

Драгиша Младеновић
Душко Илић
Жељко Рајковић
Владимир Мрдаковић

797.123.012.44
Изворни научни чланак
Примљено 22.05.2009.

УЧЕЊЕ ОСНОВНЕ ТЕХНИКЕ ВЕСЛАЊА ВРЕМЕНСКИ РАСПОРЕЂЕНОМ МЕТОДОМ ОСТВАРЕНЕ ПРИ РАЗЛИЧИТО ЗАДАТИМ БРЗИНАМА

Физичка култура, Београд, 63 (2009), 1, стр. 35-47, таб. 2, сл. 15, лит. 31

Сажетак

У истраживању је учествовало 44 студента завршне године Факултета спорта и физичког васпитања у Београду, који се раније нису бавили веслањем (25 ± 2 године), (81 ± 8 кг) и (184 ± 7 цм). Испитаници су веслали десет недеља, три пута недељно, у школском веслачком чамцу са 12 седећих места, на мирној води. На тестирању није било сугестија о испољавању силе и дужине завеслаја. Основни подаци бележени су на веслачком ергометру "Концепт 2". За мерење варијабли завеслаја кориштен је инструмент "Fitro power" фирме „Weba sport“, а за обраду података програм „Software Expert 1.2“. Праћено је 13 биомеханичких варијабли завеслаја. Тест се састојао из два мерења са задатим брзинама израженим индиректно преко пролазних времена на 500 м, и то 2 мин/500 м и 1 мин 40 с/500 м у трајању од 30 с (тзв. стандардне брзине 5.2м/с и 4.2м/с). До значајне промене дошло је код свих предикторских варијабли. Доказано је да је брзина веслања значајан фактор при обучавању технике веслања. Као задатак веслачима почетницима погодније је задавати брзину, а не фреквенцију завеслаја. Од два нивоа успешније је као задатак давати већи ниво задате брзине. Обуку треба почети са мањом стандардном брзином, а касније прећи на већу вредност задате брзине. Код варијабли снаге и силе забележен је највећи напредак у учењу апсолутних вредности варијабли завеслаја, док су коефицијенти варијације наведених варијабли значајно смањени. Резултати показују и да је однос активне и пасивне фазе и даље остао неповољан, што значи да учење ритма захтева дужи временски период.

Кључне речи: ВЕСЛАЊЕ / МОТОРНО УЧЕЊЕ / РИТАМ / ФРЕКВЕНЦИЈА / БРЗИНА / СИЛА / СНАГА

УВОД

Веслање је спортска грана која се карактерише развојем издржљивости при оптималном улагању снаге различитог интензитета. Прикупљање података о варијаблама завеслаја, као што су биомеханичке, кинематичке, физиолошке,

и њихова анализа пружају повратне информације о стању веслача (Batschi et al., 2002; Baudouin et al., 2002; Celentano et al., 1974; Lu et al., 1992; Redgrave's, 1995). Техника веслања и методе њене оптимизације предмет су биомеханичких

истраживања у којима се примењују углавном сложене методе. Анализа резултата истраживања биомеханичких варијабли је један од предуслова оптимизације веслачке технике. Потребно је наћи складан однос међу различитим моторним навикама, својствима и способностима и открити различитости законитости односа између варијабли, на свакој етапи спортског усавршавања веслача (Sanderson & Martindale, 1986; Fukunaga et al., 1986; Celentano et al., 1974).

Конструкције различитих тренажера и апарата, који омогућавају моделирање карактера напрезања у целом дијапазону кретања, представљају важан корак у процесу обуке и усавршавања веслачке технике. Њиховом применом праћење резултата у реалном времену пружа могућност прецизног дозирања тренажног оптерећења и оперативне корекције технике веслања за време тренинга (Sanderson & Martindale, 1986; Smith & Spinks, 1995; Torres – Moreno, 2000).

Бројна истраживања указују да је брзина веслања значајан фактор при обучавању технике веслања, а због њене заступљености код аутора у досадашњим истраживањима изабрана је за критеријумску варијаблу (Ilic et al., 1996).

Када је однос брзине са дужином, фреквенцијом и ритмом завеслаја у питању, постоји општа законитост да са повећањем дужине и фреквенције долази и до повећања брзине, али само до одређене границе, после које би и поред повећања једног од тих параметра брзина опадала, а један од разлога је координацијско физички лимит локомоторног апарата.

Брзина овог цикличног кретања карактеристична за веслање се израчунава као производ дужине завеслаја и његове фреквенције из чега следи да иста брзина може да се постигне при различитој комбинацији дужине и фреквенције завеслаја. Повећање дужине завеслаја утиче на смањење фреквенције и обрнуто, из чега следи да се максимална брзина постиже при оптималној комбинацији дужине и фреквенције.

Са повећањем фреквенције завеслаја долази до повећања варијације у брзини, а тим и до повећања губитака на брзини чамца, тако да се око 1,4% брзине губи при фреквенцији од 20 завеслаја у минути, док се при фреквенцији од 40 завеслаја у минути губи 2,4% брзине чамца. Као важан фактор ефикасности наводи се и однос трајања активне фазе завеслаја са трајањем

целог завеслаја (Zatsiorsky & Yakunin, 1991; Младеновић, 2006).

Максимална фреквенција завеслаја која доводи до позитивног утицаја на брзину кретања чамца, као и на испољену снагу је 37 завеслаја у минути. Такође, линеарно повећање брзине одговара порасту испољене снаге до нивоа брзине од 4,5 м/с што одговара пролазном времену на 500 м од око 1 мин и 40 с (Celentano et al., 1974).

При трци на 2000 м, преко брзина и пролазних времена на сваких 500 м, као кључна времена за одржавање стабилног стања и уједначавање темпа при максималним напорима, као и за минималне енергетске губитке узимају се пролазна времена од око 1 мин и 40 с. Гранична фреквенција при чијем даљем повећању не долази до повећања брзине чамца је 36 завеслаја у минути (Kleshnev, 2008).

Пратећи кинематичке параметре на два нивоа оптерећења, при обучавању технике веслања, утврђено је да лонгитудиналне димензије немају утицаја на учење. Нивои оптерећења су дефинисани индиректно преко пролазних времена на 500 м, при чему су такође коришћена наведена времена (2 мин на 500 м и 1 мин и 40 с на 500 м) (Redgrave's, 1995).

Према ранијим истраживањима, врхунски веслачи се не разликују од просечних по способности да развију велику силу већ по способности да развију велику снагу, а веће вредности испољене снаге су забележене при већој задатој брзини, јер је снага директно пропорционална извршеном раду, а обрнуто пропорционална времену у којем је рад извршен (Zatsiorsky & Yakunin, 1991). Анализирањем завеслаја при испољавању снаге и брзине добијена је гранична вредност брзине при којој се не повећава брзина чамца и поред даљег повећавања вредности снаге (Celentano et al., 1974).

Увидом у литературу досадашњих истраживања (Ilic et al., 1996; Lisiecki & Rychlewski, 1986) уочава се да је завеслај при већој брзини конзистентнији и да је коефицијент механичке ефикасности при континуираном веслању већи него код веслања са разделима (Bompa et al., 1990; Fukunaga et al., 1986). Због тога је веслачима почетницима погодније задавати брзину, а не фреквенцију завеслаја, при чему је боље као задатак дати већи ниво задате брзине (Рајковић, 2005).

Међузависност и степен конзистентности варијабли тестиран је увођењем два мотор-

на задатка. За први задатак узета је апроксимативна граница аеробног прага која се код веслача најчешће јавља при пролазном времену од 2 мин/500 м, с обзиром на то да ово пролазно време код веслача представља границу између рада у зонама малог и средњег интензитета испод које тренинг би имао утицај на аеробне процесе са великим варијабилитетом. Други задатак од 1 мин и 40 с на 500 м представља ниво оптерећења који се узима као апроксимативна граница анаеробног прага, а такође представља и средње регатно пролазно време на 500 м код веслача у већини дисциплина. Ове вредности пролазних времена уско су везане за интензитет оптерећења, продукцију и обезбеђење енергије у току веслачке трке као и за дозирање и програмирање интензитета вежбања. Предмет истраживања у овом раду је учење основне технике веслања и утицај два нивоа интензитета задатих интензитета веслања учења на промене испитиваних биомеханичких варијабли завеслаја. Циљ рада је да се одреди у којој брзини и у ком међусобном односу варијабли покрета локомоторни апарат током учења се боље адаптира и усклађује ефикасан завеслај у континуираном завеслају.

МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА

У овом истраживању је примењен експериментални метод, са једном групом, са иницијалним и финалним мерењем и експерименталним фактором у виду учења основне технике веслања. За прикупљање основних података на иницијалном и финалном мерењу примењен је веслачки ергометар „Концепт 2”, а за мерење варијабли завеслаја у реалном времену, инструмент „*Fitro power*” фирме „*Weba sport*”, који је сондом повезан за рачунар.

Приказ и обраду података омогућио је софтверски пакет „*Software Expert 1.2*”, фирме „*Weba sport*” (Грујић и сар., 1999).

Протокол истраживања

Прво, или иницијално, мерење је обављено одмах по завршеној инструктажи и то на веслачком ергометру приликом континуираног извођења завеслаја. Након тога испитаници су били под-

вргнути учењу технике веслања у школском чамцу типа „Галија”, са дванаест седећих места, на мирној води. Учење технике веслања је трајало десет недеља по три часа, колико траје и период обуке технике веслања током летњег семестра на Факултету спорта и физичког васпитања у Београду.

Финално мерење је извршено одмах по завршетку програма учења. Експериментална процедура је била идентична у иницијалном и финалном мерењу. Испитаницима није било сугерисано какву дистрибуцију силе и дужине завеслаја да употребе. Тест се састојао из два мерења са задатим брзинама веслања, индиректно преко пролазних времена на 500 м. Први задатак има пролазно време од 2 мин/500 м, а други задатак од 1 мин и 40 с/500 м, у трајању од 30 с.

За 30 секунди испитаници су вршили 10 до 15 завеслаја. Наведено трајање сваког задатка представља компромис између довољног броја завеслаја и утицаја фактора који нарушавају стабилност спортске технике, као што су замор, слаба физичка припремљеност и утицај психолошких фактора, као што су концентрација, мотивација и слично (Steinacker & Secher, 1993; Schmidt, 1990). Паузе између задатака су трајале 15-20 с и довољне су за потпун опоравак за нови задатак. У току мерења један мерилац је стајао поред испитаника и регистровао улазак у режим задатог оптерећења у току веслања, док је други на знак првог стартовао снимање (и вршио активизацију података на рачунару). Снимање тестираних варијабли завеслаја било је започето по успостављању константне задате вредности (O'Neill, 2003).

Узорак испитаника

Експеримент је реализован на узорку од 44 студента четврте године Факултета спорта и физичког васпитања у Београду, без претходног веслачког искуства, просечне старости од $25,4 \pm 2$ године, просечне телесне масе 81 ± 8 кг и просечне телесне висине од 184 ± 7 цм.

Узорак варијабли

Будући да се граница аеробног прага, граница између рада у зонама малог и средњег интензитета, код веслача најчешће јавља при про-

лазном времену од 2 мин/500 м, то представља апроксимативну границу аеробног прага. Пролазно време од 1 мин и 40 с/500 м представља апроксимативну границу анаеробног прага код већине веслача (O' Neill, 2003).

С обзиром на значај наведених вредности, задате брзине су биле управо у наведеном опсегу као критеријумске варијабле.

У контексту предикторских варијабли, истраживачи су у прошлости на разне начине мерили варијабле завеслаја, у чамцу, на виљушци, пречаги, рукохвату, лопати, ергометру (Грујић и сар., 1999; Гомбач, 1965; Lu et al., 1992). Већи број истовремено праћених варијабли завеслаја омогућава боље сагледавање њиховог међусобног односа и зависности, као и самог феномена моторног учења и исте ради лакшег коришћења међународне литературе биће додатно обележене стандардним скраћеницама. У овом истраживању је праћено 13 варијабли завеслаја. Четири су временске: трајање активне фазе завеслаја (*act time*), трајање пасивне фазе завеслаја (*pas time*), ритам (*ratio*), фреквенција завеслаја (*frq*), три су варијабле снаге: снага за време комплетног завеслаја (*power avr t*), снага за време активне фазе завеслаја (*power avr a*), максимална снага (*power peak*), три су варијабле силе: сила за време комплетног завеслаја (*force avr t*), сила за време активне фазе завеслаја (*force avr a*), максимална сила (*force peak*), две брзинске: остварена просечна брзина рукохвата за време активне фазе завеслаја (*speed avr a*), остварена максимална брзина рукохвата за време активне фазе завеслаја (*speed peak*) и једна просторна - пређени пут рукохвата (*stroke length*).

Статистичка анализа

Значајност разлика тестирана је двосмерним Т-тестом за зависне узорке.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Под утицајем експерименталног фактора, у финалном мерењу, дошло је до статистички значајних промена вредности свих тринаест тестираних варијабли завеслаја.

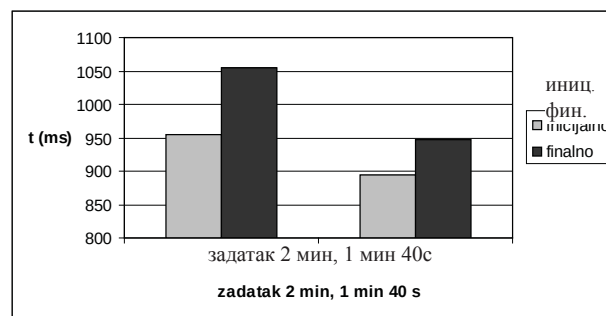
Временске варијабле

У финалном мерењу код временских варијабли дошло је до повећања вредности код варијабле трајање активне фазе завеслаја и варијабле трајање пасивне фазе завеслаја, а до смањења код варијабле ритам и варијабле фреквенција завеслаја. Са повећањем задате брзине дошло је до смањења трајања активне фазе завеслаја и трајања пасивне фазе завеслаја, док је код варијабли ритам и фреквенција завеслаја дошло до повећања.

Трајање активне фазе завеслаја

Активна фаза завеслаја је у директној вези са пасивном фазом и испољавањем силе на рукохвату весла. У финалном мерењу вредност трајања активне фазе завеслаја је повећана код оба задатка док је са повећањем задате брзине дошло до смањења (*графикон 1*).

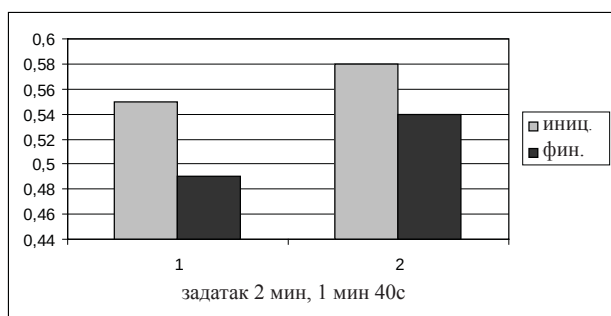
Графикон 1. Приказ трајања активне фазе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Време трајања активне фазе при регатној брзини и фреквенцији од 34,4 зав/мин износи око 700 мс (Рајковић, 2005). Приближавање вредности испитаника наведеним вредностима указује да је већа брзина од две задате погоднија као задатак за усвајање ове варијабле завеслаја (Ilic et al., 1996; Илић и Васиљев, 2003; Рајковић, 2005). С обзиром на то да је брзина била задата вредност (константна), повећање пређеног пута и повећање испољене снаге и силе уз истовремено смањење трајања активне фазе завеслаја потврђују успешност техничког извођења који се између осталог оцењује и што краћим временом трајања покрета (Schmidt, 1990).

У ранијим истраживањима (Smith & Spinks, 1995), забележена је и значајна повезаност ($r = -0,73$, $p < 0,01$) између односа трајања активне фазе завеслаја и укупног трајања завеслаја. Овај однос указује на то да ли је дошло до повећања ефикасности завеслаја под утицајем експерименталног фактора.

Графикон 2. Приказ односа трајања активне фазе и укупног трајања завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја

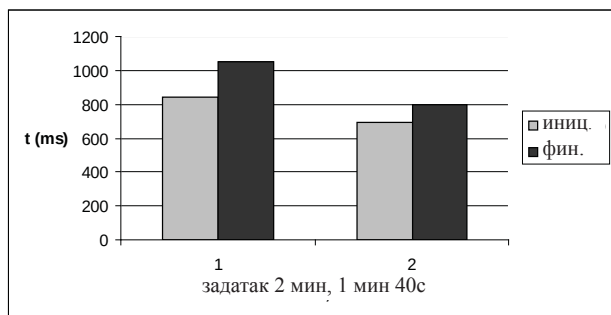


Приказани однос између трајања активне фазе завеслаја и укупног трајања (графикон 2) указује да је дошло до повећања ефикасности завеслаја под утицајем експерименталног фактора.

Трајање пасивне фазе завеслаја

Повећање трајања пасивне фазе завеслаја у финалном мерењу указује на приближавање вредности пасивне фазе вредностима које се постижу при регатној брзини и фреквенцији завеслаја од 34,4 зав/мин (Smith & Spinks, 1995), док се са повећањем задате брзине вредност трајања ове фазе смањује (графикон 3), што је и очекивано, с обзиром на то да фреквенција представља број завеслаја у јединици времена (Celentano et al., 1974).

Графикон 3. Приказ трајања пасивне фазе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја

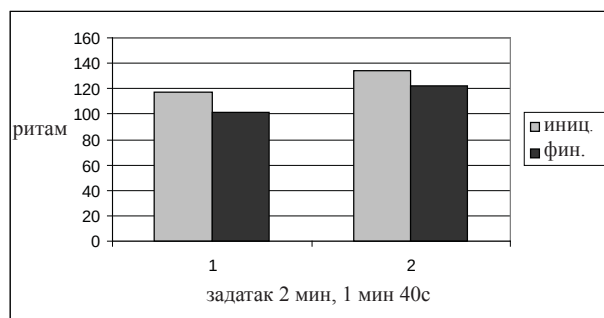


Иста брзина чамца може да се одржи повећањем фреквенције завеслаја иако је смањена његова дужина (Kleshnev, 1995). Испитаници су већу задату брзину покушали да одрже већом фреквенцијом завеслаја на тај начин што су скраћивали пасивну фазу завеслаја. Претпоставља се да је то резултат недовољно изграђене технике веслања и недостатака у њиховом моторном програму, јер да би се повећала брзина кретања са истим бројем завеслаја, неопходно је уложити већу силу појединачног завеслаја, што испитаници на том степену обуке нису у могућности да испуне.

Ритам завеслаја

Вредност варијабле ритма (однос активне и пасивне фазе завеслаја) указује да је у финалном мерењу дошло до смањења вредности ритма, а да се са повећањем задате брзине ове вредности повећавају (графикон 4).

Графикон 4. Приказ ритма завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



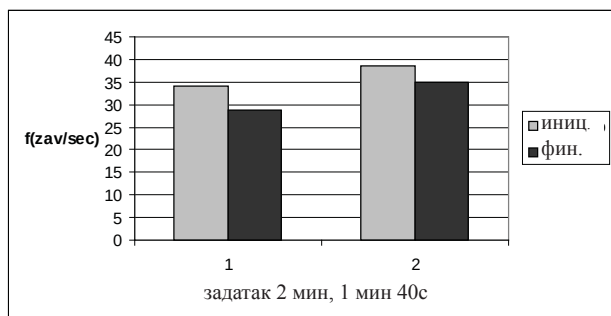
Иако се може уочити помак у приближавању вредностима ритма који је најчешће заступљен на великим такмичењима (1:2 и 1:1,5) (Celentano et al., 1974), процентуално добијене вредности указују на неповољан ритам. Под повољним ритмом се сматра онај који има краће време трајања активне фазе од пасивне (вредност коефицијента мањи од 1) (Nilsen, 2001). Добијени резултати указују да је време трајања активне фазе завеслаја у финалном мерењу и поред утицаја експерименталног фактора остало краће од времена трајања пасивне фазе из чега се може закључити да испитаници нису кроз програм обуке усвојили ритам, да ритам представља сложен задатак, који захтева претходно усвајање других елемената технике

и да је то варијабла за чије је усвајање неопходан дужи временски период. Такође су и особине чамца "Галија" у којем је вршена обука – његова тежина, инертност, велики хидродинамички отпор – чиниоци су који нису погодни за усвајање ритма завеслаја.

Фреквенција завеслаја

Резултати фреквенције завеслаја (број завеслаја у јединици времена) у финалном мерењу указују да су испитаници исти задатак решава-ли са мањом фреквенцијом завеслаја док су са повећањем задате брзине повећавали и фреквенцију (графикон 5).

Графикон 5. Приказ фреквенције завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Иста брзина чамца може се одржати повећањем фреквенције завеслаја иако је смањена дужина завеслаја (Рајковић, 2005). Гранична фреквенција завеслаја која не доводи до даљег повећања брзине износи 36 или 37 завеслаја (O' Neill, 2003).

Испитаници су се при већој задатој брзини више приближили вредностима регатне брзине при фреквенцији 34,4 зав/мин што указује да су рационалније веслали, повећали ефикасност завеслаја и да је већа задата брзина погоднија као задатак за усвајање варијабле фреквенција завеслаја (Zatsiorsky & Yakunin, 1991). Испитаници су задату брзину, односно пролазно време одржавали повећаним бројем завеслаја на рачун скраћивања пасивне фазе.

И поред повећања ефикасности завеслаја у којем је повећан пређени пут и испољена већа снага и сила при задатој (константној) брзини,

простор за повећање ефикасности налази се у повећању трајања пасивне фазе завеслаја, што се потврдило и код бројних аутора који су истраживали ефикасност завеслаја (Baudouin & Howkins, 2002).

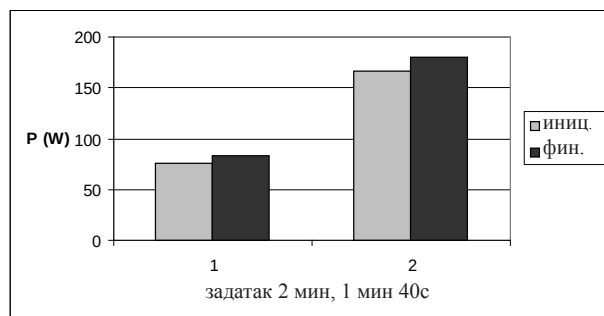
Варијабле силе и снаге

Почетни услови за извођење завеслаја, а затим репродукција истог кроз одговарајућу временску шему примењених сила мишића говори о различитим ефектима примењене силе у току завеслаја.

Варијабле снаге

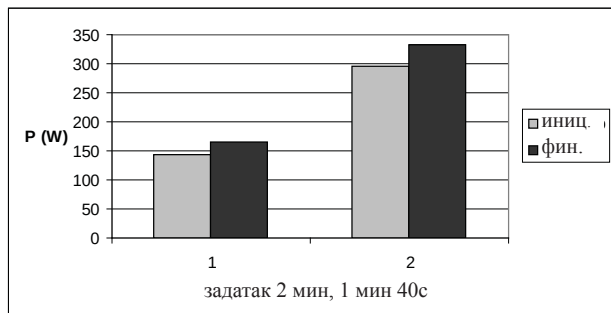
Све варијабле снаге у финалном мерењу: просечна снага комплетног завеслаја (графикон 6), просечна снага активне фазе завеслаја (графикон 7) и максимална снага (графикон 8) показују исту тенденцију, како под утицајем експерименталног фактора, тако и са повећавањем задате брзине.

Графикон 6. Приказ просечне снаге за време комплетног завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



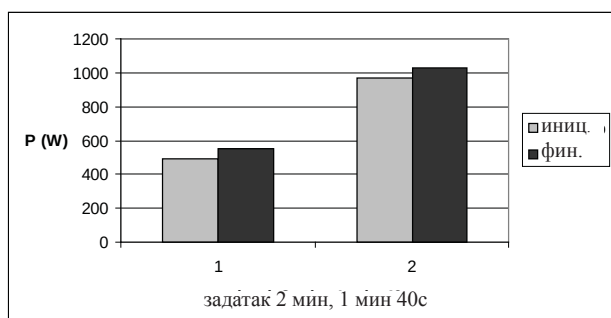
Код свих варијабли снаге у финалном мерењу долази до статистички значајног повећања вредности ($p < 0,01$). Са повећањем задате брзине такође долази до повећања свих вредности варијабле снаге и код иницијалног и код финалног мерења.

Графикон 7. Приказ просечне снаге за време активне фазе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Постигнути бољи резултати у финалном мерењу могу се приписати утицају експерименталног фактора, али и особинама чамца „Галија“ у коме је вршена обука веслања. Велика тежина, инертност, хидродинамички отпор, пловност и стабилан равнотежни положај су услови који смањују могућност проклизавања весла кроз воду и омогућују боље успостављање контакта лопате весла са водом, а тиме и услове за ефикасније испољавање снаге (Zatsiorsky & Yakunin, 1991). Велики број истраживања је показао да се врхунски веслачи не разликују од просечних по способности да развију велику силу већ по способности да развију велику снагу (Celentano et al., 1974; Zatsiorsky & Yakunin, 1991). Резултати испољавања снаге у финалном мерењу указују да су веће вредности испољене снаге забележене при већој задатој брзини. Повећање вредности испољене снаге са повећањем задате брзине је очекивано, јер је снага директно пропорционална извршеном раду а обрнуто пропорционална времену у којем је рад извршен.

Графикон 8. Приказ максималне снаге за веслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја

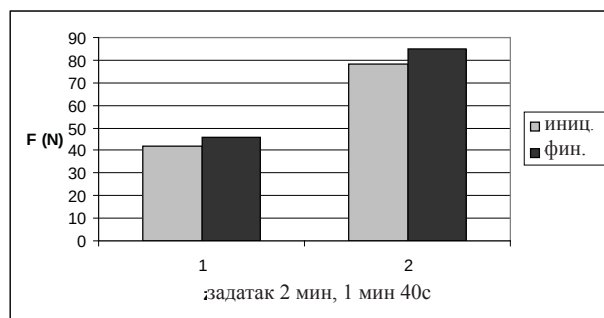


Анализирањем завеслаја при испољавању снаге и брзине добијена је гранична вредност брзине при којој се не повећава брзина чамца и поред даљег повећавања вредности снаге. То се слаже са резултатима досадашњих истраживања (Williams & Scott, 1967) да је завеслај при већој брзини конзистентнији (Ilic et al., 1996) и да је коефицијент механичке ефикасности при континуираном веслању већи него код веслања са разделима (Kleshnev, 2004).

Варијабле силе

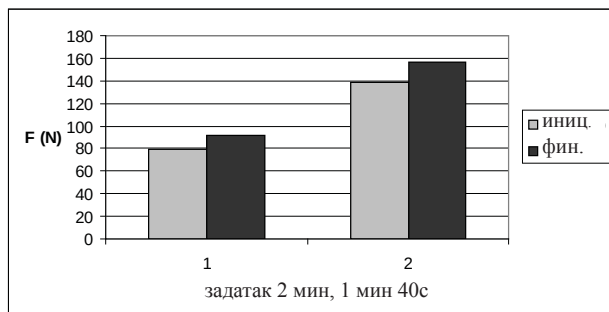
У финалном мерењу дошло је до статистички значајног повећања вредности испољене силе код обе задате брзине, код свих варијабли силе: просечне силе комплетног завеслаја (*графикон 9*), просечне силе активне фазе завеслаја (*графикон 10*) и максималне силе (*графикон 11*). Такође, са повећавањем задате брзине, забележене су готово двоструке вредности испољене силе.

Графикон 9. Приказ просечне силе за време комплетног завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Објашњење за добијене резултате, где се при већој задатој брзини испољава већа вредност силе, лежи у прелазном режиму мишића, који важе за цикличне покрете као што је и веслање. Наиме, већа задата брзина више одговара прелазном режиму мишића, односно интензитету који одговара временском интервалу где се мишићна сила прилагођава новом степену активације и времену релаксације.

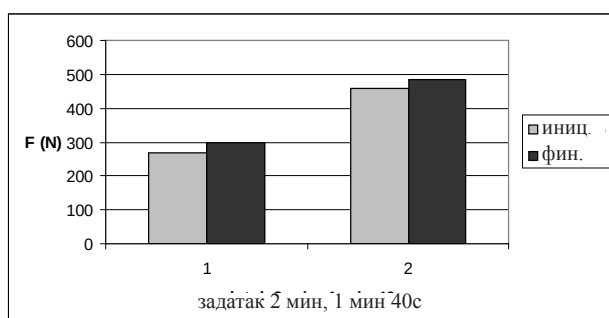
Графикон 10. Приказ просечне силе за време активне фазе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



У претходним истраживањима (Zatsiorsky & Yakunin, 1991) забележена је значајна повезаност ($r=0,48$, $p < 0,01$) између односа просечне силе активне фазе завеслаја, максималне силе и ефикасности завеслаја.

Говорећи о односу просечне и максималне силе за побољшање технике, кроз досадашња истраживања (Smith & Spinks, 1995), препоручује се повећање нивоа просечне силе, а посебно пораст односа просечне и максималне силе.

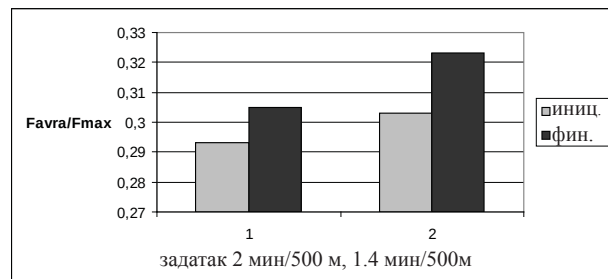
Графикон 11. Приказ максималне силе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Што је однос просечне и максималне силе ближи јединици, то је ефикасност завеслаја већа.

Из резултата односа просечне силе за време активне фазе и максималне силе завеслаја (графикон 12) може се уочити да је под утицајем експерименталног фактора дошло до приближавања овог односа јединици, што показује да је дошло до повећања ефикасности завеслаја.

Графикон 12. Приказ односа просечне силе за време активне фазе завеслаја и максималне силе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



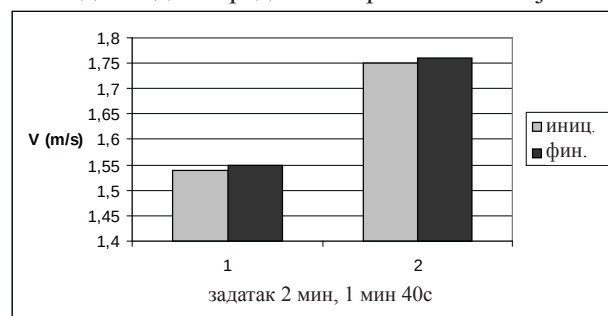
Варијабле брзине

Механизам слагања брзина на нивоу појединачних зглобова, као и манифестовање исте на крају кинетичког ланца померајући весло у истој тачки је затворен механички систем унутар којег мускулатура обавља здружену синергиону активност у виду испољавања снаге. Финални ефекат слагања појединачно уложене снаге је стабилна трајекторија завеслаја остварена кроз линијску брзину која се током завеслаја по устаљеном режиму мења.

Брзина активне фазе завеслаја и максимална брзина

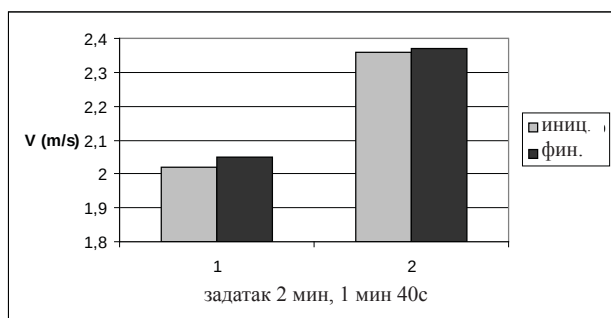
Временски профил брзине активне фазе завеслаја (графикон 13) и максимална брзина (графикон 14) су, индиректно преко пролазног времена на 500 м, задате вредности (критеријумске варијабле) и из тих разлога нису очекиване значајне разлике у резултатима.

Графикон 13. Приказ просечне брзине рукохвата за време активне фазе завеслаја на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Међутим, иако је брзина била задата вредност, постоји статистички значајна разлика између задате и остварене брзине при мањој задатој брзини код обе варијабле (*графикони 13 и 14*).

Графикон 14. Приказ максималне брзине рукохвата на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Претпоставља се да је овакав резултат добијен из разлога што су завеслаји при мањој брзини, у начелу, мање конзистентни (Младеновић, 2006). И поред малих одступања од просечних апсолутних вредности на нивоу групе, добијени резултати код мање задате брзине указују на велике разлике и колебања резултата унутар групе (табеле 1 и 2). Из наведеног се може закључити да су испитаници боље репродуковали већу задату брзину (Илић и Васиљев, 2003; Младеновић, 2006). Исти ниво задате брзине могуће је задржати променивши само начин испољавања силе, уз мањи ниво максималне силе, али уз њено дуже задржавање (Zatsiorsky, 1991).

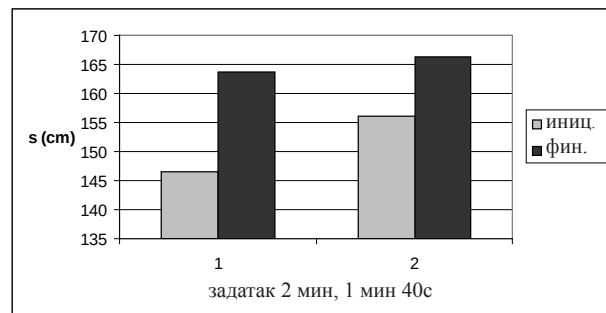
Просторна варијабла

У намери да се адекватно и егзактно квантификује механички рад у активној (позитивни) и пасивној (негативни) фази посебно важна варијабла је пређени пут рукохвата.

Пређени пут рукохвата

У финалном мерењу под утицајем експерименталног фактора дошло је до статистички значајног повећања пређеног пута рукохвата (*графикон 15*) код обе задате брзине, а са повећањем задате брзине долази до повећања ове вредности.

Графикон 15. Приказ пређеног пута рукохвата на иницијалном и финалном мерењу, при две задате вредности брзине завеслаја



Уз помоћ приближних вредности угла и унутрашњег крака весла може се добити оптимална вредност дужине пређеног пута рукохвата који износи око 164 cm. Вредности добијене у финалном мерењу (163,80 cm и 166,20 cm) веома мало одступају од оптималне вредности, што указује да је варијабла пређени пут рукохвата научена. Поред повећања вредности пређеног пута, при већој задатој брзини дошло је до смањења трајања активне фазе и већег испољавања силе и снаге што говори о повећању ефикасности завеслаја (Stuble et al., 1980).

Анализа варијабилности завеслаја

Ова анализа се такође заснива на подели варијабли према њиховим карактеристикама на временске, варијабле силе и снаге, брзинске и просторне. Варијабилност резултата показује да се техника веслања може процењивати не само на основу одступања од апсолутних вредности, већ и на основу варијабилности резултата испитиваних варијабли завеслаја.

Под утицајем експерименталног фактора (учење основне технике веслања) различито се мењала варијабилност и распон тестираних варијабли завеслаја, а са повећањем задате брзине забележене су промене вредности коефицијената варијације код свих тринаест варијабли (*табеле 1 и 2*).

Табела 1. Резултати коефицијената варијације иницијалног мерења при различитим брзинама

Ред. бр.	Варијабле	2мин/500м иницијално	1мин 40с/500м иницијално
1.	трајање активне фазе (мс)	0.124	0.106
2.	трајање пасивне фазе (мс)	0.152	0.186
3.	ритам (%)	0.109	0.147
4.	фреквенција (зав/мин)	0.133	0.137
5.	снага комплетног завеслаја (W)	0.152	0.181
6.	снага активне фазе (W)	0.187	0.211
7.	максимална снага (W)	0.207	0.210
8.	сила комплетног завеслаја (N)	0.142	0.155
9.	сила активне фазе (N)	0.178	0.187
10.	максимална сила (N)	0.203	0.193
11.	брзина рукохвата у активној фази (м/с)	0.034	0.430
12.	максимална брзина рукохвата (м/с)	0.021	0.410
13.	пређени пут рукохвата (цм)	0.140	0.140

При задатку 2 мин/500 м код временских варијабли, једино код варијабле ритам завеслаја (Вотра, 1980) није дошло до промене под утицајем експерименталног фактора, док је код осталих временских варијабли: трајање активне фазе завеслаја (Batschi et al., 2002), трајање пасивне фазе завеслаја (Baudouin & Howkins, 2002) и варијабле фреквенције завеслаја дошло до смањења вредности коефицијената варија-

ција. Коефицијенти варијације временских варијабли описују изразито хомогене скупове и у иницијалном и у финалном мерењу. Коефицијенти варијације ритма завеслаја указују на непотпуну наученост ове варијабле која захтева усвајање и других елемената технике и дужи временски период обучавања. Један од критеријума процене научености технике је и уједначеност активне фазе завеслаја (Sanderson & Martindale, 1986).

Табела 2. Резултати коефицијената варијације финалног мерења при различитим брзинама

Ред. бр.	Варијабле	2мин/500м финално	1мин 40с/500м финално
1.	трајање активне фазе (мс)	0.067	0.067
2.	трајање пасивне фазе (мс)	0.115	0.170
3.	ритам (%)	0.109	0.164
4.	фреквенција (зав/мин)	0.076	0.101
5.	снага комплетног завеслаја (W)	0.188	0.119
6.	снага активне фазе (W)	0.211	0.154
7.	максимална снага (W)	0.232	0.157
8.	сила комплетног завеслаја (N)	0.173	0.105
9.	сила активне фазе (N)	0.198	0.143
10.	максимална сила (N)	0.224	0.154
11.	брзина рукохвата у активној фази (м/с)	0.043	0.035
12.	максимална брзина рукохвата (м/с)	0.031	0.029
13.	пређени пут рукохвата (цм)	0.080	0.070

Вредности свих варијабли силе и снаге, снага комплетног завеслаја, снага активне фазе (Filter, 1997), максимална снага, сила комплетног завеслаја, сила активне фазе и максимална сила) у финалном мерењу су се повећале. Највећи утицај експерименталног фактора на смањење варијабилности у финалном мерењу је управо код наведених варијабли. Смањење варијабилности са повећањем задате брзине је очекивано и у сагласности је са истраживањима везаним за механичку ефикасност и конзистентност континуираног завеслаја (Baudouin & Howkins, 2002).

Код брзинских варијабли (брзина рукохвата у активној фази и максимална брзина) вредности коефицијената варијације бележе повећање, иако је брзина (индиректно преко пролазног времена на 500 м) била задата вредност, односно критеријумска варијабла. Брзинске варијабле описују изразито хомоген скуп и смањење коефицијента варијације је очекивано, јер је ова варијабла и критеријумска. И поред малих одступања од апсолутних вредности на нивоу групе, добијени резултати коефицијената варијације при мањој задатој брзини указују на велике разлике у колебањима унутар групе. Из тога се може закључити да су испитаници боље репродуковали већу задату брзину и да је ова брзина погоднија као задатак за усвајање елементарне технике веслања након почетне фазе обуке. Мања задата брзина је погодна у почетној фази за оперативну корекцију грешака и почетно учење у току веслања.

Просторна варијабла у виду пређеног пута рукохвата у финалном мерењу под утицајем експерименталног фактора бележи смањење вредности коефицијента варијације (Kleshnev, 1995). Вредности коефицијената варијације у финалном мерењу описују степен конзистентности сукцесивних покрета и смањење варијабилности са повећањем задате брзине је очекивано и у сагласности са резултатима претходних истраживања (Митровић, 2003, Младеновић, 2006). Пређени пут рукохвата је и овде потврдио да се може сматрати као валидан параметар за процену усвојености технике веслања.

Код задатка 1 мин 40 с/500 м вредности коефицијената варијације свих варијабли за веслаја бележе смањење у финалном мерењу под утицајем експерименталног фактора, осим варијабле фреквенције завеслаја. Смањење вари-

јабилности под утицајем експерименталног фактора је очекивано, али не и повећање при већој задатој брзини. Из наведеног се може закључити да већа задата брзина није погодна за усвајање варијабле фреквенције завеслаја и претпоставља се да прелази критичну вредност од 70% максималне брзине (Ilic et al., 1996; Илић и Васиљев, 2003).

ЗАКЉУЧАК

Праћењем промена вредности биомеханичких варијабли у току веслања на веслачком ергометру, у реалном времену, на два нивоа задатих брзина, изведени су следећи закључци:

- задата брзина је значајан фактор при обучавању технике веслања;
- као задатак веслачима почетницима погодније је задавати брзине, а не фреквенције завеслаја, из разлога што све вредности варијабли на иницијалном и финалном мерењу, при различито задатим брзинама, имају мали коефицијент варијације;
- погодније је као задатак давати већи ниво задате брзине од две задате, због мале дисперзије резултата на иницијалном и финалном мерењу;
- веслачи почетници не могу задату брзину да контролишу већим испољавањем силе на рукохвату весла, већ то остварују повећањем фреквенције завеслаја;
- ритам завеслаја није усвојен и даље је остао неповољан, односно трајање активне фазе је дуже трајало од трајања пасивне фазе завеслаја.

Резултате и закључке наведеног истраживања је могуће применити за формирање модела и такмичарских норматива, као и за откривање и отклањање одступања од модела идеалне веслачке технике на сваком нивоу, од почетка обуке до врхунске технике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Batschi, R., Ermishkin, R., Held, F., Ibarra, R., Janousek, B. & Jensen, K. (2002). *Be a coach*. Handbook level 1, FISA. Lausanne: The International Rowing Federation.
2. Baudouin, A. & Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *Br J Sports Med*, 36, 396-402.
3. Bompa, T.O. (1980). Technique and muscle force. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. 5, 245-249.
4. Bompa, T.O., Borms, J. & M. Hebbelinck (1990). Mechanical efficiency of the elbow flexors in rowing. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(3), 140-143.
5. Гомбач, Р. (1965). Методологија анализе неких елемената технике веслања и брзине кретања чамца. *Физичка култура*, 9/10, 406-414.
6. Грујић, Н., Бачановић, М., Лукач, Д., Драпшин, М. & Барак, О. (1999). Ергометрија у спорту. У: Н. Грујић (ур.) *Спорт и здравље*. (105-118). Нови Сад: Футура.
7. Zatsiorsky, V. M. & Yakunin, N. (1991). Mechanics and biomechanics of rowing, *International Journal of Sports Biomechanics*, 7, 229-281.
8. Ilic, D. B., Corcos, D. M., Gottlieb, G. L. & Latash, M. L. (1996). The effect of practice on movement reproduction: Implications for models of motor control. *Human Movement Science*, 15(1), 101-114.
9. Илић, Б. Д. и Васиљев, Р. (2003). *Биомеханика управљања комплексним моторним вештинама*, I издање Биомеханика. Београд: Old commerce.
10. Kleshnev, V. (1995). *Propulsive Efficiency of Rowing*. Australian institute of Sport.
11. Kleshnev, V. (2004). Technology for technique improvment. In V. Nolte (Ed), *Rowing faster*, (pp 209-228), USA: Human Kinetics.
12. Kleshnev, V. (2008). Rowing Biomechanics Newsletter, 8(87).
13. Lisiecki, A. & Rychlewski T. (1986). Efficiency of rowing exercises on rowing pool. *Biology of Sport*, 4(1/2).
14. Lu, D., Wang, Q. & Wang, Y. (1992). A biomechanical study of rowing techniques. *Sports Science*, 12(6), 75-79.
15. Митровић, Д., Станић, М., Грујић, Н. (1993). Формирање и усавршавање техничких вештина у веслању, *Физичка култура*, 47 (1-2), 108-109.
16. Митровић, Д. (2003). Учење основне технике веслања процењене на основу кинематичких карактеристика (*Докторска дисертација*), Факултет спорта и физичког васпитања, Београд.
17. Младеновић, Д. (2006). Утицај учења основне технике веслања на поједине биомеханичке варијабле остварене при различито задатим брзинама (*Магистарска теза*). Београд: Факултет спорта и физичког васпитања.
18. Nilsen, T. (2001). *FISA Development programme - Daily training programme*. Lausanne, Switzerland.
19. O'Neill, (2003). *Basic rigging principles*. Nottingham: Oarsport publication.
20. Рајковић, Ж. (2005). Утицај учења веслачке технике на поједине биомеханичке параметре остварене при различитим фреквенцијама завеслаја (*Магистарски рад*). Београд: Факултет спорта и физичког васпитања.
21. Redgrave's, S. (1995). *Complete book of rowing*. London: Partidge press.
22. Sanderson, B. & Martindale, W. (1986). Towards optimizing rowing technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(4), 454-468.
23. Smith, R. & Spinks, W. L. (1995). Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good, and elite rowers. *Jurnal of Sports Sciences*, 13, 377-385.
24. Steinacker, J. M., Secher, N. H. (1993). Advances in physiology and biomechanics of rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 14, S1-S2.
25. Stuble, K. R., Erdman, A. G., & Stoner, L. J. (1980). Kinematic analysis of rowing and rowing simulators. Proceedings from: *International Conference on Medical Devices and Sports Equipment*. San Francisco.
26. Schmidt, A. (1990). *Motor control and learning*, Champain, Ill: Human Kinetics.

27. Torres – Moreno, R., Tanaka, C. & Penney K. L. (2000). Joint excursion, handle velocity and applied force: a biomechanical analysis of ergometric rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 41-44.
28. Celentano, F., Cortili, G., di Prampero, P. E. & Cerretelli P. (1974). Mechanical aspect of rowing. *Journal of Applied Physiology*, 36(6), 642-647.
29. Filter, K. (1997). *The Secrets of Boat Speed*. FISA Coaches Conference.
30. Fukunaga, T., Matsuo, A., Yamamoto, K. & Asami, T. (1986). Mechanical efficiency in rowing. *European Journal of Applied Physiology*, 55(5), 471-475.
31. Williams, J. G. P. & Scott, A.S. (1967). *Rowing. A Scientific Approach*. London: Kaye and Ward.

Драгиша Младеновић
Професор
Кварнерска 6
Зајечар, Србија

др Душко Илић
Универзитет у Београду, Факултет спорта и физичког васпитања
Благоја Паровића 156
Београд, Србија

мр Жељко Рајковић
ОШ „Јован Стерија Поповић”
Београд, Србија

Владимир Мрдаковић
Универзитет у Београду, Факултет спорта и физичког васпитања
Благоја Паровића 156
Београд, Србија

Dragisa Mladenovic
Dusko Ilic
Zeljko Rajkovic
Vladimir Mrdakovic

797.123.012.44
Original scientific paper
Received 22.05.2009.

BASIC ROWING TECHNIQUE LEARNING USING TIME DISTRIBUTION METHOD REALIZED AT DIFFERENT ASSIGNED SPEEDS

Physical Culture, Belgrade, 63 (2009), 1, p. 48-59, tab. 2, pict. 15, ref. 31

Abstract

The research included 44 students of final fourth year from the Faculty of Sport and Physical Education in Belgrade, without previous rowing experience, (25 ± 2 years), (81 ± 8 kg) and (184 ± 7 cm). Students were practising rowing three times a week during 10 weeks period in a school rowboat with 12 seats on a smooth water. Students were not instructed how to distribute the force nor what stroke length to apply during the testing. Basic data were registered on a rowing ergometer Concept II. The instrument fitrower „Weba Sport“ was used in measuring stroke variables and the programme „Software Expert 1.2“ was applied for processing the data. Thirteen biomechanical stroke variables were observed. The test consisted of two consecutive measurements at assigned speeds indirectly enforced by the passing times on 500m as follows: 2min/500m and 1min 40sec/500m for duration of 30 seconds. Significant changes were found in all measured variables. The results proved that rowing speed is significant factor in teaching and training of rowing techniques. At first rowing beginners should be given the task of assigned speed and not the frequency of stroke. It is also better to assign them higher levels of assigned speed and not the frequency. Training course should start at assigning them lower speed and later increase the assigned speed. The greatest progress in learning absolute value of stroke variables were registered in power and force variables but the variation coefficients of these variables were significantly reduced. However the results show that the ratio of active and passive stroke phase remained unsatisfactory which means that learning rhythm requires longer period of time.

Key words: ROWING / MOTOR LEARNING / STROKE VARIABLES / RHYTHM / FREQUENCY / SPEED / POWER / FORCE

INTRODUCTION

Rowing is a sports branch characterized by the development of endurance during the optimal force investment of different intensity. The data collection about stroke variables, such as biomechanical, kinematic, physiological, and their analysis show feed-

back about rowers (Batschi et al., 2002; Baudouin & Howkins, 2002; Celentano et al., 1974; Lu et al., 1992; Redgrave's, 1995).

Rowing technique and the methods for its optimization are the subject of biomechanical research-

es in which complex methods are usually applied. The analysis of research results of biomechanical variables is one of the prerequisites of rowing technique optimization. It is necessary to find balanced relation among different motor habits, characteristics and abilities and to discover differences of validity of variables' relation on each stage of rowers' sports training (Celentano et al., 1974; Fukunaga et al., 1986; Sanderson & Martindale, 1986).

Construction of different training equipment and apparatus that enable modeling the character of strain in the whole range of movement represent an important step in the process of training and improvement of rowing technique. Observing the results by their implementation in a real time gives the opportunity for precise amount of training pressure and operative correction of rowing technique during training (Sanderson & Martindale, 1986; Smith & Spinks, 1995; Torres – Moreno et al., 2000).

Numerous researches show that rowing speed is an important factor during rowing technique learning, and it was chosen to be a criterion variable because of its presence among authors in researches conducted so far (Ilic et al., 1996). When the relationship of speed and length, frequency and rhythm of strokes is in question, there is a general validity that together with increase of length and frequency, there is increase of speed, but only to a certain limit, after which speed would be reduced, regardless of increase one of these parameters, and one of the reasons for it is coordination – a physical limit of locomotor apparatus.

The speed of this cyclic movement characteristic for rowing is calculated as a result of multiplication of stroke length by its frequency, that means that the same speed can be achieved by different combination of length and frequency of strokes. Increase of stroke length influences the reduction of frequency and vice versa, resulting that the maximal speed is achieved by optimal combination of length and frequency.

The increase of stroke frequency results in the increase in speed variation, as well as the increase of the loss of boat speed, so that there is about 1.4% loss of speed at frequency of 20 strokes per minute, while at frequency of 40 strokes per minute there is 2.4% loss of boat speed. As an important factor of efficiency there is the ratio of active phase of strokes duration and the duration of the whole stroke (Mladenovic, 2006; Zatsiorsky & Yakunin, 1991).

Maximal stroke frequency that leads to the positive influence to the boat speed as well as shown strength is 37 strokes per minute. Likewise, linear speed increase corresponds to the increase of shown strength to the speed level of 4.5m/s that corresponds to passing time for 500m of about 1 minute and 40 seconds (Celentano et al., 1974).

During 2000m race, over speed and passing times at every 500m, as key times for stabile condition sustaining and equalizing tempo during maximal effort, as well as for minimal energy losses, passing times of about 1min 40 s are used. Limited frequency (no matter whether it is higher) at which there is no increase of boat speed is 36 strokes per minute (Kleshnev, 2008).

By observing the kinematic parameters on two levels of pressure, during learning rowing technique, it has been determined that longitudinal dimensions do not influence learning. Levels of pressure are defined indirectly through passing times at 500m, during which assigned times are used (2 min at 500, and 1min. 40 s at 500m) (Redgrave's, 1995).

According to earlier researches, elite rowers do not differ from the average in their ability to develop great force, but in their ability do develop great power, and higher values of shown strength are noted at higher assigned speed, because power is directly proportional to completed work, and inversely proportional to time for which the work is completed (Zatsiorsky & Yakunin, 1991). By analyzing strokes during showing strength and speed the limit value of speed is obtained, at which the boat speed is not increased although there is further strength value increase (Celentano et al., 1974).

Consulting the data of researches conducted so far (Ilic et al., 1996; Lisiecki & Rychlewski, 1986) it is perceived that a stroke is more consistent at higher speed and that the quotient of mechanical efficiency during continuous rowing is higher than at rowing with pauses (Bompa et al., 1990; Fukunaga et al., 1986). Therefore it is more convenient to assign speed and not stroke frequency to beginner rowers, especially if the task is to assign the higher level assigned speed (Rajkovic, 2005).

Interdependency and the level of consistency of variables are tested by introducing two motor assignments. For the first assignment an approximate limit of aerobic threshold is used that most often appears for rowers at passing time of 2 min / 500m, considering that this passing time for rowers represent

the limit between work in zones of small and medium intensity below which the training would influence the aerobic processes with high variability. The second assignment of 1min 40 s for 500m represents the level of pressure that is taken as approximate limit of aerobic threshold, and also represents the average/medium regatta passing time on 500m for rowers in most disciplines. These values of passing times are closely connected to the intensity of pressure, production and supply of energy during rowing race, as well as for dosing and programming the intensity of practicing. The subject of research in this work is learning of fundamental rowing technique and the influence of two levels of intensity of assigned intensities of learning rowing to the changes of researched biomechanical variables of strokes. The aim of work is to determine at which speed and in which interrelation of movement variables the locomotor apparatus is adapted better and to adjust efficient stroke in continuous strokes.

METHODS

Experimental method was applied in this research, with one group, with initial and final measuring and experimental factor of basic rowing technique learning. For obtaining basic data on initial and final measuring a rowing ergometer "Concept 2" was applied, and the instrument "Fitro power" by "Weba Sport" was used in measuring stroke variables in real time, connected to the computer with a sonde. The program "Software Expert 1.2" by "Weba Sport" was applied for processing the data (Grujic et al, 1999).

Research protocol

The first or initial measuring was done immediately after the completion of given assignment, on rowing ergometer during continuous stroking. After that, the examinees were instructed rowing techniques in a school rowboat of "Galia" type, with 12 seats on smooth water. Rowing technique practicing lasted for ten weeks, three hours a week, the same amount as the duration of instruction period of rowing technique during summer semester at the Faculty of Sport and Physical Education in Belgrade.

Final measuring was done immediately after

the completion of learning program. Experimental procedure was identical at initial and final measuring. The examinees were instructed neither how to distribute the force, nor what stroke length to apply during the testing. The test consisted of two measuring with assigned rowing speeds, indirectly through passing times on 500m. The first assignment had the passing time of 2min/500m, while the second assignment had the passing time of 1min 40 s/ 500m in the length of time of 30 s.

For 30 seconds the examinees completed 10 to 15 strokes. Given duration for each assignment represent the compromise between sufficient number of strokes and influences of factors that derange the stability of sports techniques such as fatigue, poor physical preparation and influence of psychological factors such as concentration, motivation and similar (Steinacker & Secher, 1993; Schmidt, 1990). Breaks during assignments lasted 15-20 seconds and were sufficient for complete recovery for a new assignment. During measuring one of the measurers stood by the examinee and registered entering the regime of assigned pressure during rowing, while the other started registering on the sign given by the first measurer, and conducted data activity on computer. Registering the tested stroke variables was initiated after establishing constant assigned value (O'Neill, 2003).

The sample of examinees

The experiment was realized on the sample of 44 students of final fourth year from the Faculty of Sport and Physical Education in Belgrade, without previous rowing experience, (25 ± 2 years), (81 ± 8 kg) and (184 ± 7 cm).

The sample of variables

Since the limit of aerobic brink, the limit between work in zones of small and medium intensity, can be found among rowers in passing time of 2min / 500m that represents the approximate limit of aerobic threshold. Passing time of 1min and 40s/500m represents an approximate limit of anaerobic threshold for most of the rowers (O'Neill, 2003).

Taking into account the importance of the indicated values, assigned speeds were exactly in the given range as criterion variables.

In the context of predictor variables, the researches used to find different ways of measuring stroke variables, in the boat, on rowlock, outrigger, handle, blade, ergometer (Gombac, 1965; Grujic et al., 1999; Lu et al., 1992). A larger number of simultaneously observed stroke variables enable a better view on their interrelationship and dependency, as well as the very phenomenon of motor learning; and, in order to use international references, they shall be additionally marked by standard abbreviations. There are 13 stroke variables observed in this research. Four of them are time variables: time of active stroke phase (*act time*), time of passive stroke phase (*pas time*), rhythm or ratio (*ratio*), frequency of strokes (*freq*); three are power variables: power during average stroke (*power avr t*), power during active stroke phase (*power avr a*), maximum power (*power peak*); three are force variables: force during average stroke (*force avr t*), force during active stroke phase (*force avr a*), maximum force (*force peak*); two are speed variables: average realized speed of grip during active stroke phase (*speed avr a*), realized maximum speed of grip during active stroke phase (*speed peak*); and one is space variable – stroke length (*stroke length*).

Statistical analysis

Significant changes were tested by two-way T-test for dependable samples.

RESULTS AND DISCUSSION

Under the influence of experimental factor, there were statistically significant changes of values of all thirteen tested stroke variables at the final measuring.

Time variables

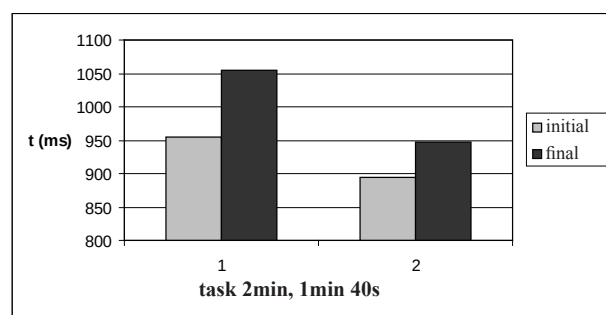
At the final measuring of time variables there were increased values of active stroke phase variable and passive stroke phase variable, and reduced values of variable and stroke frequency variable ratio. With the increase of assigned speed there came the decrease of active stroke phase time and passive

stroke phase time, while ratio and stroke frequency showed increased values.

Active stroke phase time

Active stroke phase is in direct connection with the passive phase and expressing power on oar handle. At the final measuring the value of active stroke phase time was increased in both assignments while with the increase of assigned speed it was reduced (*chart 1*).

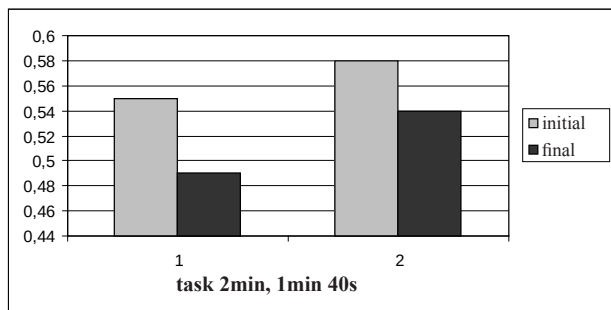
Chart 1. Presentation of active stroke phase time at initial and final measuring at two assigned values of stroke speed



Time of active stroke phase in regatta speed and frequency of 34.4 strokes per minute is about 700ms (Rajkovic, 2005). The approach of values for examinees to the aforesaid values indicates that higher of the two assigned speed is more appropriate as a task for acquiring this stroke variable (Ilic et al., 1996; Ilic & Vasiljev, 2003; Rajkovic, 2005). Since speed was an assigned value (constant), the increase of transit and increase of shown power and force with simultaneous decrease of active stroke phase time show the success of technical performance which is, among the rest, valued by shorter time of movements (Schmidt, 1990).

In previous researches (Smith & Spinks, 1995), a significant connection ($r = -0.73$, $p < 0.01$) between relation of active stroke phase time and total stroke time was also noted. This ratio shows whether there has been the increase of stroke efficiency under the influence of experimental factor.

Chart 2. Presentation of relation of active stroke phase time and total stroke time at initial and final measuring at two assigned values of stroke speed

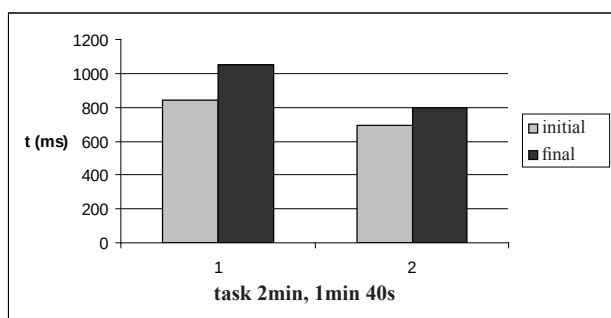


The shown relation between active stroke phase time and total stroke time (chart 2) shows that there has been the increase of stroke efficiency under the influence of experimental factor.

Passive stroke phase time

The increase of passive stroke phase time at the final measuring shows the approaching of passive phase value to values achieved in regatta speed and frequency of 34.4 strokes per minute (Smith & Spinks, 1995), while with the increase of assigned speed the value of this phase time is reduced (chart 3), which was expected, taking into account that frequency represents the number of strokes in a unit of time (Celentano et al., 1974).

Chart 3. Presentation of passive stroke phase time in initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



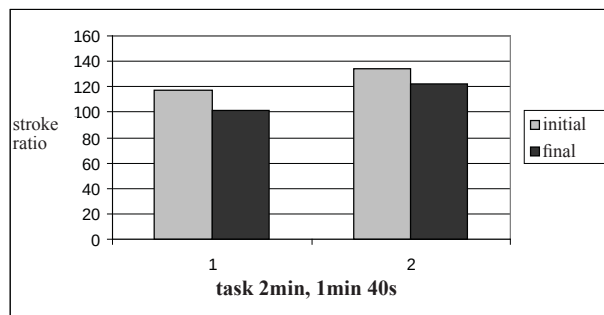
The same boat speed can be sustained by the increase of stroke frequency, although its length is reduced (Klesnev, 1995). The examinees tried to sustain higher assigned speed by higher stroke frequency by shortening of passive stroke phase. It is assumed that it was the result of insufficiently achieved

rowing technique and faults in their motor program, because, in order to increase the speed with the same number of strokes, it is necessary to implement greater force of a single stroke, which was impossible for examinees to fulfill at this level of learning.

Stroke ratio

The value of ratio variable (the relation of active and passive stroke phase) shows that at the final measuring there was a reduced ratio value and that these values increase with the increase of assigned speed (chart 4).

Chart 4. Presentation of stroke ratio at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed

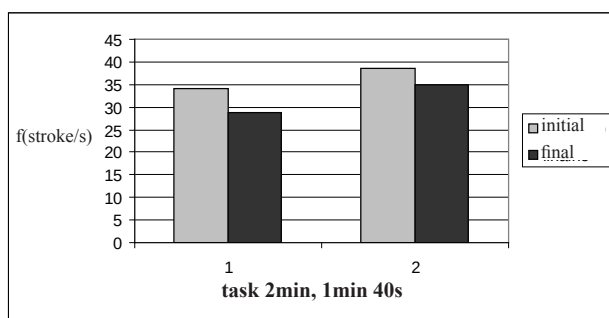


Although a movement can be seen in approaching the values of ratio which is most often noted during major competitions (1:2 and 1:1.5; Celentano, 1974), values got in percentages show an unfavourable ration. The term favourable ratio means the one which has shorter active phase time than the passive one (quotient value less than 1) (Nilsen, 2001). The obtained results show that the active stroke phase time at final measuring remained shorter than passive phase time in spite of the influence of experimental factor, and that can be concluded that the examinees did not acquire the knowledge about ratio during learning program, that ratio represents a complex task which demands previous acquiring of other technique elements and that this is a variable which needs a longer period of time to be learned. Besides, the qualities of rowboat "Galija", in which practice was done – its weight, inertia, great hydrodynamic resistance – are the factors inappropriate for learning stroke ratio.

Stroke frequency

The results of stroke frequency (number of strokes in the unit of time) at the final measuring show that the examinees solved the same assignment with smaller stroke frequency, while they increased the frequency with the increase of assigned speed (chart 5).

Chart 5. Presentation of stroke frequency at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed.



The same boat speed can be sustained by increasing stroke frequency, although stroke length is reduced (Rajkovic, 2005). Limit stroke frequency that does not lead to further speed acceleration is 36 or 37 strokes (O'Neill, 2003).

The examinees approached the values of regatta speed at higher assigned speed better at frequency of 34.4 strokes per minute, which shows that they rowed in more rational way, increased the efficiency of strokes and that higher assigned speed is more appropriate as an assignment for acquiring stroke frequency variable (Zatsiorsky & Yakunin 1991). The examinees also sustained the assigned speed, i.e. passing time by greater number of strokes and by reducing the passive phase. Apart from the increase of stroke efficiency in which the assigned length is increased and greater power and force are shown at assigned (constant) speed, there is space for increasing the efficiency in increase of passive stroke phase time, which has been confirmed by numerous authors who researched stroke efficiency (Baudouin & Howkins, 2002).

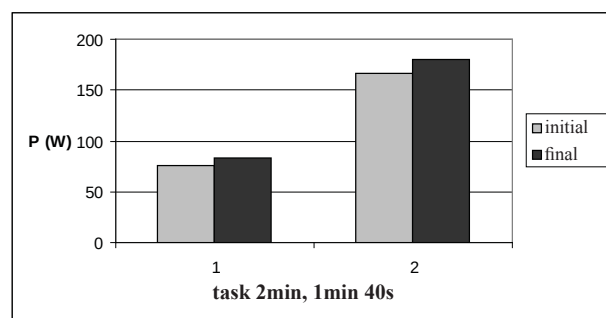
Variables of power and force

Initial conditions for stroke performance and their application through appropriate time scheme of applied muscle power show different effect of applied power during strokes.

Power variables

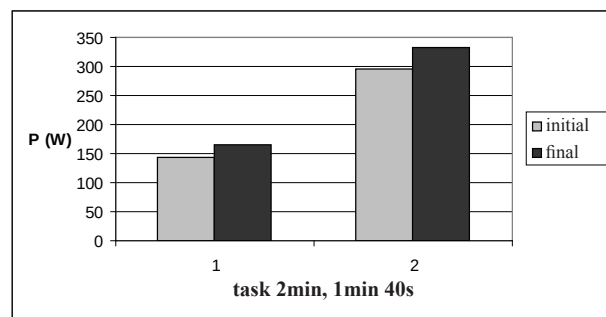
All power variables at final measuring: average power of complete stroke (chart 6), average active stroke phase power (chart 7), and peak power (chart 8) show the same tendency, both under the influence of experimental factor and at greater assigned speed.

Chart 6. Presentation of average power during complete stroke at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



In all power variables at the final measuring there is a statistically significant increase of values ($p < 0.01$). The increase of assigned speed results in the increase of all values of power variable both at initial and final measuring.

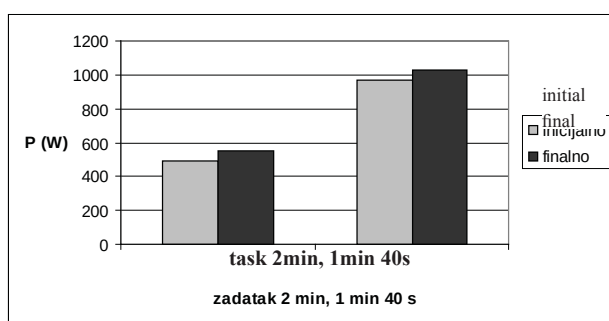
Chart 7. Presentation of average power during active stroke phase at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



Better results obtained at the final measuring can be associated with the influence of experimental factor, but also with the qualities of "Galija" rowboat in which rowing practice was done. Great weight, inertness, hydrodynamic resistance, floatability and stabile balanced position are the conditions that reduce the possibility of oar gliding through water and enable better contact of oar blade and water, and also the conditions for more efficient power application (Zatsiorsky & Yakunin, 1991). A large number of researches have shown that elite rowers do no dif-

fer from the average ones at their ability to develop great power, but at their ability to develop great power (Celentano et al., 1974; Zatsiorsky & Yakunin, 1991). The results of expressing power at the final measuring show that higher values of shown power are noted at greater assigned speed. The increase of shown power values with the increase of assigned speed is expected, since the power is directly proportional to work done and reverse proportional to time in which the work is done.

Chart 8. Presentation of peak stroke power at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed

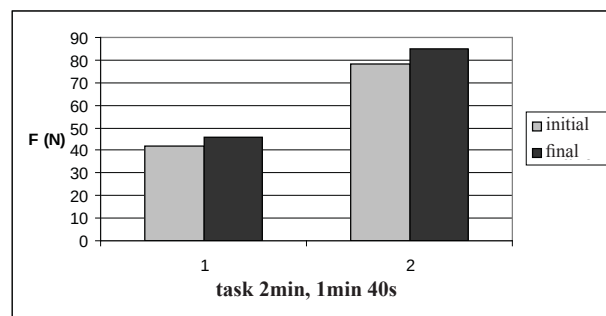


By analyzing strokes at expressing power and speed a limit speed value was obtained, at which the boat speed was not increased despite further power values. It is in accordance with the results of researches completed so far (Williams & Scott, 1967) that a stroke is more consistent at higher speed (Ilic et al., 1996), and that the quotient of mechanical efficiency during a continuous rowing is grater than it is the case of rowing with breaks (Kleshnev, 2004).

Force variables

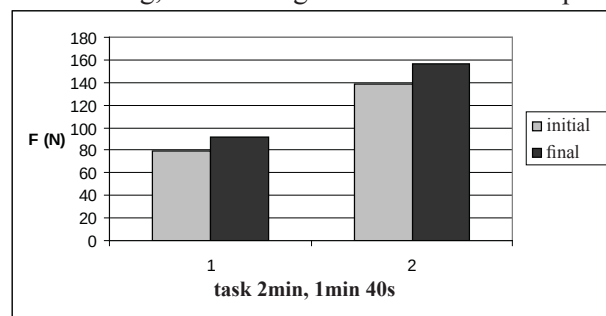
At the final measuring there was a statistically significant increase of shown force at both of the assigned speed, at all speed variables: average complete stroke force (*chart 9*), average active phase force (*chart 10*) and maximum (peak) force (*chart 11*). Likewise, with the increase of assigned speed, almost doubled values of expressed force were observed.

Chart 9. Presentation of average force during complete stroke at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



Explanation for the obtained results, where at greater assigned speed there is a greater force value, lies in the transient regime of muscles, which are typical for cyclic movements such as rowing. Namely, greater assigned speed corresponds to transient regime of muscles, i.e. the intensity that corresponds to the time interval in which muscle force is adapting to a new degree of activation and time for relaxation.

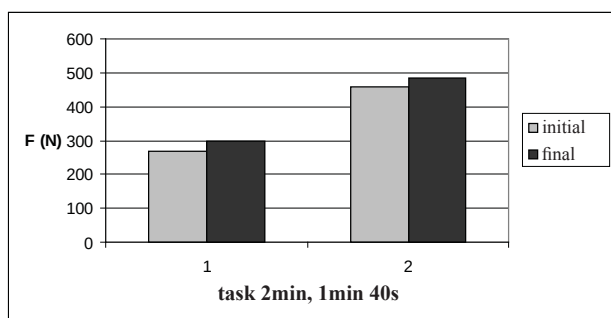
Chart 10. Presentation of average force during active stroke phase at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



In previous researches (Zatsiorsky & Yakunin, 1991) a significant connection was observed ($r=0.48$, $p < 0.01$) between the relationship of average active stroke phase force, peak force and stroke efficiency.

Speaking about the average and peak force for technique improvement, in researches conducted so far (Smith & Spinks, 1995) it was recommended the increase of average force level, and especially the increase of relation of average and peak force.

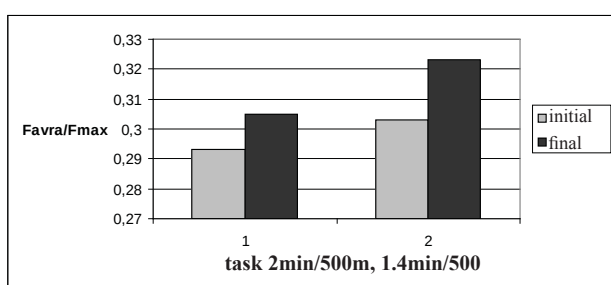
Chart 11. Presentation of peak stroke force at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



If the ratio of average and peak force is nearer to number one, stroke efficiency is greater.

From the results of relation of average force during active phase and peak stroke force (*chart 12*) it can be observed that, under the influence of experimental factor, the ratio came close to one, which shows that there was the increase of stroke efficiency.

Chart 12. Presentation of average active phase stroke ratio and peak force at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



Speed variables

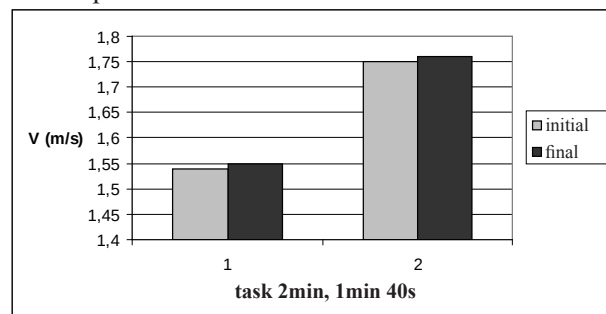
Mechanism of speed sequence on the levels of single joints as well as its manifestation at the end of kinetic chain moving the oar in the same point is a closed mechanical system in which muscles do joined synergic activity in the shape of showing force. The final effect of sequencing single expressed power is a stabile trajectory of strokes obtained through line speed which is changed during strokes in steady regime.

Active stroke phase speed and peak speed

Time profile of active stroke phase speed (*chart 13*) and peak speed (*chart 14*) are the assigned values (criterion variables), indirectly through passing time

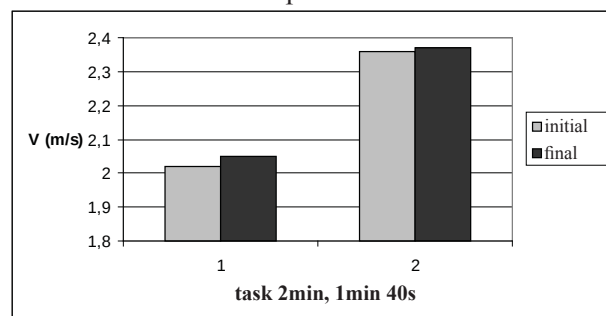
at 500m, and therefore there are no significantly important differences in results that are expected.

Chart 13. Presentation of average grip speed during active stroke phase at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



However, although speed was an assigned value, there is a statistically important difference between assigned and reached speed at smaller assigned speed in both variables (*charts 13 and 14*)

Chart 14. Presentation of peak grip speed at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



It is assumed that this result was obtained because the strokes are in principle, less consistent at smaller speed (Mladenovic, 2006). Although there are smaller variations from average absolute values on the group level, the results obtained at smaller assigned speed show great differences and oscillations inside the group (*Tables 1 and 2*). On the basis of above mentioned, it can be concluded that the examinees presented greater assigned speed (Ilic & Vasiljev, 2003; Mladenovic, 2006). The same level of assigned speed can be preserved by merely changing the way of expressing force, with a smaller level of peak force, or with its longer preservation (Zatsiorsky & Yakunin, 1991).

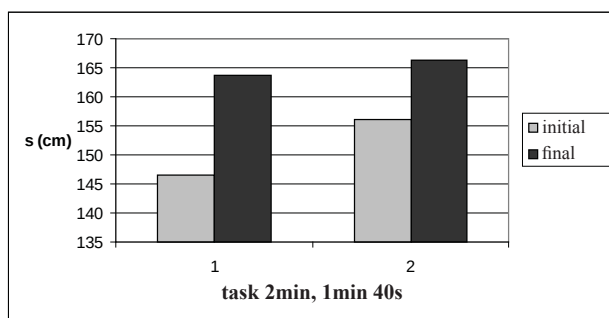
Space variable

Exceptionally important variable is an oar handle transit intended for adequate and accurate quantification of mechanical work in both active (positive) and passive (negative) phase.

Oar handle transit

At the final measuring under the influence of experimental factor there was a statistically important increase in oar handle transit (*Chart 15*) at both assigned speeds, and with the increase of assigned speed, there comes the increase of this value.

Chart 15. Presentation of oar handle transit at initial and final measuring, at two assigned values of stroke speed



Using approximate values of angle and internal oar handle, an optimal value of oar handle transit length can be obtained, which is about 164cm; and these values obtained at the final measuring (163.80 cm and 166.20 cm) have variate little from the optimal value, showing thus that oar handle transit variable is a learned one. Beside the increase of oar handle transit values, at higher assigned speed there came the decrease of active phase time and greater expressing power and force, which shows the increase of stroke efficiency (Stuble et al., 1980).

Stroke variability analysis

This analysis is also based on classification of variables according to their features into time variables, power and force variables, speed and space variables. Variability of results shows that rowing technique can be estimated not only based on their variation from absolute values, but also on the basis of result variability of examined stroke variables.

Under the influence of experimental factor (learning the basic rowing technique) variability was changing differently, as well as the range of tested stroke variables, while with the increase of assigned speed, changes in variation quotient value were noted in all thirteen variables (*Tables 1 and 2*).

Table 1. Results of initial measuring variation quotients at different speeds

	Variables	2min/500m initial	1min 40s/500m initial
1.	time of active stroke phase (ms)	0.124	0.106
2.	time of passive stroke phase (ms)	0.152	0.186
3.	rhythm or ratio (%)	0.109	0.147
4.	frequency of strokes (str/min)	0.133	0.137
5.	power during average stroke (W)	0.152	0.181
6.	power during active stroke phase (W)	0.187	0.211
7.	maximum power (W)	0.207	0.210
8.	force during average stroke (N)	0.142	0.155
9.	force during active stroke phase (N)	0.178	0.187
10.	maximum force (N)	0.203	0.193
11.	speed of grip during active stroke phase (m/s)	0.034	0.430
12.	maximum speed of grip (m/s)	0.021	0.410
13.	stroke length (cm)	0.140	0.140

During the assignment 2min/500m at time variables, no changes under the influence of experimental factor were noted only in the case of stroke ratio variable (Bompa, 1980), while there were reduced values of variation quotient in all other time variables: active stroke phase (Batschi et al., 2002), passive stroke phase (Baudouin & Howkins, 2002) and stroke frequency variable. Time variables varia-

tion quotients describe exceptionally homogenous units both at initial and at final measuring. Stroke ratio variation quotients show insufficient level of learning of this variable, which demands comprehension of all other elements of technique and a longer training period. One of the criteria for estimation of the learning level of this technique is equalization of active stroke phase (Sanderson & Martindale, 1986).

Table 2. Results of final measuring variation quotients at different speeds

	Variables	2min/500m final	1min 40s/500m final
1.	time of active stroke phase (ms)	0.067	0.067
2.	time of passive stroke phase (ms)	0.115	0.170
3.	rhythm or ratio (%)	0.109	0.164
4.	frequency of strokes (zav/min)	0.076	0.101
5.	power during average stroke (W)	0.188	0.119
6.	power during active stroke phase (W)	0.211	0.154
7.	maximum power (W)	0.232	0.157
8.	force during average stroke (N)	0.173	0.105
9.	force during active stroke phase (N)	0.198	0.143
10.	maximum force (N)	0.224	0.154
11.	speed of grip during active stroke phase (m/s)	0.043	0.035
12.	maximum speed of grip (m/s)	0.031	0.029
13.	stroke length (cm)	0.080	0.070

Values of all power and force variables, complete stroke power, active phase power (Filter, 1997), peak power, complete stroke force, active phase force, peak force increased at the final measuring. The greatest influence of experimental factor on reduction of variability at final measuring is exactly in abovementioned variables. The reduction of variability with the increase of assigned speed is expected and in compliance with the researches connected to the mechanical efficiency and consistency of continuous strokes (Baudouin & Howkins, 2002).

At speed variables (active phase grip speed and peak speed) the variation quotient values are increased, although speed (indirectly, through passing time at 500m) was an assigned value, i.e. criterion variable. Speed variables describe exceptionally homogenous unit and quotient reduction is expected because this variable is also a criterion one. Although there were small variations from the absolute values

on the group levels, the obtained results of variation quotient at smaller assigned speed indicate great differences in oscillations inside the group. Therefore we can conclude that the examinees managed higher assigned speed better, and that this speed is more convenient as an assignment for learning rowing technique elements after the initial phase of learning. Smaller assigned speed is appropriate in initial phase for operative mistake correction and initial learning during rowing.

Space variable of oar handle transit has reduced values of variation quotient at the final measuring under the influence of experimental factor (Kleshnev, 1995). The values of variation quotient at the final measuring describe a degree of successive movements' consistency, so the reduction of variability with the increase of the assigned speed is expected and in compliance with the results of previous researches (Mitrovic, 2003; Mladenovic, 2006).

Oar handle transit confirmed again that it can be considered a valid parameter for estimation of rowing technique learning.

At the assignment of 1min 40s/500m the values of variation quotients of all stroke variables show reduction at the final measuring under the influence of experimental factor, apart from the stroke frequency variable. The reduction of variability under the influence of experimental factor is expected, but not the increase at higher assigned speed. Therefore, on the basis of the abovementioned, it can be concluded that higher assigned speed is not appropriate for stroke frequency variable learning and we can assume that it surpasses the critical value of 70% of peak speed (Ilic et al., 1996; Ilic & Vasiljev, 2003).

CONCLUSION

The following conclusions were made by following the changes of biomechanical variable values during rowing on rowing ergometer, in real time, at two levels of assigned speeds:

- An assigned speed is an important factor in rowing technique learning;
- Beginner rowers are better to be given the assigned speeds, and not stroke frequency, because all variable values at initial and final measuring at different assigned speeds have small variation quotient;
- As an assignment, it is more convenient to give a higher level of assigned speed out of two, because of small result dispersion at initial and final measuring;
- A beginner rower cannot control higher assigned speed by showing force on oar handle, so that they accomplish the task by higher stroke frequency;
- Stroke ratio was not adopted and it still remains inappropriate, i.e. active phase time lasted longer than passive stroke phase time.

The results and conclusions of this research can be applied to forming models and competitive normative, as well as detecting and eliminating variations from the ideal rowing technique model at all levels, from the beginning of training to elite technique.

REFERENCES

1. Batschi, R., Ermishkin, R., Held, F., Ibarra, R., Janousek, B. & Jensen, K. (2002). *Be a coach*. Handbook level 1, FISA. Lausanne: The International Rowing Federation.
2. Baudouin, A. & Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *Br J Sports Med*, 36, 396-402.
3. Bompa, T.O. (1980). Technique and muscle force. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 5, 245-249.
4. Bompa, T.O., Borms, J. & M. Hebbelinck (1990). Mechanical efficiency of the elbow flexors in rowing. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(3), 140-143.
5. Celentano, F., Cortili, G., di Prampero, P. E. & Cerretelli, P. (1974). Mechanical aspect of rowing. *Journal of Applied Physiology*, 36(6), 642-647.
6. Filter, K. (1997). *The Secrets of Boat Speed*. FISA Coaches Conference.
7. Fukunaga, T., Matsuo, A., Yamamoto, K. & Asami, T. (1986). Mechanical efficiency in rowing. *European Journal of Applied Physiology*, 55(5), 471-475.
8. Gombač, R. (1965). Metodologija analize nekih elemenata tehnike veslanja i brzine kretanja čamca, (Methodology of analysis of some rowing technique elements and boat speed, *Fizička kultura*, 9/10, 406-414.
9. Grujić, N., Bačanović, M., Lukač, D., Drapšin, M. & Barak, O. (1999). Ergometrija u sportu. U: N. Grujić (ur.) *Sport i zdravlje*. [Ergometry in sport. In Grujić, N. (Ed) *Sport and Health*] (105-118). Novi Sad: Futura.
10. Ilic, D. B., Corcos, D. M., Gottlieb, G. L. & Latash, M.L. (1996). The effect of practice on movement reproduction: Implications for models of motor control. *Human Movement Science*, 15(1), 101-114.
11. Ilić, B. D. i Vasiljev, R. (2003). *Biomehanika upravljanja kompleksnim motornim veštinama*, I izdanje Biomehanika. (Biomechanics of controlling complex motor skills), 1st edition Biomechanics. Beograd: Old commerce.
12. Kleshnev, V. (1995). *Propulsive Efficiency of rowing*. Australian institute of Sport.

13. Kleshnev, V. (2004). Technology for technique improvement. In V. Nolte (Ed), *Rowing faster*. (pp 209-228), USA: Human Kinetics.
14. Kleshnev, V. (2008). Rowing Biomechanics Newsletter, 8(87).
15. Lisiecki, A. & Rychlewski T. (1986). Efficiency of rowing exercises on rowing pool. *Biology of Sport*, 4(1/2).
16. Lu, D., Wang, Q. & Wang, Y. (1992). A biomechanical study of rowing techniques. *Sports Science*, 12(6), 75-79.
17. Mitrović, D., Stanić, M., Grujić, N. (1993). Formiranje i usavršavanje tehničkih veština u veslanju. (Forming and improving technical rowing skills), *Fizička kultura*, 47 (1-2), 108-109.
18. Mitrović, D. (2003). Učenje osnovne tehnike veslanja procenjene na osnovu kinematičkih karakteristika (*Doktorska disertacija*) (Basic rowing technique learning estimated on the basis of kinematic characteristics, *Doctoral dissertation*). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
19. Mladenović, D. (2006). Uticaj učenja osnovne tehnike veslanja na pojedine biomehaničke varijable ostvarene pri različito zadatim brzinama (*Magistarska teza*). (The influence of basic rowing technique learning on certain biomechanical variables realized at different assigned speeds, *Master thesis*). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
20. Nilsen, T. (2001). FISA Development programme - Daily training programme. Lausanne, Switzerland.
21. O' Neill, (2003). *Basic rigging principles*. Nottingham: Oarsport publication.
22. Rajković, Ž. (2005). Uticaj učenja veslačke tehnike na pojedine biomehaničke parametre ostvarene pri različitim frekvencijama zaveslaja (*Magistarski rad*). (Influence of rowing technique learning on certain biomechanical parameters realized at different stroke frequencies, *Master thesis*). Beograd: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.
23. Redgrave's, S. (1995). *Complete book of rowing*. London: Partidge press.
24. Sanderson, B. & Martindale, W. (1986). Towards optimizing rowing technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(4), 454-468.
25. Schmidt, A. (1990). *Motor control and learning*. Champaign, Ill: Human Kinetics.
26. Smith, R. & Spinks, W.L. (1995). Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good, and elite rowers. *Jurnal of Sports Sciences*, 13, 377-385.
27. Stuble, K.R., Erdman, A.G., & Stoner, L.J. (1980). Kinematic analysis of rowing and rowing simulators. Proceedings from: *International Conference on Medical Devices and Sports Equipment*. San Francisco.
28. Steinacker, J. M. & Secher, N. H. (1993). Advances in physiology and biomechanics of rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 14, S1-S2.
29. Torres – Moreno, R., Tanaka, C. & Penney K. L. (2000). Joint excursion, handle velocity and applied force: a biomechanical analysis of ergometric rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 41-44.
30. Williams, J.G.P. & Scott, A.S. (1967). *Rowing. A scientific approach*. London: Kaye and Ward.
31. Zatsiorsky, V.M. & Yakunin, N. (1991). Mechanics and biomechanics of rowing. *International Journal of Sports Biomechanics*, 7, 229-281.

Dragisa Mladenovic
Kvarnerska 6
Zajecar, Serbia

Dusko Ilic, PhD
University of Belgrade
Faculty of Sport and Physical Education
Blagoja Parovica 156
Belgrade, Serbia

Zeljko Rajković, MA
OS „Jovan Sterija Popovic”
Belgrade, Serbia

Vladimir Mrdakovic
University of Belgrade,
Faculty of Sport and Physical Education
Blagoja Parovica 156
Belgrade, Serbia