisvuju stiliumi rezultatams prognozuoti pasirodė nepakankamai tinkamas. Geriausiai rezultatus rodo šie plaukimo su pririštu amortizatoriumi testo traukio jėgos rodikliai: traukio jėga plaukiant visiška koordinacija (F_{vpk}), maksimalioji 30 sekundžių testo jėga (F_{max} 30), jėga 30-ą sekundę (F_{30} s).

Raktažodžiai: plaukimas, traukio jėga, dinamografinė sistema.

IVADAS

Plaukikų specialusis parengtumas bei techninių įgūdžių tobulinimas aktualus visais sportininkų rengimo etapais ir glaudžiai siejasi su jėgos lavinimu. Yra nustatyta, kad specialiosios jėgos išlavėjimo lygis gana reikšmingai veikia plaukikų rezultatus. Tačiau netinkamas jėgos ypatybių lavinimas gali sukelti neigiamą efektą (Counsilmen, J. E., Counsilmen, B. E., 1994; Гордон, Сируц, 1990; Фомиченко, 2001). Todėl plaukikų jėgos lavinimas bei su šia ypatybe glaudžiai susijęs techninis sportininkų tobulėjimas nepraranda savo aktualumo ir vis dar žadina mokslininkų, praktikų ieškojimus. Gausu užsienio (Bulgakova et al., 1990; Costill et al.,

1994; Гордон, Сируц, 1990; Фомиченко, 2001; Платонов, 2000 ir kt.) ir Lietuvos (Рудокене, 1981; Скирюс, 1986; Lagūnavičienė, Skyrienė, 1989; Juozaitis ir kt., 1998; Sokolovas ir kt., 1999; Skyrius ir kt., 2004) mokslininkų atliktų darbų, kurių objektas — įvairaus amžiaus ir meistriškumo plaukikų jėgos lavinimo ypatumai.

Vienas iš pagrindinių kiekybinių rodiklių, rodančių plaukikų specialiosios jėgos lygį, yra traukio jėga — tai plaukiko judesiais sukuriama varomoji jėga vandenyje. Dažniausiai dėl ribotų techninių galimybių plaukikų rankų ir kojų raumenų jėgos parametrai registruojami atliekant imitacinius pratimus sausumoje (Curran, 1980;

Фомиченко, 2001; Платонов, 2000 ir kt.). Tačiau plaukimo judesių imitacija ant treniruoklių sausuomoje pagal dinamines ir laiko charakteristikas bei koordinaciją neviseškai atitinka plaukikų atliekamų grybšnių judesius specifinėmis sąlygomis (Иссурин, 1988; Bing, 1989; Ратов, 1994 ir kt.).

Įvertinti traukio jėgą plaukiant mėginama tiesioginiais ir netiesioginiais metodais: matuojama spaudimo jėga į delno paviršių, nardinant rankos modelį į vandens srovę įvairiais kampais, atliekant biomechaninę plaukiko judesių analizę (Satkunskienė, Lagūnavičienė, 2000). Plaukimo praktikoje taip pat naudojami įvairūs dinamometrai, kuriais fiksuojamos maksimalios plaukikų pastangos atliekant pratimus sausuomoje ir plaukiant (Абселямов, Тимакова, 1983; Hopper et al., 1983; Ikuta et al., 1996 ir kt.), siūloma registruoti informaciją apie išugdomos jėgos dinaminę ir kinematinę parametrų pokyčius per laiko vienetą (Dopsaj et al., 2000). Mūsų šalyje vis dar nėra pakankamai patikimų ir tikslių metodų, kurie leistų ne tik registruoti maksimalias traukio jėgos reikšmes plaukiant, bet ir fiksuoti jos pokyčius per laiko vienetą. Todėl buvo sukurta kompiuterinė dinamografinė sistema, skirta specialiosios traukio jėgos vandenyje parametrų tirti. Ši sistema sukurta bendradarbiaujant Lietuvos kūno kultūros akademijos ir Kauno medicinos universiteto Biomedicininio tyrimų instituto mokslininkams.

Tyrimo tikslas — iširti ir įvertinti plaukikų specialiosios jėgos dinaminę parametrų tyrimo galimybes taikant originalią kompiuterizuotą dinamografinę sistemą.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Tiriamieji. Tirtis savanoriškai sutiko 24 įvairaus meistriškumo plaukikai. Jų amžius — $19,3 \pm 0,4$ metai, kūno masė — $76,9 \pm 3,2$ kg.

Metodai:

1. *Dinamometrija.* Plaukikai atliko standartinius testus (Онопrienko, Атаманов, 1973; Yeater et al., 1981; Фомиченко, 2001), kurių metu buvo registruojami traukio jėgos parametrai: a) maksimalioji traukio jėga sausuomoje imituojant plaukimo peteliške grybšnį izometriniu režimu (F max s) ir su pririštu guminiu amortizatoriumi plaukiant vandenyje; b) vien rankomis (F vr); c) vien kojomis (F vk); d) visiškai koordinuojant rankų ir kojų judesius (F vpk); e) 30-ies sekundžių trukmės plaukimo testo

metu (maksimalioji traukio jėga F max 30 ir traukio jėga 30-ą sekundę F 30 s). Traukio jėgos kitimas buvo registruojamas ir analizuojamas originalia kompiuterizuota dinamografinė sistema. Dinamografinę sistemą sudaro dinamometras Np120 (TPG, Ivanovo, USSR), kurio elektrinis signalas, proporcingas traukio jėgai, buvo registruojamas specialios konstrukcijos elektroniniu signalo kaupikliu „Panasonic RR-US320“ (Japan). Signalas, užregistruotas duomenų įvedimo įrenginiu „Data Acquisition Card DAS1402“ (Cyber Research, USA), buvo skaitmenizuojamas ir talpinamas personalinio kompiuterio atmintyje. Diskretizavimo dažnis buvo 1000 Hz, o signalo skiriamoji geba — 12 bitų, arba 4096 lygiai. Traukio jėgos signalo parametrų analizė atlikta specialia programa, sukurta naudojant programavimo kalbą *DELPHI*.

2. *100 m nuotolio plaukimas* laisvuju stiliumi (s) siekiant geriausio rezultato.
3. Tirti rodikliai įvertinti matematinės statistikos metodais: rezultatų skirtumo patikimumas — pagal *Mano—Vitnio—Vilkoksono* kriterijaus *p* reikšmes (Metha, Patel, 1996); skaičiavimai atlikti naudojant kompiuterinę programą *Excel* ir statistinių skaičiavimų programų paketu *SPSS*.

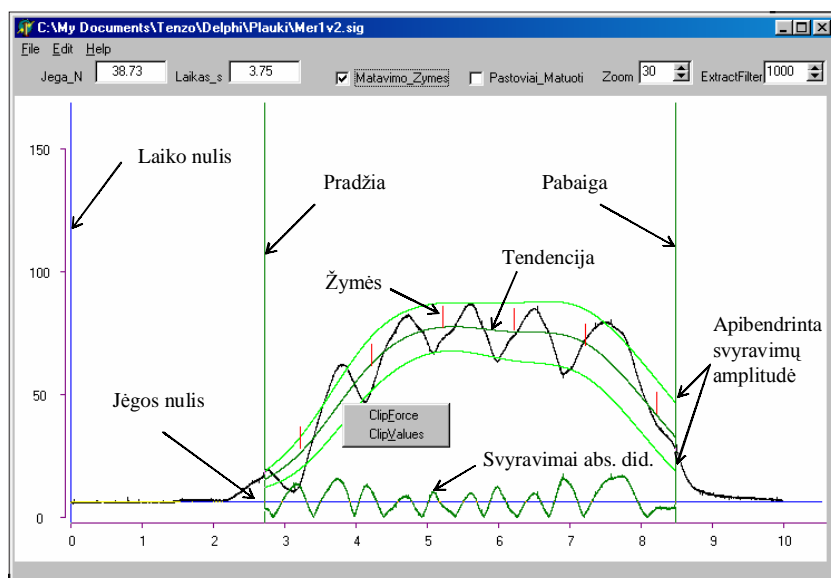
Tyrimo eiga. Po pramankštos (15 min tempimo pratimų) salėje buvo registruojama maksimalioji traukio jėga sausuomoje (F max s). Po standartinės pramankštos baseine (1000 m plaukimo vidutiniu intensyvumu) buvo fiksuojamas 100 m plaukimo laisvuju stiliumi rezultatas. Paskui atliekami plaukimo su pririštu amortizatoriumi testai plaukiant vien rankomis, kojomis ir visiška koordinacija. Testų metu registruojamas traukio jėgos signalas, pagal kurį įvertinami traukio jėgos parametrai: jėga plaukiant rankomis (F vr); jėga plaukiant kojomis (F vk); jėga plaukiant visiška koordinacija (F vpk). Po 5 minučių aktyvaus poilsio tiriamieji atliko 30 sekundžių plaukimo su pririštu amortizatoriumi testą, kurio metu buvo įvertinti traukio jėgos parametrai: maksimalioji 30 sekundžių testo jėga (F max 30); jėga 30-ą sekundę (F 30 s) ir jėgos svyravimų amplitudė (Svyr. ampl.).

REZULTATAI

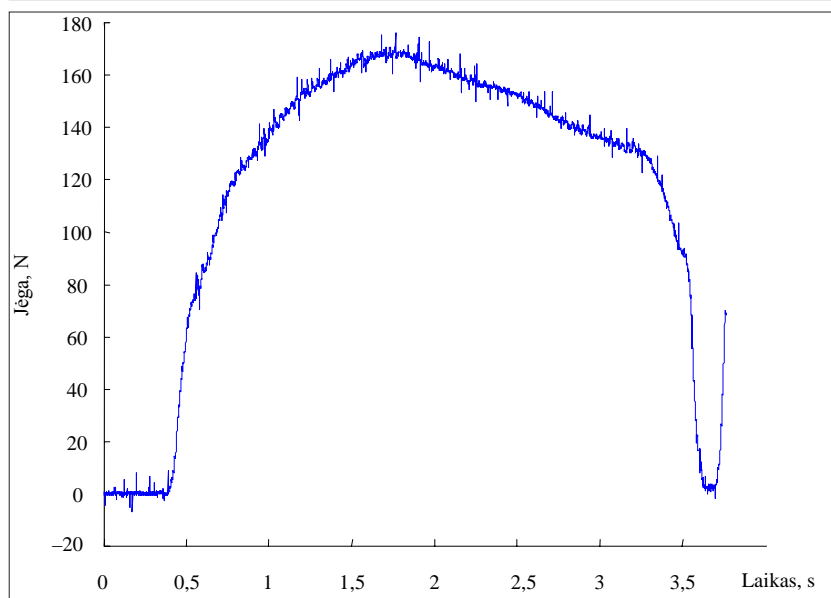
Kompiuterinės dinamografinės sistemos programos lango pavyzdys pateiktas 1 paveiksle. Jame pavaizduoti užregistruotos jėgos signalo

pokyčiai per laiko vieneta, jo tendencijos kreivės, pagrindinės signalo komponentės, kiekybiniai įverčiai (rodikliai) ir tai, kaip jie atitinka tiriamųjų treniruotumą. Traukio jėga, plaukiant su pririštu guminiu amortizatoriumi, pradžioje didėja ištempiant amortizatoriui, stabilizuojasi ir pradeda mažėti, kai pasireiškia nuovargis. Signalą sudaro pagrindinė komponentė, rodanti bendrą jėgos kitimo tendenciją, ir svyravimai, nusakantys rankų ir kojų grybšnių dinamines charakteristikas. Traukio jėgos signalo analizė pradedama nuo pagrindinės komponentės išskyrimo. Norėdami išvengti registravimo metu esamo triukšmo ir atsižvelgdami į gana platų jėgos svyravimų dažnio spektrą, pagrindinei komponentei išskirti visą traukio jėgos signalą sudalydavome 1 sekundės intervalais ir juose suskaičiuodavome medianines reikšmes. Pagrindinės komponentės signalo reikšmes (tiek pat reikšmių tais pačiais laiko momentais, kaip ir

pradinio signalo metu) suskaičiuodavome, medianines reikšmes išdėstydavome dalijimo intervalų viduryje laiko atžvilgiu (1 pav. pažymėta „Žymės“), o tarp jų atlikdavome interpoliaciją kubiniu splineu. Šis masyvas ir yra pagrindinė jėgos signalo komponentė (1 pav. pažymėta „Tendencija“), kurią atėmus iš pradinio signalo gaunamas jėgos svyravimų signalas. Šių svyravimų amplitudė buvo apibendrintai vertinama tuose pačiuose dalijimo intervaluose. Signalų atskaitymų absoliutaus dydžio reikšmės išrikiuojamos mažėjančia tvarka ir įverčiu laikoma 50-a iš eilės einanti reikšmė. Taip atmetamos atsitiktinės triukšmo ar registravimo artefaktų reikšmės. Dalijimo intervalai dažniausiai apima ne vieną, o keletą plaukiko grybšnių, todėl šis 49-ių (didžiausių verčių) atskaitymų atmetimas signalo svyravimų amplitudei įvertinti didelės reikšmės neturi. Toliau, kaip ir pagrindinės jėgos komponentės atveju, atliekama inter-



1 pav. Traukio jėgos signalo analizės programos langas



2 pav. Traukio jėgos signalo pavyzdys, užregistruotas 30 s testo metu

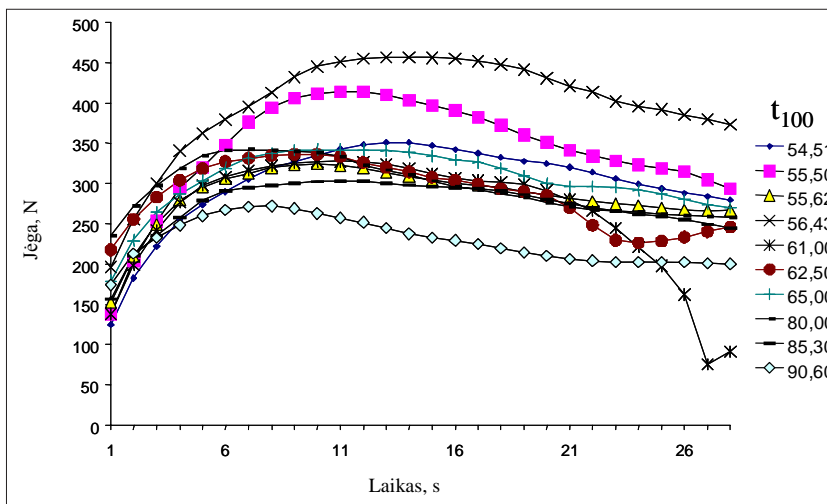
poliacija kubiniu splainu. Kad būtų vaizdžiau, 1 paveiksle šios reikšmės pavaizduotos dviem kreivėmis, kurios apgaubia pradinį signalą ir gaunamos pridėjus bei atėmus šias reikšmes iš pagrindinės signalo komponentės („Apibendrinta svyravimų amplitudė“). Toks įverčio reikšmių vaizdavimas tyrimo metu padėdavo kontroliuoti automatinį šio parametro vertinimą. Tas rodiklis rodo tiriamojo masės centro svyravimus, vykstančius dėl dviejų pagrindinių jį veikiančių jėgų (amortizatoriaus reakcijos jėgos ir galūnių grybšnių sukuriama traukio jėgos) kintamos pusiausvyros. Ši plaukiko išugdomos traukio jėgos svyravimų amplitudė priklauso nuo kūno masės, kuri tarp tiriamųjų buvo gana tolygiai pasiskirsčiusi ir siekė 59–100 kg (t. y. skirtumas iki 40%). Todėl norėdami įvertinti ir palyginti svyravimų amplitudę naudojome santykinę svyravimų amplitudę, kuri apskaičiuojama apibendrintą svyravimų amplitudę padalijus iš tiriamojo kūno masės.

2 paveiksle pateiktas traukio jėgos signalo, atliekant 30-ies sekundžių plaukimo testą, pavyzdys.

Įvairaus treniruotumo ir fizinio pajėgumo

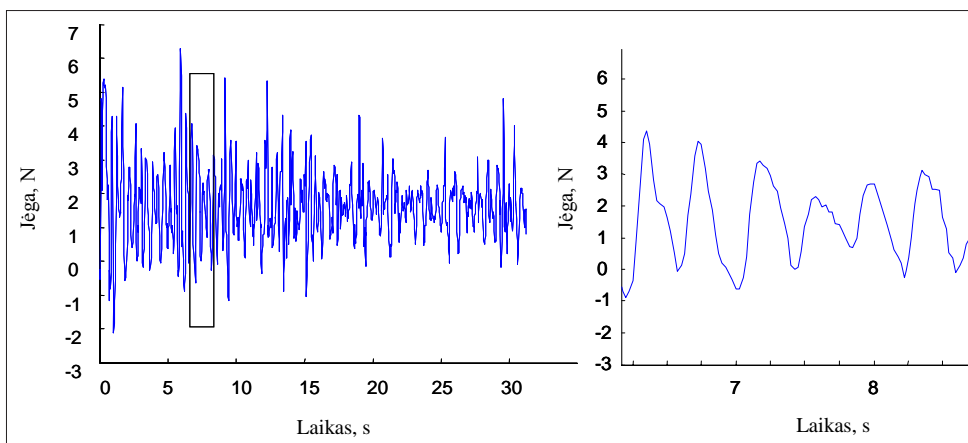
plaukikų traukio jėgos signalai 30 s testo metu pateikti 3 paveiksle. Šio paveikslo dešinėje, kaip kreivių žymės, pateikti 100 metrų plaukimo rezultatai sekundėmis. Matome, kad net keletas šio signalo parametrų galėtų būti naudojami treniruotumui įvertinti. Atkreipiame dėmesį, kad ne tik maksimalioji jėga, bet ir laiko momentas, per kurį ta jėga išugdoma, gali būti reikšmingas rodiklis. Taip pat traukio jėgos reikšmė testo pabaigoje (30-ą sekundę) yra vienas iš svarbesnių jėgos ištvėrmės parametrų (Платонов, 2000).

Traukio jėgos signalo pagrindinę komponentę atėmus iš bendro signalo, išskiriama traukio jėgos svyravimų signalo dedamoji, kuri parodo kiekvieno galūnės grybšnio sukuriamą traukio jėgą. 4 paveiksle pavaizduotas išsamus šios signalo dedamosios fragmentas (4 pav. dešinėje) ir viso 30 s testo jėgos svyravimų signalas su pažymėta fragmento vieta (4 pav. kairėje). Šio tipo signalų morfologinės analizės darbų rezultatai jau publikuoti mokslininkų darbuose (Платонов, 2000), tačiau jų registravimo metodai būdavo sunkiai pritaikomi praktikoje arba nevisiškai atitiko realius plaukikų judesius. Mūsų sukurta sistema leidžia išskirti



3 pav. Kraulių plaukiančių skirtingo treniruotumo plaukikų traukio jėgos signalas 30 s testo metu

Pastaba. Dešinėje pateikti sportininkų 100 metrų plaukimo rezultatai.



4 pav. Traukio jėgos netolygumo signalas, rodantis grybšnių dinamines charakteristikas, išskirtas iš bendro tempimo jėgos signalo

Pastaba. Dešinėje: signalo fragmentas, atitinkantis viso 30 s testo signalo (kairėje) dalį, pažymėtą stačiakampiu.

Fmax s	F vpk	F max 30	F 30 s	Svyr. ampl.
0,230	0,006	0,024	0,042	0,057

Lentelė. Išmatuotų traukio jėgos įverčių Mano—Vitnio—Vilkoksono kriterijaus p reikšmės

šiuos signalus iš plaukimo su pririštu amortizatoriumi užregistruoto traukio jėgos signalo. Matome, kad šio išskirto signalo skiriamoji geba pakankama tolimesnei jo morfologijai analizuoti.

Pagal 100 m plaukimo rezultatus tiriamieji išsiskyrė į dvi grupes: treniruotus, kurių rezultatas viršijo I atskyrio normatyvą (57,0 s), ir mažesnio meistriškumo sportininkus. Kaip šias dvi grupes atskiria (klasifikuoja) išmatuoti įverčiai, vertinome pagal Mano—Vitnio—Vilkoksono kriterijų (Metha, Patel, 1996). Šio kriterijaus p reikšmės pateiktos lentelėje.

Nulinė hipotezė, teigianti, kad grupės neskiria, gali būti atmesta, jei p reikšmės neviršija 0,05. Šiuo atveju trys išmatuoti įverčiai pasirodė tinkami (F vpk, F max 30, F 30 s), likusieji — statistiškai nepatikimi. Tarp nepatikimų rodiklių atsidarė ir daugelio autorių rekomenduojama maksimalioji traukio jėga sausumoje. Pastebėjome, kad svyravimų amplitudė mažėja didėjant sportininko treniruotumui ir jos, kaip sportininko treniruotumo įverčio, p reikšmė artima statistiniam reikalavimui ($< 0,05$).

REZULTATŲ APTARIMAS

Vienas iš pagrindinių kiekybinių rodiklių, rodančių plaukikų specialiosios jėgos lygį, yra traukio jėga — tai varomoji plaukiko jėga, nuo kurios dydžio reikšmingai priklauso plaukimo greitis ir rezultatas. Jėgos realizacijos lygis plaukimo metu priklauso nuo sudėtingo sąveikos mechanizmo tarp judėjimą pirmyn sukuriančių grybšnių judesių ir vandens terpės (Иссурин, 1988). Parenkant fizinio rengimo priemones, specialistai rekomenduoja vadovautis dinaminio atitikimo principu, t. y. jos turi atitikti varžybinių pratimų pagal šiuos kriterijus: 1) judesio atlikimo raumenų grupes; 2) judesio amplitudę ir kryptį; 3) judesio amplitudės akcentuojamąją dalį; 4) pastangų dydį ir jų išugdymo laiką; 5) judesio greitį ir raumenų darbo režimą (Фомиченко, 2001).

Ekspperimentiniai tyrimai, atlikti su įvairaus amžiaus plaukikais, rodo, kad specialiosios jėgos, išugdomos plaukiant, dydis priklauso ne tik nuo plaukiko jėgos ypatybių, bet ir nuo plaukimo technikos tobulumo bei grybšnių judesių charak-

teristikų (Bulgakova et al., 1990; Satkunskenė, Lagūnavičienė, 2000).

Suprasdami specialiosios jėgos reikšmingumą ugdant plaukikus, ieškojome metodų, kurie leistų registruoti, išsamiau tyrinėti ir analizuoti plaukikų išugdomos traukio jėgos rodiklių pokyčius per laiko vienetą specifinėje vandens aplinkoje, nes tyrimais patvirtinta, kad plaukikų rezultatus geriausia prognozuoti remiantis baseine atliktų testų ir matavimų rezultatais (Skyrius ir kt., 2004).

Naudodami kompiuterizuotą dinamografinę sistemą ir analizuodami įvairaus meistriškumo plaukikų sukurtas traukio jėgos signalus vandenyje, pastebėjome siūlomos metodikos pranašumą prieš dažnai plaukikų testavimo praktikoje taikomą dinamometrijos metodą, kuriuo nustatomos tik maksimaliosios arba vidutinės traukio jėgos reikšmės. Tai, kad mūsų siūlomas jėgos įvertis plaukiant vandenyje visiškai koordinacija yra vienas iš stabiliausių rodiklių ir gali būti patikimai naudojamas rezultatams prognozuoti, pastebėjo ir kiti tyrėjai (Lagūnavičienė, Skyrienė, 1989; Кашкин и др., 1995). Analizuojant signalus siūlomu metodu, galima nustatyti ne tik absoliučias tiriamų parametrų reikšmes, bet ir matyti jėgos kitimą plaukiant viso testo metu. Statistiškai patikimais gali būti laikomi net keli mūsų įvertinti kriterijai. Tai rodo, kad sportininko rezultatui prognozuoti reikėtų naudoti šių kriterijų derinius. Svarbu ir tai, kad dinamografinė sistema leidžia išskirti sukurtas traukio jėgos netolygumą ciklo ir net grybšnio metu. Apibendrintas jėgos svyravimų rodiklis gali papildyti siūlomus patikimus rodiklius (F vpk, F max 30, F 30 s), ne tik įvertinti specialųjį fizinį parengtumą, bet ir parodyti sportininko techninį meistriškumą. Tirtų plaukikų išugdomos traukio jėgos kitimo per laiko vienetą analizė patvirtina ir kitų tyrėjų nuomonę, kad siekiant maksimalaus plaukimo rezultato tikslinga plaukimo techniką tobulinti taip, kad traukio jėgos svyravimai ciklo metu būtų kiek galima mažesni, t. y. siekti tolygaus plaukimo (Sidney et al., 1996; Dobsaj et al., 2003).

IŠVADOS

1. Plaukikų specialiosios jėgos registravimas ir analizė naudojant kompiuterizuotą dinamogra-

finę sistemą leidžia fiksuoti ne tik absoliučius traukio jėgos dydžius, kurie teikia svarbią informaciją apie sportininko techninio parengtumo lygį, bet ir sukuriamos traukio jėgos svyravimų netolygumus plaukimo ciklo ir net grybšnio metu.

2. Tiriant plaukikų specialųjį fizinį parengtumą kompiuterizuota dinamografinė sistema nustatyta, kad plaukikų testavimo metu dažnai

naudojamas maksimaliosios traukio jėgos sausoje rodiklis 100 m plaukimo laisvuoju stiliu rezultatus prognozuoti pasirodė nepakankamai tinkamas. Geriausiai rezultatus parodo šie plaukimo testo su pririštu amortizatoriumi išugdomos traukio jėgos rodikliai: traukio jėga plaukiant visiška koordinacija (F vpk), maksimalioji 30 sekundžių testo jėga (F max 30), jėga 30-ą sekundę (F 30 s).

LITERATŪRA

- Bing, X. (1989). The effects of aquatic isokinetic on arm pulls in breaststroke swimming. *Sports Science*, 11 (1), 29—33.
- Bulgakova, N. Z., Vorntsov, A. R., Fomichenko, T. G. (1990). Improving the technical preparedness of young swimmers by using strength training. *Soviet Sport Review*, 102—104.
- Costill, D. L., King, D. S., Tomas, R. T., Hargreaves, M. (1994). Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Physician and Sports Medicine*, 13 (2), 100—101.
- Counsilmen, J. E., Counsilmen, B. E. (1994). *The new science of swimming*. Prentice Hall.
- Curran, C. T. (1980). Isometric, isotonic and isokinetic training programmes and swimming performances. *International Swimmer*, 17 (6), 11—12.
- Dopsaj, M., Matkovic, I., Thanopoulos, V., Okicic, T. (2003). Reliability and validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds. *Facta Universitatis, Series. Physical Education and Sport*, 1 (10), 11—22.
- Dopsaj, M., Matkovic, I., Zdravkovic, I. (2000). The relationship between 50 m — freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: A new approach to tethered swimming test. *Facta Universitatis, Series. Physical Education and Sport*, 1 (7), 15—22.
- Hopper, R. T., Hadley, C., Piva, M., Bambauer, B. (1983). Measurements of power delivered to an external weight. *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers. P. 113—119.
- Ikuta, Y., Wakayoshi, K. & Nomura, T. (1996). Determination and validity of critical swimming force as performance index in tethered swimming. In J. P. Troup, A. P. Hollander, D. Stresse, S. W. Trappe, J. M. Cappaert, & T. A. Trappe (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VII* (pp. 146—151). London: Chapman & Hall.
- Juožaitis, J. A., Radžiukynas, D., Statulevičius, V. (1998). 14—15 metų plaukikų kojų raumenų jėgos, greičio jėgos ir plaukimo rezultatų ryšys. *Sporto mokslas*, 1 (10), 22—25.
- Lagūnavičienė, N., Skyrienė, V. (1989). *Jauniųjų plaukikų perspektyvumo nustatymas remiantis specialios jėgos rodikliais: metodinės rekomendacijos*. Vilnius: Respublikinis sporto metodikos kabinetas.
- Metha, C. R., Patel, N. R. (1996). *SPSS Exact Tests 7.0 for Windows*. ISBN 1-56827-108-5. Chicago.
- Satkunskienė, D., Lagūnavičienė, N. (2000). Traukos jėgos plaukiant krauliu įvertinimas. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (34), 35—41.
- Sidney, M., Pelayo, P. & Robert, A. (1996). Tethered forces in crawl stroke and their relationship to anthropometrics characteristics and sprint swimming performance. *Journal of Human Movement Studies*, 31, 1—12.
- Skyrius, E., Zuožienė, I. J., Poderys, J., Lagūnavičienė, N. (2004). Praktiniai tyrimai ir laboratoriniai plaukikų parengtumo vertinimai. *Sporto mokslas*, 1 (35), 48—51.
- Sokolovas, G., Lagūnavičienė, N., Mažutaitis, Š. (1999). Plaukikų jėgos greitumo rodiklių analizė. *Sporto mokslas*, 1 (15), 35—40.
- Yeater, R., Martin, B., White, M-K. & Gilson, K. (1981). Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their competitive performance. *Journal of Biomechanics*, 14 (8), 527—537.
- Абсаямов, Т., Тимакова, Т. (1983). *Научное обеспечение подготовки пловцов*. Москва: ФИС.
- Гордон, С. М., Сируц, А. Л. (1990). *Силовая подготовка юных пловцов на этапах годичного цикла*. Минск: Физкультура и спорт.
- Иссурин, В. Б. (1988). *Формирование спортивно-технического мастера в водных видах спорта: дис. докт. пед. наук*. Москва.
- Кашкин, А. А., Морозов, С. Н., Попов, О. И. (1995). *Оценка силовых способностей юных пловцов*. Москва: РГАФК.
- Онопrienko, Б., Атаманов, В. (1973). Тензиометрия в плавании. *Теория и практика физической культуры*, 8, 66—69.
- Платонов, В. Н. (2000). *Плавание*. Киев: Олимпийская литература.
- Ратов, И. П. (1994). *Двигательные возможности человека (нетрадиционные методы их развития и восстановления)*. Минск: Физкультура и спорт.
- Рудокене, Н. М. (1981). *Эффективные методы специальной силовой подготовки юных пловцов: дис. канд. пед. наук*. Москва.
- Скирюс, Э. (1986). *Силовая выносливость пловца и методы её совершенствования с применением тренажёрных устройств на суше: дис. канд. пед. наук*. Москва.
- Фомиченко, Т. Г. (2001). *Совершенствование силовой и технической подготовленности пловцов различных возрастных групп*. Москва: СпортАкадемПресс.

COMPUTER-BASED DYNAMOGRAPHIC SYSTEM FOR ANALYSIS OF SWIMMERS' PULLING FORCE PARAMETERS

Ilona Judita Zuozienė¹, Algimantas Kriščiukaitis², Kazimieras Muckus¹

Lithuanian Academy of Physical Education¹, Institute for Biomedical Research of Kaunas University of Medicine², Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of this work was to develop the method for registration and processing the pulling force signal of a swimmer performing regular tasks in water.

Materials and methods: 24 volunteer swimmers performed the groups of tests: a) a test of the maximal static force produced by shoulder muscles imitating swimming movements, pulling force in tethered swimming; b) only hands movements; c) only feet movements; d) fully coordinated swimming movements (using both hands and feet); e) a swimming test with the duration of 30 s at maximum force. Pulling force signal was registered using the dynamometer and stored using a special design portable analog signal storage device. The signal storage device has a special water resistant design and battery power supply for usage in close distance to the water. The analog pulling force signal from the storage device was digitized and transferred into computer memory using Data Acquisition Card DAS1402 (Cyber Research, USA). Digitization sampling frequency was 1000 Hz and resolution — 12 bits. A special program was devised to evaluate various parameters of traction signal. Interactive control of the program allows the investigator to measure instantaneous force values during the whole test signal. The maximal force potential produced by shoulder muscles imitating swimming movements was estimated in this way. Pulling force signal registered in the water reflects alterations related with every single movement performed by the swimmer. For special signal processing the algorithm was worked out to determine and evaluate the trend line of force and short term alterations. As reference estimate for all parameters we used the time result of 100 m swimming during the test competitions.

Conclusions: 1) Usage of special derived parameters of swimmers' pulling force signal, obtained using special signal processing methods together with conventional force estimates, could significantly improve the training process; 2) the usually used maximal static force test showed comparatively poor correlation with time result of 100 m swimming. As the best parameters reflecting swimmers' condition we recommend the ones obtained during the test of tethered swimming: force of full coordinated swimming, maximal force of 30-second test, force of the 30-th second.

Keywords: swimming, pulling force, dynamographic system.

Gauta 2004 m. gruodžio 30 d.
Received on December 30, 2004

Priimta 2005 m. gegužės 18 d.
Accepted on May 18, 2005

Ilona Judita Zuozienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302666
E-mail i.zuoziene@lkka.lt