

Anthony C. Hackney

Lietuvos kūno kultūros akademijos
Garbės daktaras

Doctor of Honour at the Lithuanian Academy of
Physical Education

Lietuvos kūno kultūros akademijos Senato posėdžio,
įvykusio 2008 m. birželio 27 d. (protokolo Nr. 10),

Nutarimas (Regulation)

Už nuopelnus LKKA ir Lietuvos sporto mokslo vystymui suteikti Lietuvos kūno kultūros akademijos Garbės daktaro vardą Šiaurės Karolinos universiteto profesoriui Anthony C. Hackney.

Senato pirmininkas
Senato sekretorius

e. doc. p. A. Stanislovaitis
doc. dr. A. Grūnovas

A. C. Hackney — JAV Šiaurės Karolinos universiteto profesorius, garsus pasaulinio lygio mokslininkas sporto biomedicinos srityje. Jo mokslinių tyrimų kryptis — endokrininės sistemos ir metabolizmo adaptacija prie fizinių krūvių ir aplinkos poveikio. A. C. Hackney publikavo daugiau kaip 135 mokslinius straipsnius tarptautiniuose mokslo žurnaluose, skaitė per 90 pranešimų tarptautinėse mokslo konferencijose, išleido 11 vadovėlių ar jų dalių, yra tokių garsių mokslo draugijų kaip Amerikos sporto medicinos kolegija, Kembridžo fiziologijos draugija narys, taip pat 10 mokslinių žurnalų redkolegijos narys. Prof. A. C. Hackney aktyviai dalyvauja plėtojant sporto mokslą Baltijos šalyse. Jis nuolat atvyksta ir skaito paskaitas doktorantams Lenkijos ir Estijos (Tartu) universitetuose.

Profesorius A. C. Hackney

1997—1998 mokslo metais pirmasis ir kol kas vienintelis iš garsių užsienio sporto mokslininkų ištisus mokslo metus dirbo kaip vizituojantis profesorius tuometinio Lietuvos kūno kultūros instituto Fiziologijos ir biochemijos katedroje. Jis dėstė sporto ir fizinių pratimų fiziologijos, taip pat sporto endokrinologijos dalykus bakalauro, magistro ir doktorantūros lygių studentams. Profesorius A. C. Hackney padėjo organizuoti ir kartu vykdė bendrus veiksmus, lemiančius žmogaus fizinį pajėgumą, tyrimus, padovanojo naujausios sporto fiziologijos literatūros, konsultavo mokslinių tyrimų klausimais biomedicinos krypties mokslininkus ir doktorantus.

Nuo 1998 m. iki dabar prof. A. C. Hackney yra LKKA leidžiamo mokslinio žurnalo „Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas“ Redaktorių kolegijos narys, publikavo mokslinius straipsnius šiame ir kituose Lietuvos žurnaluose.

A. C. Hackney is a full professor at the University of North Carolina (USA), a recognised researcher all over the world in the field of Sports Biomedicine. His research is focused on the adaptation of endocrine system to the influence of physical loads and environmental impact. He has published more than 135 articles in peer reviewed international journals, presented his research results at more than 90 international conferences, and he is the author or co-author of 11 textbooks. A. C. Hackney is a member of such world-famous scientific societies as American College of Sports Medicine and the Physiological Society at the University of Cambridge, as well as a member of the editorial boards of 10 international research journals.

Prof. A. C. Hackney has

contributed to sports science development in the Baltic States. He regularly comes to give lectures at the universities in Poland and Estonia (Tartu). He was the first and yet the only visiting professor who came and taught at the Department of Physiology and Biochemistry of the Lithuanian Institute (now Academy) of Physical Education for the whole year (1997—1998). He gave lectures in Sports and Exercise Physiology and Sports Endocrinology for bachelor, master and doctoral students, helped in organising and conducting research in the field of Human Performance testing and other fields in Biomedicine.

Since 1998 professor A. C. Hackney has been a member of the Editorial Board of the scientific journal “Education. Physical Training. Sport”, and he has published research articles in this and other Lithuanian journals.



*Yra gyvenime ir praeitis, ir ateitis,
Ir dideli darbai, ir didelės svajonės...
Laimingas tas, kas moką atvira širdim
Gyvenimą praėti ir mylėti žmones.*



Genovaitė Irtmonienė

Ilgametė žurnalo „Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas“ redaktorė, Lietuvos kūno kultūros akademijos Leidybos centro direktorė

Sveikiname gerbiamą Jubiliatę gražios sukakties proga. Tegu auksinis ruduo nuspalvina Jūsų gyvenimą gražiausiomis spalvomis, o būsimieji metai lai būna praėjusių brandus ir ilgas tęsinys.

Redaktorių kolegija

Genovaitė Irtmonienė

Experienced Editor of the journal “Education. Physical Training. Sport”, Director of the Publishing Center at the Lithuanian Academy of Physical Education.

We congratulate our dear Celebrant on her wonderful Anniversary. Let the golden autumn colour Your life with the most beautiful colours, and the coming years may be the mature and long follow-up of Your previous years.

Editorial Board

LIETUVOS KŪNO KULTŪROS AKADEMIJA

UGDYMAS • KŪNO KULTŪRA • SPORTAS

3 (70)

2008

ISSN 1392-5644

**Žurnalas „Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas“ leidžiamas nuo 1968 m.
(ankstesnis pavadinimas — mokslo darbai „Kūno kultūra“)**

Redaktorių kolegija

- Prof. habil. dr. Eugenija Adaškevičienė
(Klaipėdos universitetas)
- Prof. dr. Herman Van Coppenolle
(Leveno katalikiškasis universitetas, Belgija)
- Dr. Liudmila Dregval
(Kauno medicinos universitetas)
- Prof. habil. dr. Alina Gailiūnienė
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. dr. Uldis Gravitis
(Latvijos sporto pedagogikos akademija)
- Prof. habil. dr. Elvyra Grinienė
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. dr. Anthony C. Hackney
(Šiaurės Karolinos universitetas, JAV)
- Prof. dr. Adrianne E. Hardman
(Loughborough universitetas, Didžioji Britanija)
- Prof. habil. dr. Irayda Jakušovaite
(Kauno medicinos universitetas)
- Prof. habil. dr. Janas Jaščaninas
(Lietuvos kūno kultūros akademija, Šečino universitetas, Lenkija)
- Prof. habil. dr. Kęstutis Kardelis
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Aleksandras Kriščiūnas
(Kauno medicinos universitetas)
- Dr. Dalia Mickevičienė — *atsakingoji sekretorė*
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. dr. Dragan Milanović
(Zagrebo universitetas, Kroatija)
- Prof. habil. dr. Kęstutis Miškinis
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Kazimieras Muckus
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Jonas Poderys — *vyr. redaktoriaus pavaduotojas*
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Antonin Rychtecky
(Prahos Karlo universitetas)
- Prof. habil. dr. Juozas Saplinskas
(Vilniaus universitetas)
- Prof. habil. dr. Antanas Skarbalius
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Juozas Skernevičius
(Vilniaus pedagoginis universitetas)
- Prof. habil. dr. Albertas Skurvydas
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Henryk Sozanski
(Varšuvos kūno kultūros akademija, Lenkija)
- Prof. habil. dr. Stanislovas Stonkus — *vyr. redaktoriaus pavaduotojas*
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
- Prof. habil. dr. Juozas Uzdila
(Vilniaus pedagoginis universitetas)

Viršelio dailininkas Gediminas Pempė
Redaktorės V. Jakutienė ir D. Karanauskienė

© Lietuvos kūno kultūros akademija, 2008

Leidžia LIETUVOS KŪNO KULTŪROS AKADEMIJA
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Tel. +370 37 302636
Faks. +370 37 204515
Elektr. paštas zurnalas@lkka.lt
Interneto svetainė www.lkka.lt/zurnalas

2008 09 23. 14,0 sp.l. Tiražas 150 egz. Užsakymas 8-358.
Spaustuvė „MORKŪNAS ir Ko“, Draugystės g. 17, LT-51229 Kaunas.

TURINYS

- Julija Andrejeva, Vytautas Streckis, Rasa Bacevičienė, Kristina Visagurskienė, Giedrius Gorianovas, Irena-Nijolė Vitkienė, Lina Čečėnaitė**
PAAUGLIŲ IR SUAUGUSIŲJŲ GEBĖJIMAS VALINGAI AKTYVUOTI KETURGALVĮ ŠLAUNIES RAUMENĮ ATLIKANT IZOMETRINĮ KRŪVĮ 5
- Algirdas Bingelis, Kazimieras Pukėnas, Sigita-Marija Zdanavičienė**
TEMPO POVEIKIS KETURVIEČIŲ VALČIŲ IRKLAVIMO VEIKSMINGUMUI 11
- Rūta Dadelienė, Kazys Milašius, Linas Tubelis, Juozas Skernevičius**
ĮVAIRIOS SPECIALIZACIJOS ELITO DVIRATININKŲ FIZINIO IŠSIVYSTYMO, FIZINIO IR FUNKCINIO PAJĖGUMO PAGRINDINĖS YPATYBĖS 21
- Dariusz Gierczuk, Jerzy Sadowski**
KOORDINACIJOS LAVINIMO POVEIKIS 13–14 METŲ GRAIKŲ-ROMĖNŲ IMTYNININKŲ KOORDINACIJŲ MOTORINIŲ GEBĖJIMŲ RODIKLIAMS 27
- Antony C. Hackney, Claudio Battaglini, Elizabeth S. Evans**
KORTIZOLIS, STRESAS IR ORGANIZMO ADAPTACIJA PER TRENIRUOTES 34
- Vilma Juodžbalienė, Tomas Darbutas, Gražina Krutulytė, Vaidas Mickevičius**
SKAUSMO, ŠLAUNIES RAUMENŲ JĖGOS, PUSIAUSVYROS RODIKLIŲ KAITA IR KINEZITERAPIJOS POVEIKIS SERGANT KELIO SĄNARIO OSTEOARTRITU 42
- Ieva Lukošiuūtė-Stanikūnienė, Marius Brazaitis, Albertas Skurvydas, Laura Daniusevičiūtė, Soneta Ivanonė, Kazys Vadopalas, Kazimieras Pukėnas**
HIPERTERMIJOS POVEIKIS MOTERŲ GRIAUČIŲ RAUMENŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI 50
- Rūtenis Paulauskas**
LIETUVOS JAUNIMO RINKTINĖS ŽAIDĖJŲ FIZINIS IŠSIVYSTYMAS, JO YPATUMAI IR KAITA ... 56
- Kristina Poderytė, Birutė Miseckaitė, Albinas Grūnovas, Jonas Poderys, Eugenijus Trinkūnas**
DEGUONIS ĮSISŪTINIMO KAITA RAUMENYSE ATLIKANT KVĖPAVIMO PRATIMUS 62
- Jūratė Požėrienė, Rūta Adomaitienė, Vida Ostasevičienė, Diana Rėklaitienė, Inga Kragnienė**
SUTRIKUSIO INTELEKTO ATLETŲ SPŪRTAVIMO MOTYVACIJA 69
- Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius**
DVIRATININKŲ ŠIRDIES SUSITRAUKIMŲ DAŽNIO PRIKLAUSOMYBĖ NUO GALIOS SUKANT VELOERGOMETRĄ SKIRTINGU TEMPU 76
- Jiří Suchý, Bronislav Kračmar**
SLYDIMO LENKTYNINĖMIS SLIDĖMIS IR RIEDSLIDĖMIS KINEZILOGIJOS YPATYBIŲ ANALIZĖ 81
- Asta Šarkauskienė, Eugenija Adaškevičienė**
5–6 KLASIŲ MOKINIŲ NEFORMALŲJŲ FIZINĮ UGDYMĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI 88
- Gintautas Volungevičius, Arvydas Stasiulis, Pranas Mockus**
SKIRTINGO AMŽIAUS IR MEISTRISKŪMO LIETUVOS JAUNŲJŲ DVIRATININKŲ AEROBINIS PAJĖGUMAS 95
- Vidmantas Zaveckas, Alfonsas Vainoras, Algė Daunoravičienė**
JUOSMENS IR DUBENS SRITIES PROPRIOCEPCIJOS VERTINIMAS 103

LITHUANIAN ACADEMY OF PHYSICAL EDUCATION EDUCATION • PHYSICAL TRAINING • SPORT

3 (70)
2008

ISSN 1392–5644

Journal „Education. Physical Training. Sport“ has been published since 1968
(the former title — selected papers „Kūno kultūra“ /Physical Training/)

Editorial Board

- Prof. Dr. Habil. Eugenija Adaškevičienė
(Klaipėda University, Lithuania)
- Prof. Dr. Herman Van Coppenolle
(Catholic University of Leuven, Belgium)
- Dr. Liudmila Dregval
(Kaunas University of Medicine, Lithuania)
- Prof. Dr. Habil. Alina Gailiūnienė
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Uldis Gravitis
(Latvian Academy of Sport Education)
- Prof. Dr. Habil. Elvyra Grininė
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Anthony C. Hackney
(The North Carolina University, USA)
- Prof. Dr. Adrianne E. Hardman
(Loughborough University, United Kingdom)
- Prof. Dr. Habil. Irayda Jakušovaitė
(Kaunas University of Medicine, Lithuania)
- Prof. Dr. Habil. Janas Jaščaninas
(Lithuanian Academy of Physical Education, Szczecin University, Poland)
- Prof. Dr. Habil. Kęstutis Kardelis
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Aleksandras Kriščiūnas
(Kaunas University of Medicine, Lithuania)
- Dr. Dalia Mickevičienė — *Executive Secretary*
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Dragan Milanović
(Zagreb University, Croatia)
- Prof. Dr. Habil. Kęstutis Miškinis
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Kazimieras Muckus
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Jonas Poderys — *Associate Editor-in-Chief*
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Antonín Rychtecký
(Charles University in Prague)
- Prof. Dr. Habil. Juozas Saplinskas
(Vilnius University, Lithuania)
- Prof. Dr. Habil. Antanas Skarbalius
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Juozas Skernevičius
(Vilnius Pedagogical University, Lithuania)
- Prof. Dr. Habil. Albertas Skurvydas
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Henryk Sozański
(Academy of Physical Education in Warsaw, Poland)
- Prof. Dr. Habil. Stanislovas Stonkus — *Editor-in-Chief*
(Lithuanian Academy of Physical Education)
- Prof. Dr. Habil. Juozas Uzdila
(Vilnius Pedagogical University, Lithuania)

The cover has been designed by Gediminas Pempė
Editors V. Jakutienė and D. Karanauskienė

Published by

LITHUANIAN ACADEMY OF PHYSICAL EDUCATION

Sporto str. 6, LT-44221 Kaunas, Lithuania
Phone +370 37 302636
Fax +370 37 204515
E-mail zurnalas@lkka.lt
Home page www.lkka.lt/en/zurnalas

CONTENTS

- Julija Andrejeva, Vytautas Streckis, Rasa Bacevičienė, Kristina Visagurskienė, Giedrius Gorianovas, Irena-Nijolė Vitkienė, Lina Čėčnaitė**
ADOLESCENTS AND ADULTS' ABILITY OF VOLUNTARY ACTIVATION OF QUADRICEPS MUSCLE APPLYING ISOMETRIC LOAD 5
- Algirdas Bingelis, Kazimieras Pukėnas, Sigita-Marija Zdanavičienė**
THE INFLUENCE OF STROKE RATE ON THE EFFICIENCY OF ROWING QUADRUPLE SCULLING BOATS 11
- Rūta Dadelienė, Kazys Milašius, Linas Tubelis, Juozas Skernevičius**
KEY FEATURES OF PHYSICAL DEVELOPMENT, PHYSICAL AND FUNCTIONAL CAPACITY OF ELITE FEMALE CYCLISTS OF DIFFERENT SPECIALISATION 21
- Dariusz Gierczuk, Jerzy Sadowski**
THE INFLUENCE OF COORDINATION TRAINING ON THE INDEX LEVEL OF COORDINATION MOTOR ABILITIES IN GRECO-ROMAN WRESTLERS AGED 13–14 27
- Antony C. Hackney, Claudio Battaglini, Elizabeth S. Evans**
CORTISOL, STRESS AND ADAPTATION DURING EXERCISE TRAINING 34
- Vilma Juodžbalienė, Tomas Darbutas, Gražina Krutulytė, Vaidas Mickevičius**
EFFECT OF PHYSIOTHERAPY ON CHANGES IN PAIN, THIGH MUSCLE STRENGTH AND BALANCE IN KNEE OSTEOARTHRITIS 42
- Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė, Marius Brazaitis, Albertas Skurvydas, Laura Daniusevičiūtė, Soneta Ivanonė, Kazys Vadopalas, Kazimieras Pukėnas**
IMPACT OF HYPERTHERMIA ON SKELETAL MUSCLE FATIGUE AND RECOVERY OF FEMALES 50
- Rūtenis Paulauskas**
PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE LITHUANIAN NATIONAL TEAM YOUNG BASKETBALL PLAYERS, ITS PECULIARITIES AND DEVELOPMENT 56
- Kristina Poderytė, Birutė Miseckaitė, Albinas Grūnovas, Jonas Poderys, Eugenijus Trinkūnas**
CARDIOVASCULAR CHANGES DURING THE BREATHING EXERCISE 62
- Jūratė Požėrienė, Rūta Adomaitienė, Vida Ostasevičienė, Diana Rėklaitienė, Inga Kragrienė**
SPORT PARTICIPATION MOTIVATION OF ATHLETES WITH INTELLECTUAL DISABILITIES 69
- Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius**
RELATIONSHIP BETWEEN HEART RATE AND POWER IN CYCLISTS PEDALLING WITH DIFFERENT CADENCE 76
- Jiří Suchý, Bronislav Kračmar**
ANALYSIS OF THE KINESIOLOGY OF SKATE SKIING AND ROLLER SKIING 81
- Asta Šarkauskienė, Eugenija Adaškevičienė**
FACTORS DETERMINING 5TH–6TH FORM PUPILS' NON-FORMAL PHYSICAL EDUCATION 88
- Gintautas Volungevičius, Arvydas Stasiulis, Pranas Mockus**
AEROBIC CAPACITY OF LITHUANIAN YOUNG CYCLISTS OF DIFFERENT AGE AND PERFORMANCE LEVEL 95
- Vidmantas Zaveckas, Alfonsas Vainoras, Algė Daunoravičienė**
ASSESSMENT OF PROPRIOCEPTION OF LUMBOPELVIC AREA 103

PAAUGLIŲ IR SUAUGUSIŲJŲ GEBĖJIMAS VALINGAI AKTYVUOTI KETURGALVĮ ŠLAUNIES RAUMENĮ ATLIEKANT IZOMETRINĮ KRŪVĮ

Julija Andrejeva, Vytautas Streckis, Rasa Bacevičienė, Kristina Visagurskienė,
Giedrius Gorianovas, Irena-Nijolė Vitkienė, Lina Čečainaitė
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Julija Andrejeva. Lietuvos kūno kultūros akademijos doktorantė. Mokslinių tyrimų kryptys — motorinės sistemos centrinio ir periferinio nuovargio bei atsigavimo kaitos priklausomybė nuo lyties, fizinio krūvio; išsėtine skleroze, rehabilitacija.

SANTRAUKA

Nuovargis — tai laikinas raumenų darbingumo sumažėjimas atliekant fizinį krūvį ir po jo (Babault et al., 2006). Vaikų ir suaugusiųjų nuovargio poreiškis po fizinio krūvio skirtingas: vaikai nuvargsta mažiau nei suaugusieji (Kanehisa et al., 1995; Ratel et al., 2003). Mokslininkai nustatė, kad centrinis nuovargis veikia periferinį nuovargį (Kent-Brown, Le Blanc, 1999; Gandevia, 2001). Jaunų ir suaugusių asmenų valingos raumenų aktyvacijos tyrimai parodė, kad ji nepriklauso nuo amžiaus (Connelly et al., 1999), tačiau aktyvacijos lygis maksimalaus raumenų valingo susitraukimo metu skiriasi (Bilodeau et al., 2001).

Tyrimo tikslas — nustatyti ir palyginti paauglių, suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų valingą aktyvaciją atliekant 2 minučių izometrinį krūvį.

Buvo tiriami sveiki aktyviai nesportuojantys paaugliai ($n = 9$; amžiaus vidurkis $13,6 \pm 0,5$ m.; ūgis $164,2 \pm 11,0$ cm; svoris $50,6 \pm 9,4$ kg), kurie 2 kartus per savaitę lankė kūno kultūros pamokas, ir nesportuojantys suaugusieji ($n = 8$; amžiaus vidurkis $21,5 \pm 1,9$ m.; ūgis $173,5 \pm 6,9$ cm; svoris $65,9 \pm 7,8$ kg). Tyrimo metu buvo matuojama paauglių ir suaugusiųjų raumenų maksimalioji valinga jėga atliekant 2 minučių izometrinį krūvį ir kas 30 sekundžių atpalaiduojant raumenį. Jėgos rodikliai buvo registruojami (N·m).

Visais elektrostimuliavimo dažniais sukurta raumenų jėga ir MVJ buvo didesnė suaugusiųjų nei paauglių ($p < 0,01$). Paauglių raumenų valinga aktyvacija statistiškai patikimai ($p < 0,01$) mažesnė prieš krūvį nei suaugusiųjų. Suaugusiųjų ir paauglių raumenų valingos aktyvacijos rodikliai skyrėsi viso 2 min izometrinio krūvio metu. Suaugusiųjų valinga aktyvacija krūvio pabaigoje siekė 51,7%, paauglių — 41% pradinės reikšmės.

Išvada: atliekant 2 min maksimalaus intensyvumo izometrinį krūvį, paauglių valingos raumenų aktyvacijos rodikliai yra mažesni nei suaugusiųjų.

Raktažodžiai: valinga aktyvacija, elektrostimuliavimas, griaučių raumenys, nuovargis.

IVADAS

Nuovargis dažnai vertinamas kaip raumenų jėgos sumažėjimas, atsirandantis fizinio darbo arba fizinių pratimų metu (Babault et al., 2006). Norėdami nustatyti dvi galimas skirtingas nuovargio priežastis ir skirtumus tarp jų, mokslininkai (Bigland-Ritchie et al., 1983; Kent-Brown, 1999) išskyrė periferinio ir centrinio nuovargio terminus. Centrinis nuovargis pasireiškia motoriniuose aksonuose ir lemia motorinių vienetų aktyvacijos sumažėjimą, o periferinis — lokali-

zuojasi pačiame raumenyje (Babault et al., 2006). Mokslininkai taip pat nustatė, kad centrinis nuovargis veikia periferinį (Kent-Brown, 1999; Gandevia, 2001). Be minėtų centrinio ir periferinio nuovargio atsiradimo priežasčių griaučių raumenų jėgos ir nuovargio poreiškį lemia darbo pobūdis, intensyvumas, trukmė, režimas, poilsis (Skurvydas, 1997). Nustatyta, kad vaikai fizinio krūvio metu nuvargsta mažiau nei suaugusieji (Kanehisa et al., 1995; Ratel et al., 2003).

Žmonės skiriasi gebėjimu aktyvuoti raumenis fizinio darbo metu. Nustatyta (Bilodeau, 2006), kad šis gebėjimas dažnai pablogėja ilgalaikio intensyvaus raumenų susitraukimo metu. Visgi nėra pakankamai aišku, kas lemia šį raumenų aktyvacijos mažėjimą. Maksimalioji valinga raumenų aktyvacija galima daugelyje sveikų suaugusių žmonių griaučių raumenyse (Allen et al., 1995). Mokslininkai pateikia nevienodus duomenis, kaip valinga raumenų aktyvacija pasireiškia tarp skirtingo amžiaus žmonių: vieni mano, kad valingos raumenų aktyvacijos rodikliai nepriklauso nuo amžiaus (Connelly et al., 1999), kiti teigia, kad vyresnio amžiaus ir jaunų asmenų valingos raumenų aktyvacijos lygis maksimalaus valingo susitraukimo metu skiriasi (Bilodeau et al., 2001). Ar valingos raumenų aktyvacijos pokyčiai fizinio darbo metu priklauso nuo tiriamųjų amžiaus bei lyties, taip pat nėra aišku.

Tyrimo tikslas — nustatyti ir palyginti paauglių, suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų valingos aktyvacijos rodiklius 2 minučių maksimalaus izometrinio krūvio metu.

TYRIMO ORGANIZAVIMAS IR METODIKA

Tiriamieji. Buvo tiriami 8 suaugusieji ir 9 paaugliai. Leidimas atlikti tyrimą gautas Kauno medicinos universiteto Bioetikos komitete (2006 04 21 d. BE-2-22). Pateikus tyrimo protokolą ir išaiškinus apie galimą riziką bei tyrimo naudą, paaugliai ir suaugusieji raštiškai patvirtino sutikimą dalyvauti tyrime. Leidimą paaugliams dalyvauti tyrime raštiškai patvirtino jų tėvai. Tirti paaugliai buvo iš vienos Kauno miesto mokyklos. Suaugę tiriamieji — Kūno kultūros akademijos nesportuojantys studentai. Nė vienas iš tiriamųjų profesionaliai nesportavo. Tiriamųjų amžiaus, ūgio, kūno masės rodikliai pateikti 1 lentelėje.

Dinamometro nustatymas ir padėties su-reguliavimas. Izometrinė blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga buvo matuojama izokinetiniu dinamometru (*Biodex Medical System 3*, New York). Tiriamajam tiesiai sėdint dinamometro kėdėje dešinė koja ištiesiama ir nustatomas 0° kampas, paskui blauzda sulenkama 60° kampu ir užfiksuo-

jama. Kojai esant 60° lenkimo kampu, matuojama izometrinė maksimalioji valinga ir nevalinga jėga. Dinamometras nustatytas pagal anksčiau aprašytą tyrimą (Streckis ir kt., 2007). Elektros stimuliacijos įranga ir procedūra tokia pati kaip ir kitų tyrimų metu (Ratkevičius ir kt., 1995, 1998). Tiriamųjų jautrumas raumenų elektros stimuliacijai kiekvieną kartą įvertintas individualiai.

Tyrimo eiga. Prieš dieną tiriamieji supažindinti su tyrimo procedūra — jų raumenys kas 30 s bus stimuliuojami 5 vienetiniiais elektros impulsais. Vėliau kas 2 min 3 kartus tiriamasis turės atlikti maksimalų valingą raumenų susitraukimą, kurio metu bus nustatoma maksimalioji valinga jėga (MVJ). Kiekvienam tiriamajam buvo parenkama individuali elektrostimuliacijos įtampa, kurios sukelta nevalinga raumenų susitraukimo jėga lygi 50—98% MVJ reikšmės.

Eksperimento dieną tiriamasis atlikdavo pramankštą (5 min mynė veloergometrą 60—70 W galingumu; pulso dažnis — 110—150 tv. / min) ir buvo sodinamas į specialią kėdę. Tada uždedami ant artimojo ir tolumojo keturgalvio šlaunies raumens dalių stimuliacijos elektrodai. Tiriamojo keturgalvio šlaunies raumens nevalinga jėga buvo nustatoma stimuliuojant raumenį elektra 1, 10, 20, 50 ir 100 Hz dažniu (2 lent.). Stimuliacijos trukmė — 1 s. Poilsio trukmė tarp stimuliacijos dažnių — 2—3 s. Vėliau 3 kartus kas dvi minutes buvo atliekamas 5 s MVJ krūvis. Norint nustatyti valingos aktyvacijos lygį, maksimaliojo valingo susitraukimo 3-ią sekundę papildomai raumuo dirginamas 250 ms trukmės 100 Hz elektrostimuliacijos impulsų serija, t. y. atliekamas tetaninis testas (TT 100 Hz). TT 100 Hz pakartotas praėjus 1—2 s po maksimalaus valingo raumenų susitraukimo ir pailsėjus 5 min tyrimas baigtas 2 minučių izometrinio krūviu (Streckis et al., 2007).

Dviejų minučių izometrinis krūvis. Tiriamasis atliko 2 min trukmės maksimalų valingą izometrinį raumenų susitraukimą, kai dešinė blauzda fiksuota 60° kampu. Tipinė suaugusiųjų ir vaikų susitraukimo kreivė izometrinio krūvio metų parodyta 1 pav. Blauzdos tiesiamųjų raumenų MVJ reikšmės skaičiuotos maždaug 14, 29, 45, 59, 74, 89, 104, 119 sekundę. Krūvio metu kas 30 s raumuo papildomai buvo dirginamas TT 100 Hz impulsu (30,

1 lentelė. Paauglių ir suaugusiųjų amžiaus, ūgio ir kūno masės rodikliai ($\bar{X} \pm S$)

	Tiriamieji	Paaugliai (n = 9)	Suaugusieji (n = 8)
Rodikliai			
Amžius, m.		13,3 ± 1,2	22,1 ± 2,4
Ūgis, cm		163,4 ± 6,7	176,3 ± 7,3
Kūno masė, kg		44,5 ± 10,7	70,5 ± 7,0

2 lentelė. Blauzdos tiesiamųjų raumenų nevalingos ir valingos jėgos pradinės reikšmės, valingos aktyvacijos ($\bar{X} \pm S$) rodikliai

Tiriamieji \ Jėga	1 Hz, N·m	10 Hz, N·m	20 Hz, N·m	50 Hz, N·m	100 Hz, N·m	TT 100 Hz, N·m	MVJ, N·m	Valinga aktyvacija, %
Suaugusieji	18,7 ± 3,6	52,3 ± 9,8	144,0 ± 12,9	184,2 ± 17,7	195,2 ± 18,5	153,8 ± 39,8	236,2 ± 12,8	90,6 ± 3,4
Paaugliai	12,9 ± 4,3	30,2 ± 7,1	70,6 ± 12,7	111,5 ± 14,7	122,8 ± 13,4	92,8 ± 15,9	137,7 ± 15,6	82,1 ± 6,3
p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Pastaba. * — $p < 0,05$ patikimas grupių rodiklių skirtumas.

60, 90, 120 s). Paskui raumuo atpalaiduojamas ir TT 100 Hz dažniu pakartotas 1—2 s po MVJ, t. y. maždaug 31, 61, 91, 121 sekundę. Valingos aktyvacijos lygiui įvertinti naudota formulė:

$$\text{valinga aktyvacija (\%)} = 100 (1 - \text{TT}_{\text{įterptas impulsas}} / \text{TT}_{\text{kontrolinis}}),$$

čia $\text{TT}_{\text{įterptas}}$ — įterpto impulso dydis 2 min maksimalaus valingo susitraukimo metu, $\text{TT}_{\text{kontrolinis}}$ — kontrolinio impulso dydis, pasiektas antrą krūvio minutę atpalaiduotame raumenyje.

Matematinė statistika. Apskaičiuotas aritmetinis vidurkis ($\bar{x}$), standartinis nuokrypis (S). Duomenys apskaičiuoti taikant Studento (t) kriterijų. Skirtumas laikomas statistiškai reikšmingu, kai $p < 0,05$. Skaičiavimas atliktas naudojant statistinį SPSS II programinį paketą.

REZULTATAI

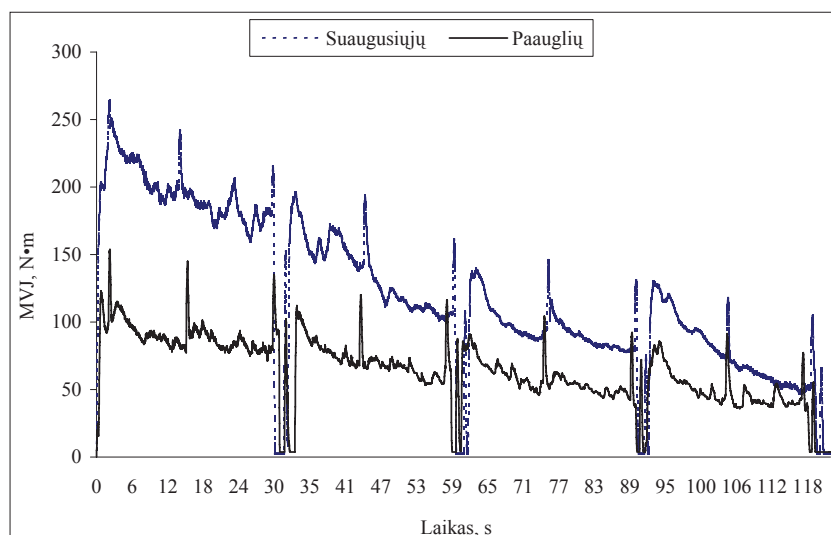
Nevalinga jėga ir valinga aktyvacija. Blauzdos tiesiamųjų raumenų nevalingos ir valingos jėgos pradinės reikšmės ir valingos aktyvacijos rodikliai taikant elektrostimuliavimą pateikti 2 lentelėje. Blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos rodikliai esant visiems stimuliavimo dažniams abie-

jose tiriamųjų grupėse skiriasi statistiškai patikimai ($p < 0,001$). Visų elektrostimuliavimo dažnių sukelta jėga ir MVJ buvo didesnė suaugusiųjų nei paauglių ($p < 0,01$). Suaugusiųjų MVJ pasiekė $236,2 \pm 12,8$ N·m, paauglių — $137,7 \pm 15,6$ N·m. Paauglių valinga raumenų aktyvacija ($82,1 \pm 6,3\%$) statistiškai patikimai ($p < 0,01$) buvo mažesnė nei suaugusiųjų ($90,6 \pm 3,4\%$).

MVJ-2 minučių izometrinio krūvio metu.

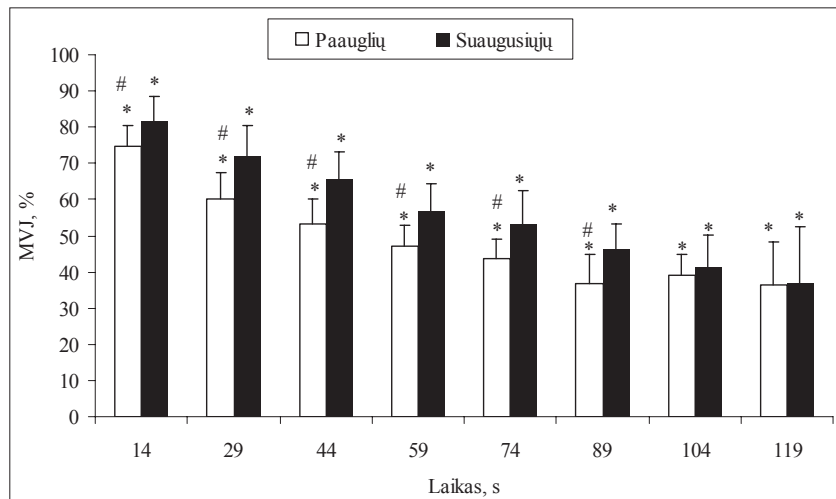
Paauglių ir suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų maksimaliosios valingos jėgos rodiklių procentinės reikšmės atliekant 2 min izometrinį krūvį pateiktos 2 pav. Dviejų minučių izometrinio krūvio pradžioje (t. y. 14 sekundę) suaugusieji pasiekė 83%, paaugliai — 75% pradinės MVJ ($p < 0,05$, lyginant grupių rodiklius). Mažėjimo tendencija pastebima 89 sekundę. Vėliau statistiškai reikšmingo skirtumo tarp grupių rodiklių nepastebėta. Abiejų grupių tiriamųjų MVJ krūvio metu reikšmingai sumažėjo ($p < 0,001$).

Valinga aktyvacija 2 minučių izometrinio krūvio metu. Paauglių ir suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų valingos aktyvacijos rodikliai atliekant 2 min izometrinį krūvį pateikti 3 pav. Praėjus 30 s nuo dviejų minučių izometrinio krū-



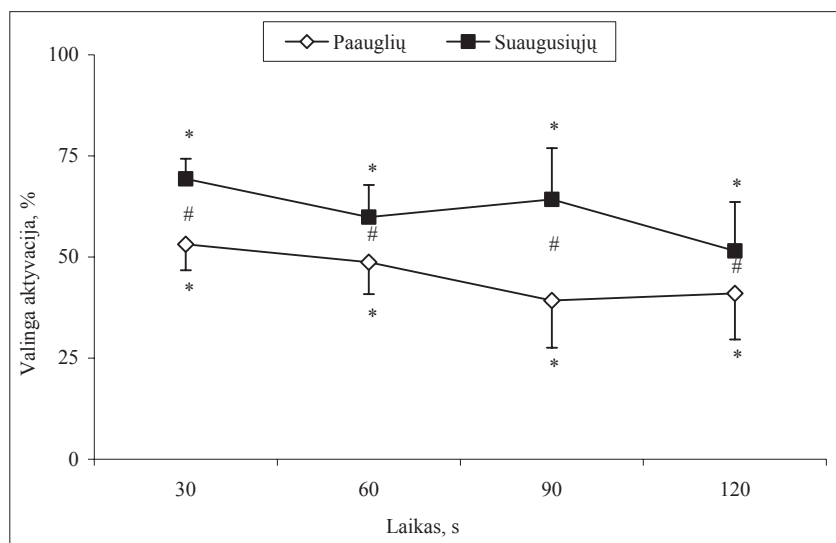
1 pav. Suaugusiojo ir paauglio tipinė MVJ kreivė papildomai dirginant raumenį 250 ms trukmės 100 Hz (TT 100 Hz) elektrostimuliavimo impulsų serija 2 minučių izometrinio krūvio metu

2 pav. Paauglių ir suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų maksimaliosios valingos jėgos procentinės reikšmės atliekant 2 minučių izometrinę krūvį ($\bar{X} \pm S$)



Pastaba. * — $p < 0,05$ patikimas skirtumas, lyginant su pradine reikšme; # — $p < 0,05$ patikimas grupių rodiklių skirtumas.

3 pav. Paauglių ir suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų valinga aktyvacija atliekant 2 minučių izometrinę krūvį ($\bar{X} \pm S$)



Pastaba. * — $p < 0,05$ patikimas skirtumas, lyginant su pradine reikšme; # — $p < 0,05$ patikimas grupių rodiklių skirtumas.

vio pradžios, paauglių valingos raumenų aktyvacijos rodikliai statistiškai patikimai buvo mažesni (53,1%) negu suaugusiųjų (69,4%) ($p < 0,05$). Suaugusiųjų ir paauglių valingos aktyvacijos rodiklių skirtumas pastebimas per visą 2 min raumenų susitraukimo laiką. Suaugusiųjų MVJ izometrinio krūvio pabaigoje siekė 51,7%, paauglių — 41% pradinės reikšmės.

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo tikslas buvo nustatyti paauglių ir suaugusiųjų blauzdos tiesiamųjų raumenų valingos aktyvacijos rodiklius, maksimaliąją valingą jėgą 2 minučių maksimalaus izometrinio krūvio metu bei palyginti, kaip skiriasi paauglių ir suaugusiųjų valingos raumenų aktyvacijos rodikliai. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad paauglių ir suaugusiųjų valingos raumenų jėgos rodikliai skiriasi. Paauglių valingos raumenų aktyvacijos rodikliai yra mažesni. Kitų tyrimų metu nustatyta, kad maksi-

maliąją valingą raumenų aktyvaciją pasiekia tik suaugusieji (Kent-Brown, Le Blanc, 1996; Gandevia et al., 2001). Taip pat žinoma, kad atlikdami maksimalius valingus susitraukimus suaugusieji pasiekia 85–100% griaučių raumenų maksimalios valingos aktyvacijos (Kent-Brown, 1999; Gandevia, 2001).

Dviejų minučių maksimalus izometrinis krūvis reikalauja išlaikyti maksimalią valingą raumenų aktyvaciją ilgą laiko tarpą. Tokios veiklos metu atsiranda raumenų veiklą silpninantys veiksniai, kurie dažniausiai susiję su nuovargiu, o šis gali rasti keliose nervų ir raumenų sistemų vietose (Gandevia, 2001).

Kai kurių tyrimų (Kanehisa et al., 1995; Hunter et al., 2004; Martin et al., 2004; Streckis et al., 2005) duomenimis, vaikų nuovargio lygis mažesnis nei suaugusiųjų, kai jie atlieka kartotinę fizinę krūvį, o maksimalaus valingo susitraukimo trukmė priklauso nuo progresuojančio centrinio nuovargio. Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad

paauglių ir suaugusiųjų atsparumas nuovargiui nesiskiria.

Bet koks atliekamas darbas dėl centrinių ir periferinių nuovargio atsiradimo mechanizmų veikia valingą raumenų aktyvaciją. Vaikų ir suaugusiųjų valingos aktyvacijos poveikis centriniam nuovargiui krūvio metu skiriasi (Blimkie et al., 1990; Stackhouse et al., 2005). Gebėjimas aktyvuoti griaučių raumenis izometrinio krūvio metu gali veikti ir periferinį nuovargį atliekant tokio pobū-

džio krūvį (Gandevia, 2001). Todėl suaugusiųjų ir paauglių raumenų jėga izometrinio krūvio metu gali mažėti tiek dėl centrinio, tiek dėl periferinio nuovargio.

IŠVADA

Atliekant 2 minučių maksimalaus intensyvumo izometrinį krūvį, paauglių valingos raumenų aktyvacijos rodikliai yra mažesni nei suaugusiųjų.

LITERATŪRA

- Allen, G. M., Gandevia, S. C., McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle and Nerve*, 18, 593—600.
- Babault, N., Desbrosses, K., Fabre, M. S., Michaut, A., Pousson, M. (2006). Neuromuscular fatigue development during maximal concentric and isometric knee extensions. *Journal of Applied Physiology*, 100, 780—785.
- Bigland-Ritchie, B., Johansson, R., Lippold, O. C. J., Smith, S., Woods, J. J. (1983). Changes in motoneuron firing rates during sustained maximal voluntary contractions. *Journal of Physiology (London)*, 340, 335—346.
- Bilodeau, M. M., Erb, D., Nichols, J. M., Joiner, K. L., Weeks, J. B. (2006). Fatigue of elbow flexor muscles in younger and older adults. *Muscle and Nerve*, 24, 98—106.
- Blimkie, C. J. R., Sale, D. G., Bar-Or, O. (1990). Voluntary strength, evoked twitch contractile properties and motor unit activation of knee extensors in obese and non-obese adolescent males. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 313—318.
- Connelly, D. M., Rice, C. L., Vandervoort, A. A. (1999). Motor unit firing rates and contractile properties in tibialis anterior of young and old men. *Journal of Applied Physiology*, 87, 843—852.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiology Review*, 81, 1725—1789.
- Hunter, S. K., Critchlow, A., Shin, I. S., Enoka, R. M. (2004). Men are more fatigable than strength-matched women when performing intermittent submaximal contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 2125—2132.
- Kanehisa, H., Okuyama, H., Ikegawa, S., Fukunaga, T. (1995). Fatigability during repetitive maximal knee extensions in 14-year-old boys. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 72, 170—174.
- Kent-Brown, J. A. (1999). Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 57—63.
- Kent-Brown, J. A., Le Blanc, R. (1996). Quantitation of central activation failure during maximal voluntary contractions in humans. *Muscle and Nerve*, 19, 861—869.
- Martin, R. J. F., Dore, E., Twisk, J. et al. (2004). Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 498—503.
- Ratel, S., Lazaar, N., Williams, C. A., Bedu, M., Duché, P. (2003). Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatrica*, 92 (11), 1248—1254.
- Ratkevicius, A., Skurvydas, A., Lexell, J. (1995). Submaximal-exercise-induced impairment of human muscle to develop and maintain force at low frequencies of electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 294—300.
- Ratkevicius, A., Skurvydas, A., Quistorff, B., Povilonis, E., Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in repetitive voluntary and exercise-induced exercise of human quadriceps muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 462—468.
- Skurvydas, A. (1997). Griaučių raumenų veiklos mechanizmų teorinė analizė. *Sporto mokslas*, 1, 12—16.
- Stackhouse, S. K., Binder-Macleod, S. A., Lee, S. C. (2005). Voluntary muscle activation, contractile properties, and fatigability in children with and without cerebral palsy. *Muscle and Nerve*, 31, 594—601.
- Streckis, V., Skurvydas, A., Ratkevicius, A. (2007). Children are more susceptible to central fatigue than adults. *Muscle and Nerve*, 36 (3), 35—63.
- Streckis, V., Skurvydas, A., Ratkevicius, A. (2005). Twelve- to thirteen- year-old boys are more resistant to low-frequency fatigue than young men. *Pediatric Exercise Science*, 17, 399—409.
- Streckis, V., Skurvydas, A., Zachovajevs, P. ir kt. (2007). Intensyvios ir įprastinės reabilitacijos poveikis blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgai atlikus priekinio kryžminio raiščio rekonstruojamąją operaciją. *Medicina*, 43 (1), 51—59.

ADOLESCENTS AND ADULTS' ABILITY OF VOLUNTARY ACTIVATION OF QUADRICEPS MUSCLE APPLYING ISOMETRIC LOAD

Julija Andrejeva, Vytautas Streckis, Rasa Bacevičienė, Kristina Visagurskienė,
Giedrius Gorianovas, Irena-Nijolė Vitkienė, Lina Čėčinaitė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

Fatigue can be defined as the decline in muscle performance during and after repetitive contractions and is generally considered to arise via two main mechanisms. Central fatigue arises proximal to the motor axons and leads to reductions of motor unit activation. Peripheral fatigue is located within the muscle itself (Babault et al., 2006). Children often show a lower fatigue level during different workload appliance than adults (Kanehisa et al., 1995; Ratel et al., 2003). Research shows that central fatigue has an significant impact to the periferial fatigue (Kent-Brown, 1999; Gandevia, 2001).

Research aim was to asses and compare adolescents and adults' voluntary activation of shin extensors.

Healthy adolescents were assessed ($n = 9$, age 13.6 ± 0.5 years, height 164.2 ± 11.0 cm, weight 50.6 ± 9.4 kg). They were not engaged in active sport, but twice a week they participated in physical education lessons. Adults were not engaged in sports as well ($n = 8$, age 21.5 ± 1.9 years, height 173.5 ± 6.9 cm, weight 65.9 ± 7.8 kg). In our research, maximal voluntary activation levels were assessed for all research subjects by applying 2 min isometric workload, with every 30 s muscle relaxation. Muscle power indexes were measured in (N·m), and all received data were recorded on a computer.

Evoked contraction force and MVC were higher in adults than adolescents ($p < 0.0$). Baseline abilities of voluntary activation of quadriceps muscle and that during 2 min isometric contraction were lower in adolescents than in adults. Voluntary activation at the end of isometric contraction was 41 and 52% in adolescents and adults, respectively.

Our research results showed lower voluntary activation level among adolescents applying 2 min isometric workload at maximal intensity compared to adults.

Keywords: voluntary activation, electro stimulation, skeletal muscles, fatigue.

Gauta 2007 m. sausio 25 d.
Received on January 25, 2007

Priimta 2007 m. lapkričio 15 d.
Accepted on November 15, 2007

Julija Andrejeva
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 620 64246
E-mail julavento@gmail.com

TEMPO POVEIKIS KETURVIEČIŲ VALČIŲ IRKLAVIMO VEIKSMINGUMUI

Algirdas Bingelis, Kazimieras Pukėnas, Sigita-Marija Zdanavičienė
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Algirdas Bingelis. Docentas technikos mokslų daktaras. Informatikos ir kalbų katedros docentas. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus judesių ir fizinių gebėjimų biomechanika.

SANTRAUKA

Keturviečių akademinių valčių tyrimas siejamas su ankstesniais autorių darbais, skirtais vienviečių ir dviviečių valčių irklavimo ekonomiško, lemiamo vertikalaus supimo, matematiniam modeliavimui. Literatūroje nesutinkama laisvojo vertikalaus supimo, kurį sukelia vertikalūs jėgos impulsai į sėdynėlę kiekvieno yrio metu, poveikio analizės duomenų. Gėstantis laisvas vertikalus supimas lemia vidutinį grimzlės prieaugį, kartu ir drėkinamo valtės paviršiaus ploto dydį, dėl to didėja valtės grimzlės prieaugis greičiant irklavimo tempui, didėja vandens pasipriešinimo jėga.

Tyrimo tikslas — apskaičiuoti įvairių modelių (siauresnių — 8650 ir platesnių — 8750) keturviečių (4x/-) valčių irklavimo veiksmingumo rodiklius, lemiamus valtės komplekso laisvojo vertikalaus supimo, ir nustatyti jų priklausomybę nuo kai kurių valtės korpuso parametrų ir irkluotojų vertikalaus poveikio į sėdynėlę stiprumo esant skirtingam irklavimo tempui. Iš teorinių brėžinių nustatyti realių akademinių valčių parametrai, reikalingi irklavimo veiksmingumui apskaičiuoti. Matematinio modeliavimo metodu apskaičiuotas laisvojo vertikalaus supimo sukeltas grimzlės prieaugis ir nustatytas irklavimo veiksmingumo kitimo priklausomumas nuo irklavimo tempo, valtės komplekso masės ir vertikalaus supimo stiprumo.

Analizuojant gautus duomenis nustatyta, kad vertikalaus supimo koeficientas mažai priklauso nuo komplekso masės. 8750 modelio valtės, kurios drėkinamo paviršiaus plotas yra didesnis nei 8650 modelio valtės, vandens pasipriešinimo jėga, proporcingai drėkinamo ploto dydžiui, yra 4,5% mažesnė. Vidutinės grimzlės prieaugio didžiausia teigiama reikšmė (blogiausios sąlygos) didesnė 8650 modelio valčiai. Didėjant irklavimo tempui iki 44,5 ir 47 yrių per minutę (atitinkamai 8750 ir 8650 modelio valtims), grimzlės prieaugio reikšmės pasidaro lygios nuliui. Tempui toliau didėjant, vidutinės grimzlės prieaugio reikšmės pasidaro neigiamos, ir tai gerina traukio sąlygas. Tolesnis tempo didinimas veiksmingesnis 8650 modelio valčiai. Duomenys apie vidutinį grimzlės prieaugį traukio metu (nepriklausomai nuo tempo) sudaro prielaidas paveikiau atlikti traukį. Žinant apie vidutinės grimzlės prieaugio kitimą, galima rinktis tokias tempo reikšmes, kai vidutinė grimzlė yra mažesnė. Galima teigti, kad laisvasis vertikalus supimas lemia irklavimo veiksmingumo kitimą, priklausomą nuo tempo. Tai tikslinga vertinti analizuojant veiksnius, lemiančius didelio meistriškumo irkluotojų irklavimo techniką.

Raktažodžiai: vertikalus supimas, irklavimo veiksmingumas, tempo.

IVADAS

Ankstesnieji autorių darbai susieti su vienviečių ir dviviečių akademinių valčių irklavimo ekonomiško, lemiamo vertikalaus supimo, matematinio modeliavimo. Keturviečių valčių tyrimas siejamas su analogišku dar vienos valčių klasės irklavimo ekonomiško (veiksmingumo) vertinimu.

Teoriniam akademinio irklavimo proceso matematiniam modeliavimui, biomechaninių, fiziologinių ir fizikinių veiksnių analizei skirta nema-

žai darbų (Lazauskas, 1997; Abrahamsen, 2001; Boudouin, Hawkins, 2002 ir kt.). Tačiau šių darbų autoriai apsiriboja pagrindinių biomechaninių bei fiziologinių veiksnių, lemiančių irklavimo veiksmingumą, analize. Keturvietėms valtims skirtas matematinis modelis (Abrahamsen, 2001) yra per daug ribotas net esant didelei šios klasės valčių įvairovei. Nagrinėjant valčių įvairovę nepateiktas keturvietės pavyzdys (Lazauskas, 1998). Modeliuojant irklavimo procesą sunku įvertinti visus veiksnius, todėl

atmetami mažiau turintys įtakos. Vertinant pagrindines veikiančias jėgas atmetamos vertikalios veikiančios jėgos teigiant, kad jos gali turėti nedidelį poveikį. Tai poveikiai, susiję su vertikaliais valties judesiais. Tyrėjai (Baudouin, Hawkins, 2002) teigia, kad vertikalus supimas irklavimo veiksmingumui didelio poveikio neturi, nes priverstinis vertikalus supimas, susijęs su irklavimo tempu, nekeičia vidutinės grimzlės dydžio.

Tyrėjas V. Kleshnev (1999), apdorodamas irklautojų testavimo rezultatus, nustatė, kad irklavimo veiksmingumas mažėja didėjant tempui. Irklavimo (valties) veiksmingumas nusakomas traukio galingumo ir vandens pasipriešinimo galingumo santykiu. Didėjant tempui, vandens pasipriešinimas didėja. Tikro teorinio paaiškinimo nepateikiama. V. Kleshnev (2006) kreipia ypatingą dėmesį į didelio meistriškumo irklautojų, aukšto rango varžybų prizininkų, rezultatų skirtumus, todėl nagrinėja veiksnius, turinčius vienetų ar procentų dalių poveikį. Veiksmingumo mažėjimą jis taip pat aiškina bangų pasipriešinimo kitimu, esant kiliniam valties supimui tempo dažniui.

Literatūroje nesutinkama užuominų apie laisvojo vertikalaus supimo egzistavimą. Išorinis supimo vaizdas nublinksta prieš išspūdingus irklautojų judesius, todėl pastebėti jį sunku. Laisvojo vertikalaus supimo reiškinį A. Bingelis ir J. Daniševičius (1994) pastebėjo nagrinėdami kitų autorių užregistruotą priverstinį kilinį valčių supimą. Jį sukelia valtį veikiantys vertikalūs jėgos impulsai į sėdynėlę kiekvieno yrio metu. Gėstantis laisvasis vertikalus supimas lemia vidutinį grimzlės prieaugį, tuo pačiu drėkinamo valties paviršiaus ploto dydį. Didėjant tempui, grimzlės prieaugis didėja, todėl didėja vandens pasipriešinimo jėga.

Rungtyniaujant didelio meistriškumo lygiaverčiams varžovams, pergalę gali lemti sekundės dalys, todėl tikslinga įvertinti visus irklavimo procesą lemiančius veiksnius, ne tik pagrindinius.

Tyrimo tikslas — apskaičiuoti akademinių keturviečių ($4 \times -$) įvairių modelių valčių irklavimo veiksmingumo rodiklius, lemiamus valties komplekso laisvojo vertikalaus supimo, nustatyti veiksmingumo rodiklių priklausomybę nuo kai kurių valties korpuso parametrų ir irklautojų vertikalaus poveikio į sėdynėlę stiprumo, palyginti tarpusavyje valtis ir jų galimybes, pateikti rekomendacijas irklavimo veiksmingumui didinti.

Tyrimo metu sprendžiami uždaviniai:

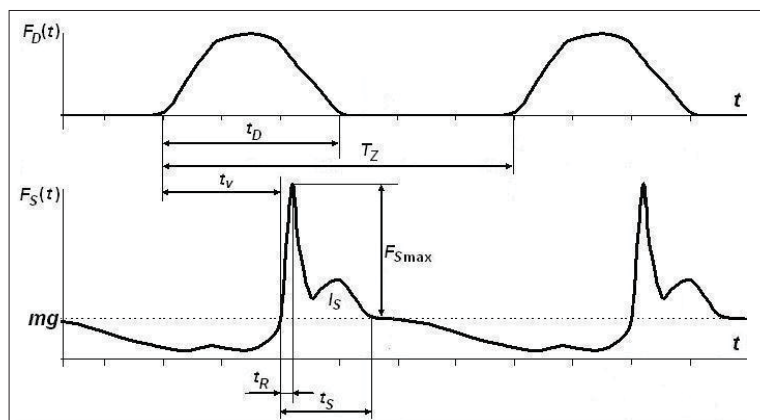
- Iš teorinių brėžinių nustatyti realių akademinių keturviečių valčių parametrus, reikalingus irklavimo veiksmingumui apskaičiuoti.
- Matematinio modeliavimo metodu pagal valčių kompleksų ir irklautojų duomenis apskaičiuoti laisvojo vertikalaus supimo sukeltą grimzlės prieaugį.
- Iš vandens pasipriešinimo prieaugio rodiklių nustatyti irklavimo veiksmingumo kitimo priklausomumą nuo tempo, valties komplekso masės ir vertikalaus poveikio stiprumo.
- Nustatyti sąlygas, mažinančias rankų nuovargį.

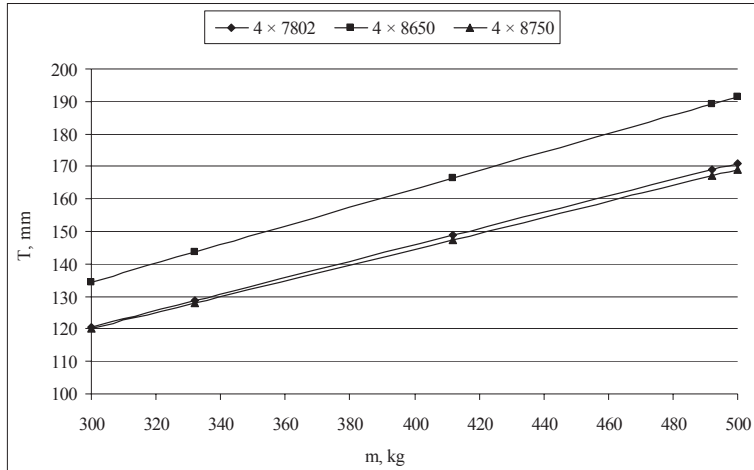
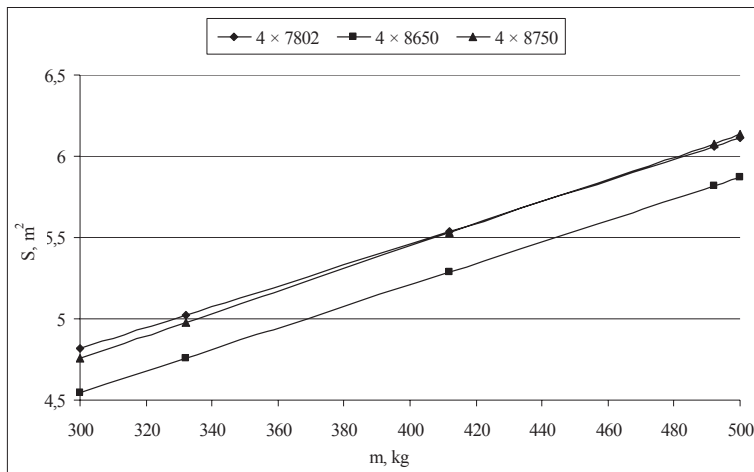
TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Irklavimo veiksmingumo kitimo priklausomumas nuo tempo SF ($SF = 60 / T_Z$) grindžiamas veikiančios sėdynėlės tam tikrą laikotarpį t_s vertikalių krypties jėgos $F_s(t)$ impulso I_s sukulto laisvojo gėstančio valties vertikalaus supimo įvertinimu. Didžiausios jėgos F_{smax} vertikalus poveikis į sėdynėlę vėluoja laiko trukmę t_v traukio jėgos $F_D(t)$ trukmės t_D impulso pradžios atžvilgiu (1 pav.).

Toks supimas sukelia grimzlės $T\zeta(t)$ ir valties drėkinamo paviršiaus ploto S prieaugį ΔS . Tai didina vandens pasipriešinimo jėgą.

1 pav. Traukio jėgos $F_D(t)$ ir vertikalaus poveikio į sėdynėlę jėgos $F_s(t)$ sąsajos



2 pav. Valčių grimzlės T priklausomybė nuo valtės komplekso masės m 3 pav. Valčių drėkinamo paviršiaus ploto S priklausomybė nuo valtės komplekso masės m

Sudėtinga vertikalaus poveikio jėgos impulso forma apskaičiuojant aproksimuojama lauzte pagal išraišką:

$$F_s(t) = \sum_{j=0}^k a_j (t - \tau_j) u(t - \tau_j), \quad (1)$$

čia k — lauztės atkarpų skaičius;

j — lauztės lūžio taško laiko momento eilės numeris;

τ_j — laiko t reikšmė j -ame lauztės taške;

a_j — koeficientas [$a_j = (F_{sj+1} - F_{sj}) / (\tau_{j+1} - \tau_j) - (F_{sj} - F_{sj-1}) / (\tau_j - \tau_{j-1})$];

F_{sj} — jėgos $F_s(t)$ reikšmės laiko momentais τ_j , ir $u(t - \tau_j)$ — vienetinė funkcija ($u = 0$, kai $t < \tau_j$; $u = 1$, kai $t \geq \tau_j$).

Grimzlės priaugio $\zeta(t)$ matematinė išraiška, gaunama išsprendus antros eilės diferencinę lygtį (Bingelis ir Daniševičius, 1994), aprašančią valtės laisvąjį vertikalų supimą, lemiamą traukio pabaigoje vertikalios krypties jėgos $F_s(t)$ pagal vienkartinio impulso poveikio (1) formulę.

Dydžio $\zeta(t)$ reikšmė gaunama pagal visoms valčių klasėms tinkančią (2) formulę:

$$\zeta(t) = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^k a_j u(t - \tau_j) \left\langle \frac{t - \tau_j}{\eta^2} - \frac{2\nu}{\eta^4} \left\{ 1 - \frac{\eta^2}{2\nu\omega} e^{-\nu(t-\tau_j)} \cos \left[\omega(t - \tau_j) + \arctg \frac{\eta^2 - 2\nu^2}{2\nu\omega} \right] \right\} \right\rangle, \quad (2)$$

čia m — valtės komplekso (valtės, irklų ir ekipažo) masė;

η — laisvojo supimo kampinis dažnis ($\eta = 2\pi / [2,5 \sqrt{T}]$) (Семенов-Тянь-Шанский и др., 1969);

ν — supimo slopimo koeficientas;

ω — supimo kampinis dažnis įvertinant slopimą ($\omega^2 = \eta^2 - \nu^2$);

j, k, τ_j, a_j — jėgą $F_s(t)$ (1) formulėje aprašomi parametrai.

Valtės komplekso nusistovėjęs po penkto yrio laisvojo vertikalaus supimo procesas aprašomas matematiniu reiškiniu (Bingelis, Daniševičius, 1994):

$$\zeta_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^5 u[t - (i-1)T_z] \zeta[t - (i-1)T_z], \quad (3)$$

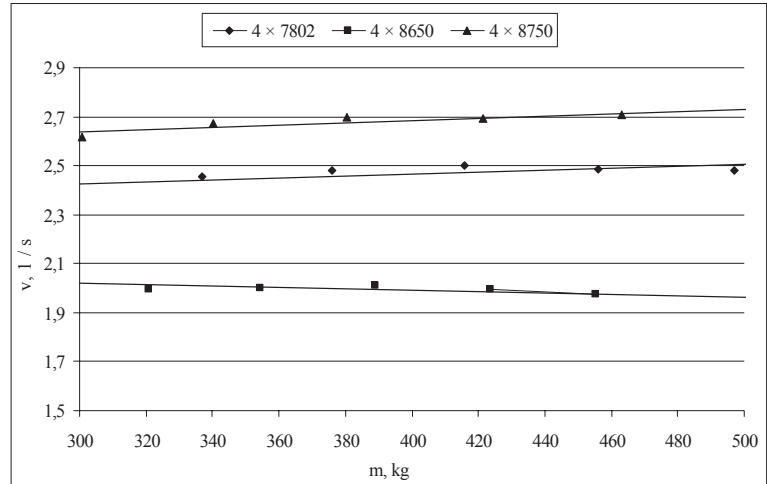
čia $\zeta_{\Sigma}(t)$ — suminis grimzlės priaugis;

i — yrio eilės numeris;

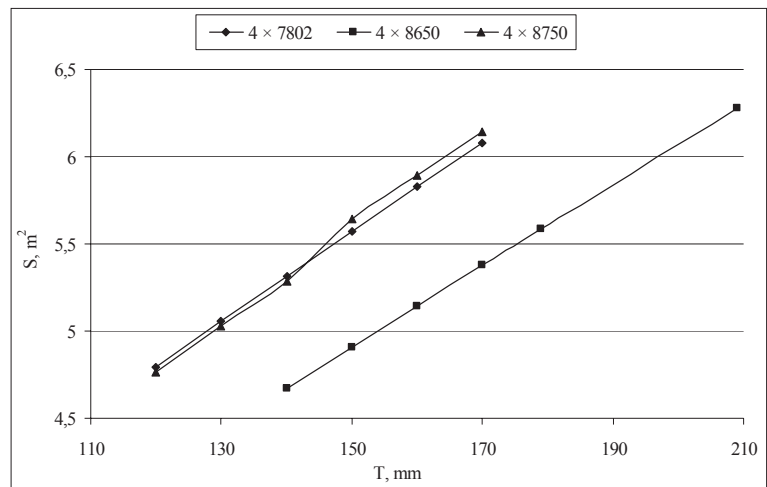
$u[t - (i-1)T_z]$ — vienetinė funkcija ($u = 0$, kai $t < (i-1)T_z$ ir $u = 1$, kai $t \geq (i-1)T_z$);

$\zeta[t - (i-1)T_z]$ — grimzlės priaugio kitimas veikiant vienkartiniam jėgos $F_s(t)$ impulsui I_s nuo laiko momento $t > (i-1)T_z$.

4 pav. Valčių vertikalios supimo slopimo koeficiento ν priklausomybė nuo valties komplekso masės m



5 pav. Valčių drėkinamo paviršiaus ploto S priklausomybė nuo grimzlės T



Vidutinis grimzlės prieaugis yrio metu:

$$\bar{\zeta}_Z = \frac{1}{T_Z} \times \int_0^{T_Z} \zeta_\Sigma(t) dt. \quad (4)$$

Vidutinis grimzlės prieaugis traukio metu:

$$\bar{\zeta}_D = \frac{1}{t_D} \times \int_0^{t_D} \zeta_\Sigma(t) dt. \quad (5)$$

Vidutinis grimzlės prieaugis užkėlio metu:

$$\bar{\zeta}_{DZ} = \frac{1}{T_Z - t_D} \times \int_{t_D}^{T_Z} \zeta_\Sigma(t) dt. \quad (6)$$

Valties drėkinamo paviršiaus ploto S prieaugis ΔS , atsiradęs dėl grimzlės prieaugio $\bar{\zeta}_Z$, nusakomas išraiška:

$$\Delta S = B_{ST} \bar{\zeta}_Z, \quad (7)$$

čia B_{ST} — valties drėkinamo paviršiaus ploto S priklausomybės nuo grimzlės T proporcingumo koeficientas.

Vandens pasipriešinimo jėga proporcinga drėkinamo paviršiaus plotui. Todėl laisvojo vertikalaus supimo poveikio kitimą įvairiems tempo

SF reikšmėms galima išreikšti veiksmingumo koeficientu:

$$EK_S(SF) = S / [S + \Delta S(SF)] \quad (8)$$

Esant vienodam vandens pasipriešinimui, vidutinio valties greičio ν_ζ (kai yra vertikalus supimas) ir ν_0 (kai nėra vertikalaus supimo) santykis arba taip išreikštas veiksmingumo koeficientas:

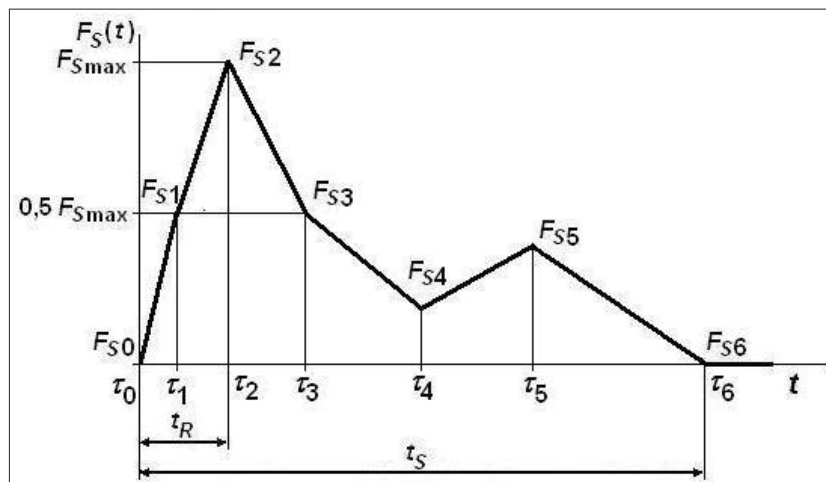
$$EK_V(SF) = \nu_\zeta / \nu_0 = \sqrt{S / [S + \Delta S(SF)]} \quad (9)$$

apibūdina vertikalaus poveikio į sėdynėlę poveikį valties komplekso vidutiniam greičiui.

Tyrimams panaudoti Eksperimentinio konstravimo centro „Latvijas laivas“ projektuotų ir gamintų keturviečių akademinių valčių (modeliai 7802, 8650 ir 8750, analogiški firmos *Empacher* modeliams) teoriniai brėžiniai. Pagal teorinius brėžinius trapecijų metodu (Čerka, 1997) nustatytos valčių rodiklių priklausomybės, siejančios apkrovą — valties komplekso (valties, irklų ekipažo) masę m , valties grimzlę T , drėkinamo paviršiaus plotą S ir pagal Salkajevo grafikus vertikalaus supimo slopimo ko-

Regresijos lygties		Valtis	
Numeris	Koeficientas	8650	8750
10	A_{Tm}	49,144	46,998
	B_{Tm}	0,2845	0,2439
11	A_{Sm}	2,553	2,6962
	B_{Sm}	0,006641	0,006876
12	A_{vm}	2,1066	2,5059
	B_{vm}	-0,000291	0,000446
13	A_{ST}	1,4057	1,3703
	B_{ST}	0,023342	0,02802

1 lentelė. (10), (11), (12) ir (13) regresijos lygčių koeficientų reikšmės

6 pav. Skaičiavimams naudojamas jėgos $F_s(t)$ pavidalas

eficientus v (Семенов-Тянь-Шанский и др., 1969). Valčių rodikliai apskaičiuojami valtės komplekso masės m ribose nuo 332 iki 492 kg. Į masę m įeina keturių irkluočių vienodos masės m_r ribose nuo 65 iki 105 kg. Valčių rodiklių priklausomybė grafiškai pavaizduota 2, 3, 4 ir 5 pav.

Valčių 7802 ir 8750 duomenys panašūs. Valties 8650 duomenys skiriasi nuo minėtų valčių duomenų, nes ji apie 10 procentų siauresnė. Todėl esant vienodai apkrovai jos grimzlė didesnė. Tolesniam nagrinėjimui paliekame tik skirtingas valtis 8650 ir 8750. Remiantis tiesine regresine analize, šių valčių grimzlės T (determinacijos koef. $r^2 = 0,999$), drėkinamojo paviršiaus ploto S (determinacijos koef. $r^2 > 0,997$), vertikalios supimo slopimo koeficientų v (determinacijos koef. $r^2 > 0,8$) priklausomybė nuo valčių kompleksų masės m ir drėkinamo paviršiaus ploto S (determinacijos koef. $r^2 > 0,997$) priklauso nuo grimzlės T , aprašoma (10), (11), (12) ir (13) regresijos lygtimis, kurių koeficientų reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

$$T = A_{Tm} + B_{Tm}m \quad (10)$$

$$S = A_{Sm} + B_{Sm}m \quad (11)$$

$$v = A_{vm} + B_{vm}m \quad (12)$$

$$S = A_{ST} + B_{ST}T \quad (13)$$

Skaičiuojant yrio T_z , traukio t_D ir užkėlio t_{DZ} laikotarpių grimzlės prieaugius, esant skirtingam tempui, įvertinama traukio t_D , impulso I_s vėlinimo t_v , vertikalios jėgos $F_s(t)$ didžiausios reikšmės F_{smax} ir jėgos veikimo trukmės t_s priklausomybė nuo tempo SF . Tuo tikslu naudojami 16–60 l / min tempo ribose testuotų 48 irkluočių 84 rezultatų kompleksai. Jų pagrindu gautos jėgų ir laiko parametrų priklausomybės nuo tempo tiesinės regresijos lygčių pavidalu:

$$t_D = -0,0083 SF + 1,0173 \quad \text{su } r^2 = 0,2762, \quad (14)$$

$$t_v = -0,0055 SF + 0,7196 \quad \text{su } r^2 = 0,2016, \quad (15)$$

$$t_s = -0,008 SF + 0,7766 \quad \text{su } r^2 = 0,2074, \quad (16)$$

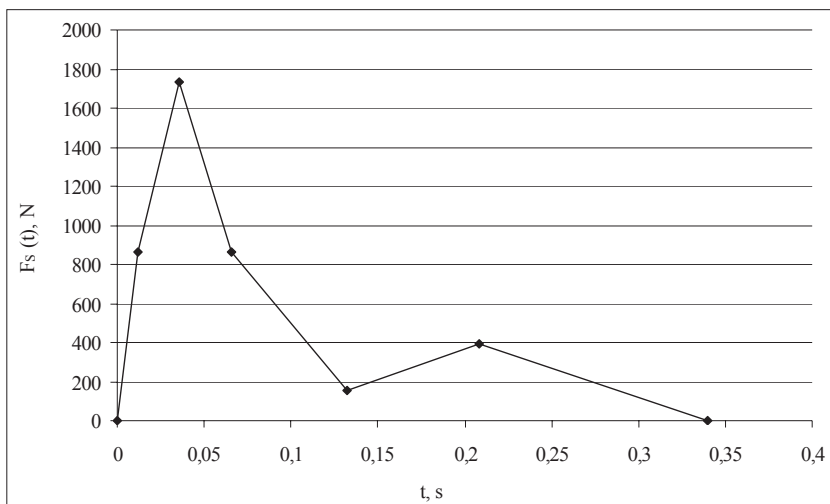
$$F_{smax} = 19,79 SF + 257 \quad \text{su } r^2 = 0,1443. \quad (17)$$

Traukio jėgos $F_D(t)$ impulsas vaizduojamas sinusoidės teigiamu pusperiodžiu: amplitudė F_{Dmax} atitinka laiko momentą $0,5 t_D$. Irklo kampas traukio metu kinta nuo 30 iki 120 laipsnių nepriklausomai nuo tempo.

Skaičiuojant realius grimzlės prieaugio dydžius pagal (2) formulę naudojamas jėgos $F_s(t)$ pavidalas, pavaizduotas 6 pav. Todėl (1) formulėje $k = 6$. Atskirų laužtės taškų laiko ir amplitudės pa-

2 lentelė. Jėgos $F_s(t)$ laiko ir amplitudės santykis

Laiko momentai	τ_0	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6
7 pav. — laiko duomenys, s	0	0,012	0,036	0,066	0,132	0,208	0,34
Atkarpos trukmė, s	0	$0,035 t_s$	$0,106 t_s$	$0,194 t_s$	$0,388 t_s$	$0,612 t_s$	$1 t_s$
7 pav. — amplitudė, N	0	865	1730	865	156	393	0
Amplitudės santykis	0	$0,5 F_{smax}$	F_{smax}	$0,5 F_{smax}$	$0,09 F_{smax}$	$0,227 F_{smax}$	0

7 pav. Irklautojo jėgos $F_s(t)$ pavidalas (žr. 2 lent.)

rametrai nurodyti 2 lentelėje laiko ir amplitudžių santykių pavidalu. Dydziai gauti remiantis apie 100 irklautojų jėgos $F_s(t)$ matavimo ir jų vidurkinimo būdu. Kadangi vidurkinis pavidalas pasirodė artimas žinomo olimpinio prizininio jėgos $F_s(t)$ pavidalui, jo duomenys (7 pav.) priimti „standartu“ ir panaudoti skaičiuojant. Laiko ir amplitudės santykiai išlaikomi pastovūs pagal 2 lentelę kintant patiems dydziams t_s ir F_{smax} pagal (16) ir (17) formules priklausomai nuo tempo.

Didinant ar mažinant vertikalios poveikio amplitudę proporcingai kinta grimzlės prieaugio dydis pagal (2) formulę.

REZULTATAI

Irklavimo tempo ribose nuo 21 iki 50 l / min apskaičiuoti yrio T_z , traukio t_D ir užkėlio t_{DZ} laikotarpių vidutinės grimzlės prieaugių rezultatai pateikti 8, 9 ir 10 pav. Rezultatai vaizduojami valtys 8650 ir 8750 apibūdinančiomis trijų masės dydžių (332, 412 ir 492 kg) kreivių šeimomis.

Vidutinis grimzlės prieaugis yrio metu gali būti aprašytas tiesinės regresijos ($r^2 = 0,999$) lygtimis:

$$\bar{\zeta}_Z = 0,2524 SF - 4,2251 \quad (8650 \quad 332 \text{ kg}) \quad (18)$$

$$\bar{\zeta}_Z = 0,2357 SF - 3,9473 \quad (8650 \quad 412 \text{ kg}) \quad (19)$$

$$\bar{\zeta}_Z = 0,2244 SF - 3,7569 \quad (8650 \quad 492 \text{ kg}) \quad (20)$$

$$\bar{\zeta}_Z = 0,225 SF - 3,7673 \quad (8750 \quad 332 \text{ kg}) \quad (21)$$

$$\bar{\zeta}_Z = 0,209 SF - 3,5014 \quad (8750 \quad 412 \text{ kg}) \quad (22)$$

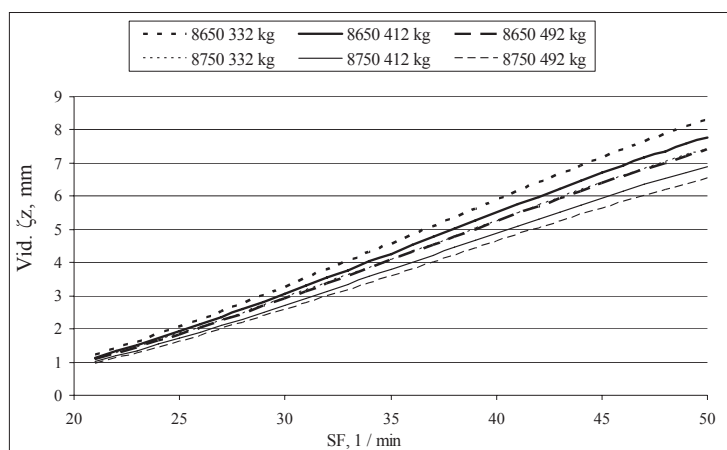
$$\bar{\zeta}_Z = 0,1982 SF - 3,3189 \quad (8750 \quad 492 \text{ kg}) \quad (23)$$

Vertikalios poveikio stiprumas įvertintas apskaičiuojant vidutinio grimzlės prieaugio dydį yrio metu keičiant jėgą $F_s(t)$ ribose nuo 50 iki 150% (11 pav.). Panašus proporcingumas gaunamas apskaičiuojant vidutinius grimzlės prieaugius traukio ir užkėlio metu. Jų priklausomybių pavidalas panašus į pavaizduotus 9 ir 10 pav.

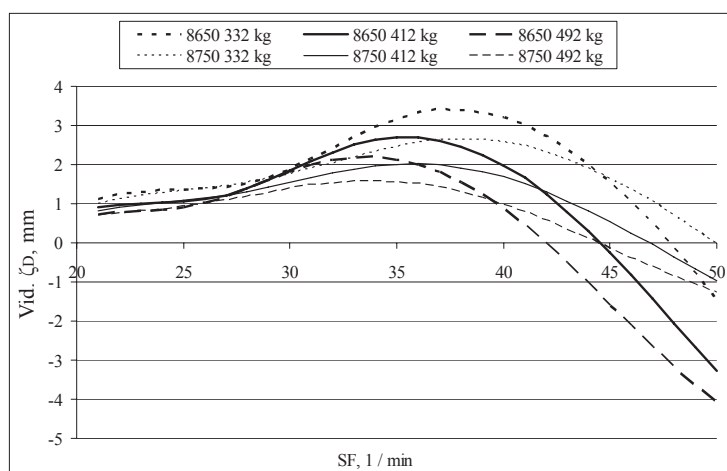
REZULTATŲ APTARIMAS

Siauresnės valtys 8650 statinė grimzlė (2 pav.) priklausomai nuo valtės komplekso masės (332; 412 ir 492 kg) yra 143,6; 166,4 ir 189,1 mm bei 10,9; 11,4 ir 11,7% didesnė negu platesnės valtys 8750 (128; 147,5 ir 167 mm). Todėl laisvojo vertikalios supimo dažnis atitinkamai valtys 8650 (6,63; 6,16 ir 5,78 Hz) yra mažesnis negu valtys 8750 (7,03; 6,54 ir 6,15 Hz). Slopimo koeficientas mažai priklauso nuo masės (4 pav.), tačiau siauresnės valtys 8650 vidutiniškai yra 1,987 l / s, o valtys 8750 vidutiniškai yra 2,69 l / s (skiriasi 35,2%). Todėl valtys 8750 supimas slopsta greičiau.

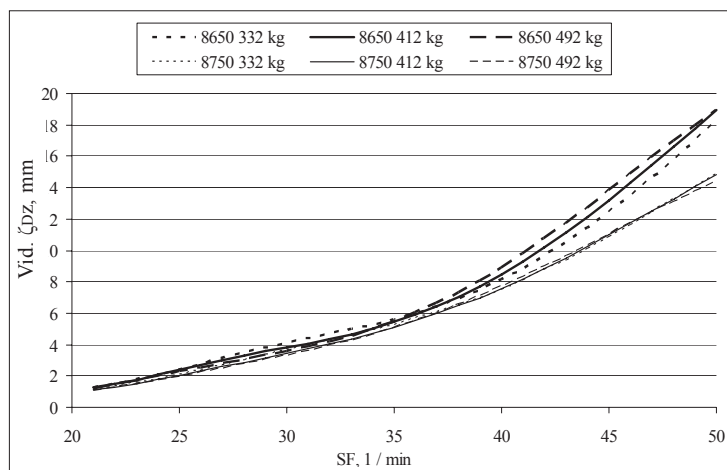
Siauresnės valtys 8650 drėkinamo paviršiaus plotas (4,758; 5,289 ir 5,82 m²) priklausomai nuo masės yra mažesnis negu valtys 8750 (4,979;



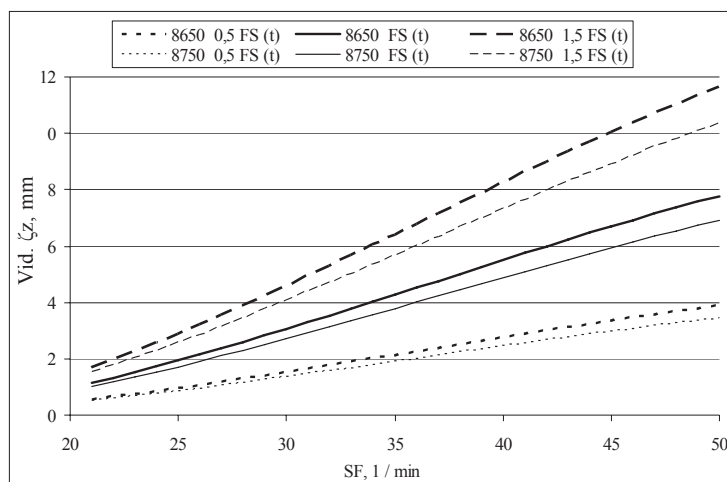
8 pav. Vidutinio grimzlės prieaugio yrio metu priklausomybė nuo valties komplekso masės ir irklavimo tempo



9 pav. Vidutinio grimzlės prieaugio traukio metu priklausomybė nuo valties komplekso masės ir irklavimo tempo

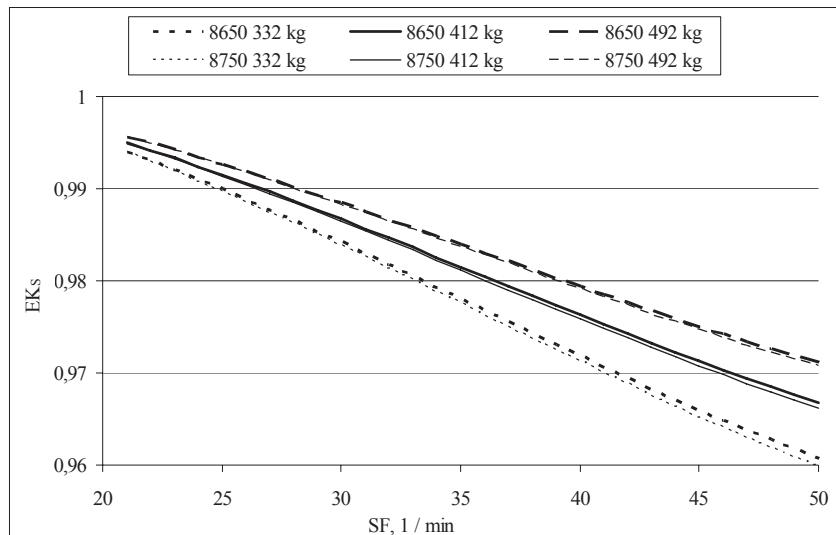


10 pav. Vidutinio grimzlės prieaugio užkėlio metu priklausomybė nuo valties komplekso masės ir irklavimo tempo

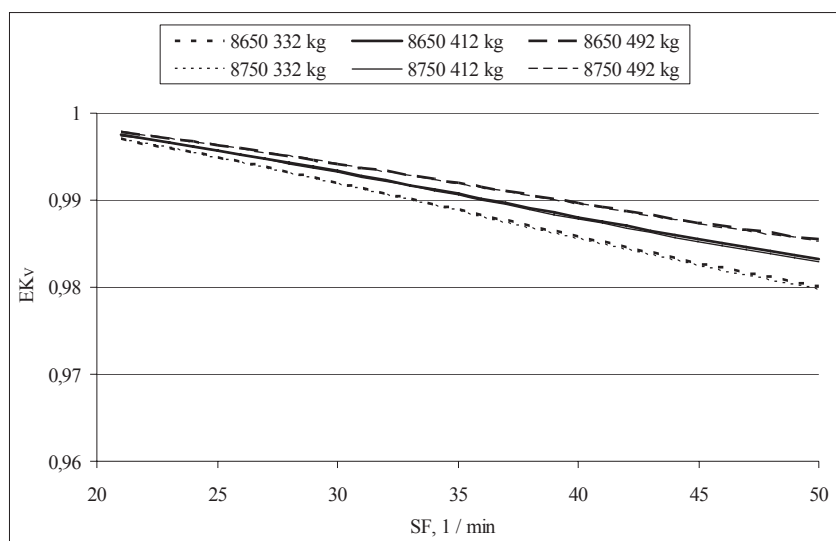


11 pav. Vidutinio grimzlės prieaugio yrio metu priklausomybė nuo vertikalios poveikio stiprumo ribose 0,5—1,5 $F_S(t)$

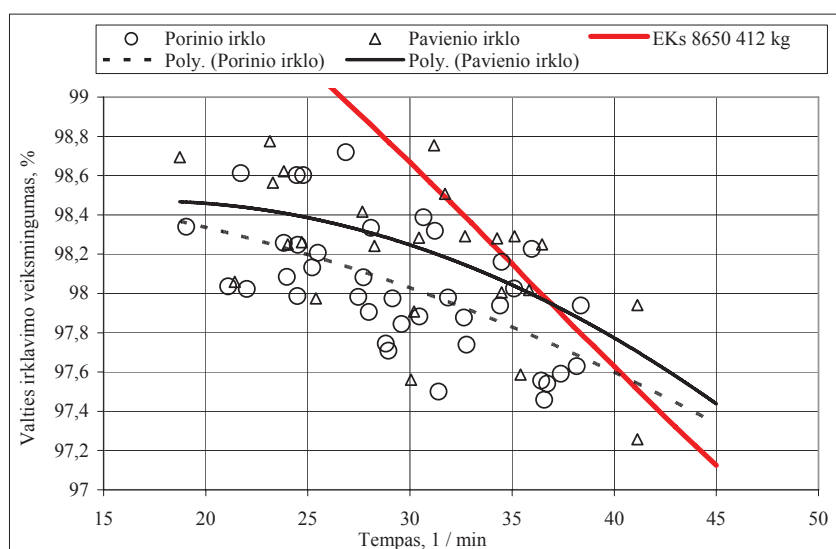
12 pav. Veiksmingumo koeficiento, lemiamo vidutinio grimzlės priaugio kitimu yrio metu, priklausomybė nuo tempo



13 pav. Veiksmingumo koeficiento, lemiamo vidutinio greičio kitimo, priklausomybė nuo tempo



14 pav. Valties irklavimo veiksmingumo priklausomybė nuo tempo



5,529 ir 6,079 m²). Todėl valtys 8650 vandens pasipriešinimo jėga, proporcingai drėkinamo ploto dydžiui, mažesnė 4,5%.

Vidutinės grimzlės priaugio traukio metu reikšmė priklauso nuo valtys parametrų, valtys komplekso masės ir irklavimo tempo. Teigiamas

vidutinės grimzlės priaugio (9 pav.) didžiausia reikšmė (blogiausios sąlygos) didesnė siauresnei valčiai 8650 apie 0,7 mm negu platesnei 8750, nors šiuos dydžius atitinkančios tempo reikšmės mažai skiriasi (35,7 ir 36 l / min). Didejant tempui (nuo tempo su didžiausia grimzlės priaugio reikšme),

grimzlės priaugis mažėja. Valties 8650 ir valties 8750 vidutinės grimzlės priaugio reikšmės lygios nuliui, esant tempui 44,5 ir 47 l / min atitinkamai. Toliau didėjant tempui, vidutinės grimzlės priaugio reikšmės gauna neigiamą ženklą, gerindamos traukio sąlygas. Tolesnis tempo didinimas veiksmingumas siauresnei valčiai. Toks dėl laisvojo vertikalaus supimo kintantis vidutinis grimzlės priaugis traukio metu neproporcingai tempo dydžiui gali būti panaudotas paveikiau atlikti traukį. Tyrėjai Y. Liu ir kt. (1996), tirdami irklautojų nuovargį, nustatė, kad rankos greičiau nuvargsta negu kojos. Todėl rekomenduoja tausoti rankas. Daugiausia rankos pavargsta traukio metu. Todėl žinant apie neproporcingą tempui vidutinės grimzlės priaugio kitimą galima rinktis tokias tempo reikšmes, kai vidutinė grimzlė yra mažesnė (9 pav.).

Vidutinis grimzlės priaugis užkėlio metu priklauso nuo tempo didėja (10 pav.). Didėjimas stiprėja tempui viršijus 35 l / min reikšmę. Tačiau šioje fazėje rankos praktiškai nedalyvauja.

Didinant vertikalų poveikį į sėdynėlę vidutinis grimzlės priaugis proporcingai didėja (11 pav.), tuo mažindamas irklavimo veiksmingumą. Toks poveikis skirtumo tarp irklavimo veiksmingumo beveik nekeičia. Keičiant vertikalios jėgos dydį ribose 0,5—1,5 $F_s(t)$ ir tempą ribose 30—50 l / min veiksmingumo koeficientas EK_s dėl vandens pasipriešinimo kinta 0,5—1,5%, o veiksmingumo koeficientas EK_v dėl greičio beveik du kartus mažesnis negu EK_s .

Kintant valties komplekso masei ± 80 kg atžvilgiu vidutinės masės 412 kg tempo ribose 30—50 l / min veiksmingumo koeficientas EK_s dėl vandens pasipriešinimo kinta 0,18—0,65%, o

veiksmingumo koeficientas EK_v dėl greičio beveik du kartus mažesnis negu EK_s .

Mūsų teoriškai apskaičiuoto pagal (8) formulę valties 8650 (412 kg) veiksmingumo koeficiento sutapimas patenkinamas (14 pav.), lyginant su praktinių statistikos duomenų apdorojimo rezultatais (Kleshnev, 1999). Todėl galima teigti, kad laisvojo vertikalaus supimo egzistavimas gali būti irklavimo veiksmingumo kitimo nuo tempo priežastimi. Tai tikslinga vertinti analizuojant veiksnius, lemiančius didelio meistriškumo irklautojų irklavimo techniką.

IŠVADOS

1. Siauresnės valties drėkinamas paviršiaus plotas mažesnis, todėl jos irklavimo veiksmingumas didesnis dėl mažesnio vandens pasipriešinimo.
2. Laisvojo vertikalaus supimo požiriu mažesnė valties komplekso masė blogina irklavimo veiksmingumą.
3. Stiprinant vertikalų poveikį į sėdynėlę irklavimo veiksmingumas proporcingai mažėja.
4. Irklavimo veiksmingumas mažėja 0,1% / (l / min), jei vidutinė irklautojo masė 85 kg.
5. Laisvojo vertikalaus supimo teorija pagrįstas irklavimo veiksmingumo kitimas nuo tempo praktiškai atitinka kitų tyrėjų eksperimentinius duomenis.
6. Rekomendacija tausoti rankas irklavimo metu gali būti siejama su irklavimo tempo parinkimu, žinant vidutinio grimzlės priaugio mažėjimo galimybes traukio metu.

LITERATŪRA

- Abrahamsen, A. (2001). Rowing Model for a Four. May 18. Prieiga internetu: http://online.redwoods.cc.ca.us/instruct/darnold/deproj/Sp01/Al/Rowingpaper_s.pdf
- Baudouin, A., Hawkins, D. (2002). A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 396—402.
- Bingelis, A., Daniševičius, J. (1994). Teorinis akademinio irklavimo tempo tyrimas. *Sporto mokslo žinios*, 1, 19—30.
- Čerka, J. (1997). *Laivo teorija*. Klaipėda: KU.
- Kleshnev, V. (1999). Propulsive efficiency of rowing. In *Proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 224—228). Western Australia, Perth: Cowan University. Prieiga internetu: ruina.tam.cornell.edu/research/topics/locomotion_and_robotics/papers/oar_efficiency.pdf
- Kleshnev, V. (2006). Rowing Biomechanics Newsletter. Volume 6 No 67 October. Prieiga internetu: http://www.biorow.com/RBN_en_2006_files/2006RowBiomNews10.pdf
- Lazauskas, L. (1997). A Performance Prediction Model for Rowing Races. *Department of Applied Mathematics, University of Adelaide, Technical Report: L9702*. Prieiga per internetą: <http://www.maths.adelaide.edu.au/Applied/lazausk/hydro/rowing/stroke/stroke.htm>
- Lazauskas, L. (1998). Rowing Shell Drag Comparisons. *Department of Applied Mathematics, University of Adelaide, Technical Report: L9701*. Prieiga internetu: <http://www.cyberiad.net/library/rowing/real/realrow.htm>
- Liu, Y., Lormes, W., Opitz-Gress, A. et al. (1996). Are the arm muscles prior to the leg muscles to be fatigued in rowing? *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28 (5), Supplement abstract 306.
- Семенов-Тянь-Шанский, В. В., Благовещенский, С. Н., Холодили, А. Н. (1969). *Качка корабля*. Ленинград: Судостроение.

THE INFLUENCE OF STROKE RATE ON THE EFFICIENCY OF ROWING QUADRUPLE SCULLING BOATS

Algirdas Bingelis, Kazimieras Pukėnas, Sigita Marija Zdanavičienė
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The study of academic quadruple sculling boats was associated with the previous studies by the authors on the mathematical modeling of the economy of single and double sculling boats influenced by vertical oscillation. There are no data in the scientific literature about the analysis of impact of free vertical oscillation which is achieved by vertical power impulses to the seat during each stroke. The decaying vertical oscillation influences the average growth of the draught, and thus the area of the wetted surface increases resulting in the growth of the boat draught when the stroke rate and the force of water resistance increase.

The aim of the study was to estimate the rowing efficiency indices of quadruple sculling boats (4x/-) of different models (narrower — 8650, and wider — 8750) which were influenced by the factor of free vertical oscillation of the boat complex, and to establish the dependence of efficiency indices on certain parameters of the hull and the strength of rowers' vertical impact on the seat under the conditions of different rowing rate. The parameters of concrete academic boats necessary to estimate the rowing efficiency were established according to theoretical schemes. Applying the method of mathematical modeling we calculated the growth of the draught which was caused by the free vertical oscillation and established the change in the rowing efficiency depending on the rowing rate, the mass of the boat complex, and the amplitude of the vertical impact on the seat.

The analysis of the obtained results indicated that the coefficient of the vertical oscillation did not depend much on the mass of the boat complex. The water resistance force of the 8750 model boat, which is proportional to the magnitude of the wetted area and the wetted surface of which is greater compared to that of 8650 model, was less by 4.5%. The highest positive value of the average growth of the draught (worst conditions) was greater for the 8650 model. With the increase of the rowing rate up to 44.5 and 47 strokes per minute for the 8750 and 8650 models respectively, the values of the growth of the draught equaled zero. When the rate continued to increase, the values of the growth of the draught became negative, and the dragging conditions improved. The further increase in the rate was more effective for the 8650 model. The data about the average growth of the gauge during the drag (irrespective of the rate) preconditioned the more effective drag. Being aware of the change in the average growth of the draught we can choose the rate values when the average draught is lower. We suggest that free vertical oscillation impacts the change in the efficiency of rowing depending on the rate. It is expedient to evaluate the factors which impact the rowing technique of elite rowers.

Keywords: vertical oscillation, rowing efficiency, rate.

Gauta 2008 m. vasario 14 d.
Received on February 14, 2008

Priimta 2008 m. gegužės 13 d.
Accepted on May 13, 2008

Algirdas Bingelis
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302668
E-mail a.bingelis@lkka.lt.

ĮVAIRIOS SPECIALIZACIJOS ELITO DVIRATININKIŲ FIZINIO IŠSIVYSTYMO, FIZINIO IR FUNKCINIO PAJĖGUMO PAGRINDINĖS YPATYBĖS

Rūta Dadelienė, Kazys Milašius, Linas Tubelis, Juozas Skernevičius
Vilniaus pedagoginis universitetas, Vilnius, Lietuva

Rūta Dadelienė. Biomedicinos mokslų daktarė. Vilniaus pedagoginio universiteto Kūno kultūros teorijos katedros docentė. Mokslinių tyrimų kryptis — fizinis aktyvumas, organizmo adaptacija.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — atskleisti elito dviratininkų, pasiekusių didelių sportinių rezultatų skirtingose dviračių sporto rungtyse, pagrindines fizinio išsivystymo, fizinio ir funkcinio pajėgumo ypatybes.

Per 2006—2007 metų treniruočių ciklą ištirtos 4 Lietuvos olimpinės dviračių sporto rinktinės kandidatės, kurios rengėsi pagal programą „Pekinas-2008“. Sportininkė A — sprinterė, pasiekusi didelių laimėjimų pasaulio čempionatuose ir olimpinėse žaidynėse, rungtyje, kurioje pergalę lėmė 10—15 s trukmės anaerobinio alaktatinio galingumo darbas. Sportininkė B dalyvavo pasaulio taurės etapuose ir pasaulio čempionatuose pagal BMX varžybų programą. Rungties trukmė — 30—50 s, energijos gamyboje vyrauja anaerobinės alaktatinės ir glikolitinės reakcijos. Sportininkė C rengėsi ir dalyvavo pasaulio taurės etapuose, iškovojo prizinę vietą pasaulio jaunimo čempionate, tapo 3 km persekiojimo rungties treko dviračių pasaulio taurės laimėtoja. Rungties trukmė 3,5—4 min, energetikos pagrindą sudaro mišrios anaerobinės ir aerobinės reakcijos. Sportininkė D — plento tarptautinių varžybų nugalėtoja, pasaulio čempionė ir prizininkė. Varžybų rungties trukmė tarp 1—4 h, energijos gamyboje vyrauja aerobinės reakcijos.

Nustatėme pagrindinius fizinio išsivystymo rodiklius, raumenų ir riebalų masę, raumenų riebalų masės indeksą (RRMI). Tirtas raumenų galingumas įvairiose energijos gamybos zonose: vienkartinio raumenų susitraukimo galingumas (VRSG), anaerobinis alaktatinis raumenų galingumas (AARG) (laiptine ergometrija), specialusis anaerobinis alaktatinis galingumas (10 s maksimalių pastangų велоergometriniu testu), mišrius anaerobinis alaktatinis ir glikolitinis galingumas (30 s trukmės Vingeito testu). Nustatyta laktato koncentracija kraujyje po šio testo. Nustatytas kraujotakos sistemos funkcinis pajėgumas, paprastos psichomotorinės reakcijos laikas, judesių dažnis per 10 s. Tyrimai atlikti pagal J. Skernevičiaus ir kt. (2004) metodiką.

Tyrimai parodė, kad dviratininkės, kurių varžybinė veikla trumpesnė negu 4 min, yra didelės raumenų masės, kurioje gali susikaupti didelis kiekis energinių medžiagų ir greitą jų vartojimą skatinančių fermentų, todėl tokiame darbo režimui parengtų raumenų masės ugdymas yra prielaida pasiekti didelių sportinių rezultatų.

Elito dviratininkų, kurių varžybinės veiklos trukmė skirtinga, energijos gamyboje vyraujant anaerobinėms reakcijoms, šuolio aukštis, VRSG, AARG, 10 ir 30 s specialusis raumenų galingumas skiriasi mažai, tačiau kraujotakos sistemos funkciniai rodikliai daug geresni sportininkėse, kurios varžybinė veikla trunka iki 4 min.

Elito dviratininkės, kurios varžybinės veiklos metu svarbiausios energijos gamyboje yra aerobinės reakcijos, raumenų masė nedidelė, raumenų galingumas neilgo darbo metu yra mažas, bet kraujotakos sistemos funkcinio pajėgumo rodikliai labai dideli ir gali būti modelinėmis charakteristikomis rengiant didelio meistriškumo dviratininkes, taip pat kitų sporto šakų atstoves, kurių varžybinės veiklos metu energijos gamyboje vyrauja aerobinės reakcijos.

Raktažodžiai: fizinis išsivystymas, fizinis ir funkcinis pajėgumas, varžybinė veikla.

IVADAS

Pagal darbo trukmę ir jo intensyvumą dviračių sporto rungtys įvairios labai didelės. Varžybos vyksta treke, plente, įvairiose vietovėse ir specialiai įrengtose sudėtingose trasose. Rungtis trunka nuo kelių sekundžių iki keleto valandų. Kiekviena skirtinga rungtis iš sportininkų pareikalauja specifinių fizinių ir funkcinų galių, kurias lemia įgimtos genotipinės adaptacijos ypatybės

(Neumann, 1992; Gayagay ir kt., 1998; Williams et al., 2000; Thompson et al., 2006). Rengiant dviratininkus taip pat didelę reikšmę turi specialiujų fizinių krūvių, taikomų pratybose, priemonės, metodai, intensyvumas, trukmė, atsigavimo eiga, greitosios ir ilgalaikės fenotipinės adaptacijos reiškiniai (Меерсон, 1986; Платонов, 2004). Kita vertus, įvairių rungties dviratininkų judesių biomechaninių

nės ypatybės labai mažai skiriasi (Burke, 1988). Dviračių sporto moksliniai tyrimai gana išplėtoti (Raslanas, 2001; Gabrys, Szmatlan-Gabrys, 2002; Stasiulis, Ančlauskas, 2003; Milašius ir kt., 2003, 2005), tačiau atskirų specifinių rungčių dviratininkų rengimo ir jų fizinių bei funkcinį galių, išskirtinių ypatybių analizės dar nepakanka (Tubelis ir kt., 2007). Sporto mokslui svarbu išskirti pagrindines elito dviratininkų, pasiekusių labai didelį meistriškumą įvairiose rungtyse, fizinio išsivystymo, fizinio ir funkcinio pajėgumo ypatybes (Jeukendrup et al., 2006). Darome hipotetinę prielaidą, kad atlikus atskirų rungčių elito dviratininkų tyrimus išryškės pagrindiniai fizinio išsivystymo, fizinio galių, funkcinio pajėgumo specifinės ypatybės. Tai svarbi mokslinė problema, kurią išnagrinėjus galima tikėtis sėkmingesnės dviratininkų atrankos pagal atskiras rungtis. Tai turi padėti kryptingiau rengti didelio meistriškumo konkrečios rungties dviratininkes.

Tyrimo tikslas — atskleisti elito dviratininkų, pasiekusių didelių sportinių rezultatų skirtingose dviračių sporto rungtyse, pagrindines fizinio išsivystymo, fizinio ir funkcinio pajėgumo ypatybes.

TYRIMO ORGANIZAVIMAS IR METODAI

Per 2006—2007 m. treniruočių ciklą tyrėme keturias Lietuvos olimpinės rinktinės kandidates, kurios rengėsi pagal programą „Pekinas-2008“. Sportininkė A — sprinterė, pasiekusi didelių laimėjimų pasaulio čempionatuose ir olimpinėse žaidynėse, rungtyse, kuriose vyravo 10—15 s trukmės darbo anaerobinis alaktatinis galingumas.

Sportininkė B dalyvavo pasaulio taurės etapuose ir pasaulio čempionatuose pagal BMX varžybų programą. Rungties trukmė — 30—50 s, energijos gamyboje vyrauja anaerobinės alaktatinės ir glikolitinės reakcijos.

Sportininkė C rengėsi ir dalyvavo treko dviračių pasaulio taurės etapuose, iškovojo prizinę vietą pasaulio jaunimo čempionate, tapo 3 km persekiojimo rungties pasaulio taurės laimėtoja. Rungties trukmė 3,5—4 min, sportininkės energijos gamybos pagrindą sudaro mišrios anaerobinės ir aerobinės reakcijos.

Sportininkė D — plento dviračių tarptautinių varžybų nugalėtoja, pasaulio čempionė ir prizinininkė. Varžybų rungties trukmė tarp 1–4 h, energijos gamyboje vyrauja aerobinės reakcijos.

Tyrimo metu nustatyti pagrindiniai fizinio išsivystymo rodikliai: ūgis, kūno masė, kūno masės

indeksas (KMI), plaštakų jėga, gyvybinis plaučių tūris (GPT), raumenų ir riebalų masė bei raumenų riebalų masės indeksas (RRMI) (Juocevičius, Guobys, 1985). Taip pat nustatytas šuolio aukštis atsispiriant abiejomis kojomis, atsispyrimo laikas, vienkartinis raumenų susitraukimo galingumas (VRSG) (Bosco et al., 1983), anaerobinis alaktatinis raumenų galingumas (AARG) (laiptine ergometrija) (Margaria et al., 1966). Specialiajam anaerobiniam alaktatiniam galingumui įvertinti buvo taikytas 10 s maksimalių pastangų veloergometrinis testas, mišriam anaerobiniam alaktatiniam ir glikolitiniam galingumui nustatyti — 30 s maksimalių pastangų Vingeito testas, laktato koncentraciją nustatyta paėmus kraują po 3 min poilsio. Fizinis krūvis atliktas švedų firmos „Monark-894E“ veloergometru. Kraujotakos sistemos funkcinį pajėgumą tirtas nustatant kraujospūdį, kai tiriama sėdi, pulso dažnį (PD) po 5 min gulėjimo, ortostatinio mėginio metu, reakciją į standartinį fizinį krūvį (30 atsitūpimų per 45 s) ir atsigavimo eiga per 60 s. Hemoglobino koncentracija kraujyje nustatyta „Hemo Cue 201“ analizatoriumi, hematokritas (Ht) — minifotometru „MF 5020“. Psichomotorinės funkcijos buvo vertinamos nustatant paprastos psichomotorinės reakcijos laiką, t. y. kaip tiriama reaguoja į regos dirgiklį ir minimalių plaštakos judesių dažnį per 10 s. Tyrimai atlikti pagal J. Skernevičiaus ir kt. (2004) metodiką.

REZULTATAI

Analizuojant fizinio išsivystymo duomenis (1 lent.) matyti, kad tirtų A, B ir D dviratininkų ūgis beveik nesiskyrė, tik C dviratininkė buvo 5 cm didesnė už kitas. Bendroji kūno ir raumenų masė A, B ir C dviratininkų skyrėsi nedaug. Tačiau D dviratininkės bendroji kūno ir raumenų masė buvo maža. Visų tiriamųjų riebalų masės rodikliai — 6,2 ir 10,9 kg. Mažu KMI rodikliu išsiskyrė D sportininkė, jos plaštakų jėga taip pat buvo daug mažesnė negu kitų dviratininkų. Šuolio aukštis ir atsispyrimo trukmė A, B, C dviratininkų skyrėsi nedaug, o D dviratininkės šie rodikliai buvo kur kas mažesni (2 lent.). Tiek absoliutūs, tiek santykiniai VRSG ir AARG rodikliai pirmų trijų sportininkų skyrėsi nedaug, D dviratininkės jie buvo daug mažesni, jos PRL rodiklis buvo didžiausias, centrinės nervų sistemos paslankumas — mažiausias.

Absoliutus specialusis anaerobinis alaktatinis raumenų galingumas 10 s minant veloergometrą

Rodikliai Dviratininkės	Ūgis stovint, cm	Kūno masė, kg	KMI, kg / m ²	Plastakų jėga, kg		GPT, l	Raumenų masė, kg	Riebalų masė, kg	RRMI
				D	K				
A	169,0	70,0	24,1	47	47	5,4	38,1	9,4	4,03
B	169,0	70,0	25,0	45	42	5,2	36,8	6,8	5,41
C	174,5	66,5	21,2	42	44	4,8	38,5	7,8	4,85
D	168,0	54,7	17,9	36	34	4,6	28,5	6,2	4,60

1 lentelė. Skirtingos specializacijos dviratininkų fizinio išsivystymo, raumenų ir riebalų masės santykio tyrimo duomenų lyginamoji charakteristika

Pastaba. KMI — kūno masės indeksas; GPT — gyvybinis plaučių tūris; RRMI — riebalų raumenų masės indeksas.

Rodikliai Dviratininkės	Maks. šuolis, cm	Atsispyrimo laikas, mls	VRSG		AARG		PRL, ms	J. d., k. / 10 s
			W	W / kg	W	W / kg		
A	47	184	1738	25,00	1170	16,90	177	80
B	39	146	1784	25,49	1132	16,18	170	79
C	48	173	1790	27,16	1092	16,57	188	78
D	37	233	849	15,57	700	12,84	210	65

2 lentelė. Skirtingos specializacijos dviratininkų vienkartinio raumenų susitraukimo galingumo (VRSG), anaerobinio alaktatinio raumenų galingumo (AARG), psichomotorinės reakcijos laiko (PRL), judesių dažnio per 10 s tyrimų duomenys

Rodikliai Dviratininkės	Galingumas, W				La, mmol / l	Hb, g / l	Ht, %
	10 s		30 s				
	vid.	W / kg	vid.	W / kg			
A	970	13,85	674	9,64	14,0	142	46
B	921	13,20	630	9,20	12,8	131	44
C	931	14,64	696	10,88	15,4	155	51
D	530	9,80	415	7,70	7,8	149	38

3 lentelė. Skirtingos specializacijos dviratininkų anaerobinio alaktatinio, mišraus anaerobinio alaktatinio ir glikolitinio galingumo, kraujo biocheminių tyrimų duomenų lyginamoji charakteristika

Rodikliai Dviratininkės	RI	A	D	PD po krūvio (tv. / min)					Kraujospūdis ramybės būsenoje, mm Hg
				Iš karto	15 s	30 s	45 s	60 s	
A	2,8	52	60	111	96	88	76	72	110/70
B	1,6	44	80	125	92	84	68	56	115/70
C	0,0	48	76	101	76	72	60	56	110/70
D	-1,6	44	46	95	68	60	52	48	105/70

4 lentelė. Skirtingos specializacijos dviratininkų širdies ritmo duomenys ramybėje, ortostatinio mėginio metu, atliekant standartinį fizinį krūvį ir restitucijos laikotarpiu, atsigaunant 1 min duomenų lyginamoji charakteristika

Pastaba. A — pulso dažnis gulint; D — pulso dažnis stovint, kai pulsas stabilizuojasi.

pirmų trijų sportininkų buvo tarp 921 ir 970 W, didžiausias — A dviratininkės. D dviratininkės šis rodiklis buvo lygus 530 W. Būdamos gero parengtumo, pirmos trys dviratininkės demonstravo gana didelį santykinį anaerobinį alaktatinį raumenų galingumą, kuris siekė 13,20—14,64 W / kg, tuo tarpu D dviratininkės — tik 9,8 W / kg. Absolutus mišrus anaerobinis alaktatinis ir glikolitinis galingumas pirmų trijų sportininkų skyresis mažai ir siekė 630—696 W, D dviratininkės — tik 415 W. Pirmų trijų sportininkų santykinio galingumo rodiklių sklaida didesnė (nuo 9,20 iki 10,88 W / kg). D dviratininkė nuo jų atsiliko dau-

giau (7,7 W / kg), nors jos kūno masė buvo kur kas mažesnė negu kitų trijų dviratininkų (3 lent.). Laktato koncentracija kraujyje, paimtame praėjus 3 min po 30 s fizinio krūvio maksimaliomis pastangomis, pirmų trijų sportininkų skyresis nedaug ir siekė 12,8—15,4 mmol / l. D sportininkės glikolitinų reakcijų aktyvumas buvo nedidelis, laktato koncentracija — 7,8 mmol / l.

Analizuojant kraujotakos funkcinis rodiklius (4 lent.) matyti, kad visų tirtų sportininkų sistolinio kraujospūdžio rodikliai skyresis mažai. PD rodikliai gulint visų tirtų dviratininkų skyresis mažai ir siekė 44—52 tv. / min, tačiau PD stovint

labai skyrėsi. Labai mažai į ortostatinį mėginį reagavo D dviratininkė, jos PD padažnėjo tik 2 tv. / min. Daugiausia PD padažnėjo B dviratininkės — 36 tv. / min. Po standartinio fizinio krūvio jos pulso dažnis padidėjo 81 tv. / min ir buvo lygus 125 tv. / min. Kitų trijų sportininkių pulso dažnio padidėjimas reaguojant į šį fizinį krūvį buvo panašus — 51—59 tv. / min. Mažiausias PD po krūvio buvo D sportininkės — tik 95 tv. / min, greičiausiai ji ir atsigavo — per 60 s, o skirtumas tarp PD gulint prieš krūvį ir praėjus 60 s po jo — tik 4 tv. / min. Didžiausias šis skirtumas buvo A dviratininkės ir sudarė 20 tv. / min. Dviratininkės C šis skirtumas — 8 tv. / min, B — 12 tv. / min. Rufjė indeksas (RI), parodantis kraujotakos sistemos funkcinį pajėgumą, mažiausias buvo D sportininkės (plento dviratininkės) (–1,6 s. v.), šiek tiek didesnis C sportininkės (0,0 s. v.). BMX dviračių rungti kultivuojančios dviratininkės RI buvo 1,6 s. v., o treko sprinterės — 2,8 s. v.

Hemoglobino koncentracija C dviratininkės kraujyje buvo didžiausia — 155 g / l, jos kraujo hematokritas buvo didelis — 51%. Kitų sportininkių hemoglobino koncentracija siekė fiziologinės normos ribas, o kraujo hematokritas neviršijo sporto praktikoje leistinų ribų.

REZULTATŲ APTARIMAS

Atliktas tyrimas atskleidė, kad įvairios specializacijos dviratininkės, kurių varžybinės veiklos laiko intervalai yra labai skirtingi, ir mechaninės energijos gamyboje vyrauja skirtingi mechanizmai, turi išskirtinį fizinio išsivystymo, galingumo ir funkcinio pajėgumo ypatybių. Tai iš dalies sutampa su L. Tubelio ir kt. (2007) autorių tyrimų išvadomis ir gali būti paaiškinama pagrindiniais žmogaus adaptacijos prie fizinės veiklos dėsniais (Meerson, 1986; Платонов, 1988, 2004).

Dviratininkės, kurių varžybinėje veikloje energijos gamyboje vyrauja anaerobinės arba mišrios anaerobinės aerobinės reakcijos, turi didelę raumenų masę — kuo ji didesnė vykstant adaptacijai, tuo daugiau kaupiasi tokių energinių medžiagų kaip kreatinfosfatas, glikogenas ir reakcijose dalyvaujantys fermentai (Волков и др., 2000; Gailiūnienė, Milašius, 2001). Tyrimais įrodyta, kad dviratininkių raumenų masė glaudžiai koreliuoja su VRSG, AARG, specialiuoju anaerobiniu alaktatinu ir glikolitinu galingumu (Tubelis ir kt., 2007). Taigi yra pagrindo teigti, kad dviratininkėms, kultivuojančioms tokias rungtis, kurių darbo trukmė siekia 4 min, didelius sporti-

nus pasiekimus lemia tam tikrų raumenų masė. Jos ugdymas specialiais pratimais turi sudaryti didelę pratybų dalį. Galima daryti prielaidą, kad dviratininkėms siekiant didelių sportinių rezultatų tokiose rungtyse, kurių energetikos pagrindą sudaro aerobinės reakcijos, ekonomiškėnis darbas būna tada, kai raumenų masė nėra labai išugdyta, bet tokiu atveju anaerobinė alaktatinė ir glikolitinė energijos gamyba nėra didelė, o kraujotakos sistemos funkcinis pajėgumas labai didelis (Jeukendrup ir kt., 2006). Dviratininkių, kurių varžybinė veikla trumpa, kraujotakos sistemos funkciją parodantys rodikliai yra gana aukšti. Tai rodo, kad ir jų rengimo vyksme atliekama daug fizinio krūvio aerobinio ugdymo zonoje (Schmidt, 1998). Vadovaujantis Meersono (1986) adaptacijos dėsniu, galima manyti, kad tai gali turėti neigiamos įtakos raumenų greitųjų skaidulų ugdymui. Tyrimas atskleidė, kad elito dviratininkės, kurios varžybinėje veikloje vyrauja aerobinės reakcijos, kraujotakos sistemos funkciniai rodikliai yra labai dideli, retai užfiksuojami sporto mokslo tyrimų (Skernevičius ir kt., 2004). Ypač maža šių dviratininkių PD reakcija į standartinį fizinį krūvį ir greitas atsigavimas po jo. Esant gana didelei hemoglobino koncentracijai kraujyje, mažas kraujo hematokritas sudarė palankias sąlygas kraujotakai.

IŠVADOS

1. Dviratininkių, kurių varžybinė veikla trunka mažiau negu 4 min, raumenų masė didelė, organizme gali susikaupti didelis kiekis energinių medžiagų ir jų vartojimą skatinančių fermentų, todėl tokiam darbo režimui parengtų raumenų masės ugdymas yra prielaida dideliems sportiniams rezultatams pasiekti.
2. Elito dviratininkių, kurių varžybinės veiklos trukmė skirtinga ir energijos gamyboje vyrauja anaerobinės reakcijos, šuolio aukštis, VRSG, AARG, 10 ir 30 s specialusis galingumas skiriasi mažai, tačiau kraujotakos sistemos funkciniai rodikliai daug geresni tos sportininkės, kurios varžybinė veikla trunka apie 3 min 40 s.
3. Elito dviratininkės, kurios varžybinės veiklos metu energijos gamyboje vyrauja aerobinės reakcijos, nustatyti tokie esminiai skirtumai: raumenų masė nedidelė, raumenų galingumas mažos trukmės darbo metu yra nedidelis, kraujotakos sistemos funkcinio pajėgumo rodikliai labai dideli.

LITERATŪRA

- Bosco, C., Komi, P., Tihanyj, J., Fekete, C., Apor, P. (1983). Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 129—135.
- Burke, E., Newsom, M. M. (1988). *Medical and Scientific Aspects of Cycling*. Champaign: Human Kinetics Publishers.
- Gabrys, T., Szmatlan-Gabrys, U. (2002). Laboratory methods in diagnostics of cyclists' anaerobic capacity. *Sporto mokslas*, 1 (27), 32—35.
- Gailiūnienė, A., Milašius, K. (2001). *Sporto biochemija*. Vilnius: LSIC.
- Gayagay, Yu. B., Hambly, B. et al. (1998). Elite endurance athletes and the ACEI allele — the role of genes in athletic performance. *Human Genetics*, 103, 48—50.
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., Hawley, J. A. (2006). The biomechanics of world class cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3 (4), 414—453.
- Juocevičius, A., Guobys, H. (1985). *Reumatinėmis ligomis sergančių fizinio pajėgumo ir reabilitacijos potencialo kompleksinis vertinimas*. Vilnius.
- Margaria, R., Aghemo, P., Rovelli, E. (1966) Measurement of muscular power (anaerobic) in man. *Journal of Applied Physiology*, 21, 1662—1664.
- Milašius, K., Jakimavičius, A., Steponavičius, K., Slavuckienė, R. (2005). Treko dviratininkės S. K. fizinių ir funkcinų galių kaita olimpinio rengimo ciklu. *Sporto mokslas*, 2 (40), 46—51.
- Milašius, K., Steponavičius, K., Vilkas, A. (2003). Lietuvos didelio meistriškumo dviratininkų fizinių ir funkcinų galių kaita metiniu treniruotės ciklu. *Sporto mokslas*, 2 (32), 29—32.
- Neumann, G. (1992). Specific issues in individual sport cycling. In R. J. Shepard and P. Q. Astrand (Eds), *Endurance in Sport*. New York. P. 582—596.
- Raslanas, A. (2001). *Lietuvos didelio meistriškumo sportininkų rengimo sistema: habil. darbas*. Vilnius: VPU.
- Schmidt, A. (1988). *Handbook of competitive cycling*. Aachen: Meyer and Meyer Sport.
- Skernevičius, J., Raslanas, A., Dadelienė, R. (2004) *Sporto mokslo tyrimų metodologija*. Vilnius.
- Stasiulis, A., Ančlauskas, R. (2003). Dviratininkų aerobinio pajėgumo kaita metiniu treniruočių ciklu. *Sporto mokslas*, 4 (34), 60—64.
- Thompson, W. R., Binder-Macleod, S. A. (2006). Association of genetic factors with selected measures of physical performance. *Physical Therapy*, 86, 585—591.
- Tubelis, L., Milašius, K., Dadelienė, R. (2007). Dviratininkų specialųjį parengtumą sąlygojantys veiksniai. *Sporto mokslas*, 1 (47), 57—62.
- Williams, A. G., Dhamrait, S. S., Wootton, P. T. et al. (2004). Bradykinine receptor gene variant and human physical performance. *Journal of Applied Physiology*, 96, 938—942.
- Волков, Н. И., Несен, Э. Н., Осипенко, А. А., Корсун, С. Н. (2000). *Биохимия мышечной деятельности*. Киев: Олимпийская литература.
- Меерсон, Ф. Э. (1986). Основные закономерности индивидуальной адаптации. В кн. *Физиология адаптационных процессов*. Москва. С. 10—76.
- Платонов, В. Н. (1988). *Адаптация в спорте*. Киев.
- Платонов, В. Н. (2004). *Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте*. Киев.

KEY FEATURES OF PHYSICAL DEVELOPMENT, PHYSICAL AND FUNCTIONAL CAPACITY OF ELITE FEMALE CYCLISTS OF DIFFERENT SPECIALISATION

Rūta Dadelienė, Kazys Milašius, Linas Tubelis, Juozas Skernevičius
Vilnius Pedagogical University, Vilnius, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the study was to reveal the most characteristic features of physical development, physical and functional capacity of elite female cyclists who have achieved high results in different cycling events.

In the training cycle of 2006 / 2007 four female candidates for Lithuanian Olympic Team training according to the programme 'Pekinas-2008' (Beijing-2008) were researched. Athlete A was a sprinter, who achieved high results in the events of World Championships and Olympic Games, where winning is conditioned by anaerobic alactatic capacity during the period of 10—15 seconds. Athlete B demonstrated high performance in different Stages of World Cup and BMX World Championships. The duration of the

event was 30—50 seconds and alactatic-glycolytic reactions prevailed in the process of energy generation. Athlete C trained for and competed in a number of Stages of World Cup, won a prize place in World Youth Championship and became the winner of a 3 km pursuit race of World Cup. The duration of the event was 3.5—4 minutes and the process of energy generation was based on mixed anaerobic and aerobic reactions. Athlete D was a winner of international road races, a world champion and a prize woman. The competition event lasted from 1 to 4 hours with aerobic reactions prevailing in energy generation.

The key indices determining physical development, muscle and fat mass as well as muscle and fat mass index were assessed. The following types of muscle performance power at different zones of energy generation were measured: single muscular contraction power (SMCP), anaerobic alactatic muscular power (AAMP) (gradual ergometry), special anaerobic alactatic power (10-second maximum intensity veloergometric test) and mixed anaerobic alactatic glycolytic power (30-second Wingate test). The concentration of lactate was assessed after this test. During this research the functional capacity of circulatory system, simple psychomotor reaction time and frequency of motions in 10 seconds were measured as well. The tests were conducted applying methodologies described by J. Skernevičius et al. (2004).

The results of the research revealed that the cyclists, whose competitive activities lasted shorter than 4 min, gained an increased muscle mass, which enabled an accumulation of huge volume of energy substances as well as ferments facilitating their assimilation. Therefore, the development of the mass of muscles for such work regime is considered to be a precondition for high-performance achievements.

Though the research in the jump height, SMCP, AAMP, 10-second and 30-second special power of elite high performance female cyclists with different competitive activity duration and anaerobic reactions prevailing in it did not reveal any significant difference, the functional indices of circulatory system of female cyclists, whose competitive activities lasted about 3 min 40 sec under influence of aerobic reactions, were considerably better.

The elite female cyclist whose energy generation during competitive activity was based on aerobic reaction, gained a relatively small muscle mass, muscular power during short-time work was low but functional capacity indices of her circulatory system were extremely high and it may serve as model characteristics for training high performance female cyclists. The data acquired may be also of use for training female athletes of other sports, whose competitive activity is based on aerobic reaction in the process of energy generation.

Keywords: cycling, physical development, physical and functional capacity, competitive activities

Gauta 2008 m. kovo 5 d.
Received on March 5, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Rūta Dadelienė
Vilniaus pedagoginis universitetas
(Vilnius Pedagogical University)
Studentų g. 39, LT-06316 Vilnius
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 688 02873
E-mail ruta.dadeliene@vpu.lt

THE INFLUENCE OF COORDINATION TRAINING ON THE INDEX LEVEL OF COORDINATION MOTOR ABILITIES IN GRECO-ROMAN WRESTLERS AGED 13—14

Dariusz Gierczuk, Jerzy Sadowski

Józef Piłsudski Academy of Physical Education in Warsaw, Warsaw, Poland

Dariusz Gierczuk. PhD in Social Sciences, Physical education. Research worker of Sport Theory Research Institute in the Faculty of Physical Education in Białą Podlaską. Research interests — sport training optimization in wrestling, especially concerning the control and development of movement coordination abilities.

ABSTRACT

Wrestling belongs to the group of sports disciplines with complex movement activities in which an essential role is played by coordination motor abilities (CMA). A high level of coordination improvement since the earliest years positively influences the process of learning new movements as well as enables to make a more effective use of technical and tactical skills during a sports fight. Therefore, the formation of coordination abilities since the earliest years is the condition of training young wrestlers effectively.

The aim of this study was to show the influence of coordination training on the changes in coordination motor abilities (CMA) in Greco-Roman wrestlers aged 13—14.

Boys practising Greco-Roman wrestling ($n = 32$) in the Student Sports Club UKS “Dwójka” in Radom took part in the research. They were divided into two groups that were at the same sports level: the experimental one ($n = 16$) and the control one ($n = 16$). As for those groups, no significant differences concerning somatic features (body mass, height and slenderness indices) were noticed at the beginning and at the end of the experiment, which excluded the influence of puberty on the obtained experiment results.

Seven CMA (kinesthetic differentiation, rhythmization, time-space orientation, movement combining, motor adjustment, speed of reaction, balance) were evaluated on the basis of 14 indices. For that reason sports-motor tests of various authors were applied. The tests were first checked in the context of reliability and accuracy.

The basic research method was a six-month pedagogical experiment. It involved implementing a larger number of means of different coordination complexity (low, medium, high) in the training of the experimental group. The control group took part only in the classical wrestling training. The experiment included 84 training sessions. The applied means equally influenced all examined coordination abilities. The total volume of such exercises in the whole experiment was 180 minutes per each examined ability. Moreover, special coordination exercises in the form of circuit training as well as coordination wrestling games and plays were applied once a week. The total work volume in both groups was the same.

It was observed that sportsmen undergoing coordination training obtained higher values of the examined indices of CMA than those from the control group ($p < 0.05$). The highest significant increase was noted in the case of rhythmization, maintaining body balance and motor adjustment. The increase ranged from 12.6% to 27.5%. The lowest increase was noticed in the case of movement combining, kinesthetic differentiation and time-space orientation. In this case the increase ranged between 4.7% and 7.3%. Statistically significant differences in CMA between the experimental and the control group were observed after the experiment ($p < 0.05$).

The obtained research results make it possible to draw the following conclusions:

- 1. The increase in the volume of varied complexity coordination exercises in the training of wrestlers contributed to a considerable improvement in the level of CMA, i. e. by 11.4% on average, whereas in the group performing traditional training the improvement was only by 3%.*
- 2. The gain score of coordination abilities in wrestlers aged 13—14 was the biggest in the case of the following CMA: rhythmization (19.1%), body balance (17.3%), motor adjustment (15.1%) and speed of reaction (11.3%). The smallest gain score was noticed in movement combining (4.7%), kinesthetic differentiation (4.9%) and time-space orientation (7.1%).*
- 3. After the experiment there occurred significant differences in the level of most indices of CMA in the experimental and control group, which shows that there may exist considerable reserves in the area of CMA. Autonomous coordination training ought to become an essential part of the process of training in wrestling.*

Keywords: *Greco-Roman wrestling, coordination training, coordination motor abilities.*

INTRODUCTION

Coordination motor abilities (CMA) are particularly important at initial stages of the sports development of a competitor (Zimmermann, Nicklisch, 1981; Raczek, 1989;

Ljach, 1995; Raczek et al., 2002). A high level of coordination improvement since the earliest years makes it possible to make use of technical and tactical skills during a sports competition in

an effective way (Szczepanik, 1993; Ljach, 1995; Sadowski, 2003; Starosta, 2003; Gierczuk, 2004). A well-formed basis of CMA in young sportsmen is maintained at a later age and is an important reason for faster and more accurate teaching of other, more difficult movement tasks (Raczek et al., 2002). A stressed formation of CMA since the earliest years in such a complex sports discipline as wrestling is an absolute must.

The aim of the study was to evaluate the influence of a 6-month coordination training of CMA in Greco-Roman wrestlers aged 13–14.

MATERIAL AND METHODS

The study was performed on 32 young boys practising Greco-Roman wrestling in the Student Sports Club UKS “Dwójka” in Radom, where they had been training on average for 6 hours per week for the past 1.5 years. They were 13–14 years old ($M = 13.6$; $SD = 0.51$).

The subjects were randomly assigned to one of the two groups: the experimental one ($n = 16$) and the control one ($n = 16$). In each group there were wrestlers at a similar level of sports advancement which was identified on the basis of two criteria: a rank evaluation of technical — coordination preparation made by the coach, and a total rank evaluation of coordination preparation of wrestlers obtained on the basis of sports-motor tests. The wrestlers were also assessed with regard to somatic features (body mass, height and slenderness indices). This assessment took place at the beginning and at the end of the experiment. The two groups were equal at the beginning of the study.

Seven CMA were assessed on the basis of 14 indices. It was done with the use of sports-motor tests elaborated by various authors (Mynarski, 2000; Raczek et al., 2002) and by the authors of this study (Sadowski et al., 2003). The tests had been checked with regard to reliability and accuracy (Sadowski et al., 2003).

Kinesthetic differentiation was evaluated on the basis of “long jump performed at 50% of maximal capabilities”. Rhythmization was assessed with the help of performing and differentiating the rhythm of “the exercise of 5 cycles” as well as performing and differentiating the rhythm of “rhythmic jumps on Johnson—Matheny board”. Time-space orientation was evaluated with “aimed jumps” and “the run towards colourful balls”. Movement combining was assessed with “the movement of a gymnastic baton” and “standing

long jump with and without swings”. Body balance was measured with “standing with calves raised” and “turns on an inverted gymnastic bench”. Speed of reaction was evaluated with “grabbing Ditrich’s stick”, whereas motor adjustment was assessed on the basis of “standing long jump forwards and backwards” as well as “the run forwards and backwards 3×10 m”.

The basic research method was a pedagogical experiment (pre-test — post-test randomized groups design) which lasted for six months. A special coordination programme was an independent variable. This programme was carried out by the subjects from the experimental group, and not by those from the control group. In the first part of the experiment (three months) low complexity coordination exercises were applied. According to experts, the complexity of implemented exercises was equal to 1–2 points at a five-point scale. The exercises, the complexity of which was equal to 3–5 points at the scale were used during the second part of the experiment (the next three months). Both parts of experiments included 84 training sessions (3 sessions per week).

In the introductory part of a training session the wrestlers performed special coordination exercises. The total volume of such exercises in the whole experiment was 180 minutes per each examined ability. During the first training session the development of body balance and rhythmization were emphasized. During the second session an emphasis was laid on the speed of reaction and time-space orientation, whereas the third one involved kinesthetic differentiation, motor adjustment and movement combining. Moreover, once a week special coordination programme in the form of a circuit training as well as wrestling games and plays of coordination character were implemented. The circuit consisted of seven stages. Only special means that equally influenced all examined coordination abilities were applied. At every stage there were six stands designed to work on particular coordination abilities (12 minutes per each one). The coordination complexity of exercises in the circuit increased at the following stations. The duration of games and plays in training sessions was between 30 and 45 minutes. The volume of training work was equal in both groups.

The data obtained were processed applying basic statistical methods. Arithmetic means (M), standard deviation (SD) and variability index (V) were calculated. To describe the significance of differences between results before and after the ex-

periment, the t-Student test for dependent and independent groups was used. The level of $p < 0.05$ was considered significant.

RESULTS

Changes concerning the level of CMA in wrestlers of both experimental and control group are presented in Table 1.

Drawing on the data collected, it may be inferred that in the experimental group there occurred a differential and in most cases statistically significant increase in the level of CMA indices. Out of fourteen examined indices, the increase at the level of $p < 0.01$ was noticed in twelve cases and it was between 27.5% and 4.7%, whereas at the level of $p < 0.05$ it reached the value of 16.1% (Fig. 1).

The biggest improvement was observed in tests examining rhythmization, i.e. in the index “the exercise of five cycles” — imitating the rhythm (0.11 s), “rhythmic jumps on Johnson — Matheny board” — differentiating the rhythm (0.09 s), in the tests examining body balance, both static — “standing with calves raised” (2.2 s), and dynamic — “turns on an inverted gymnastic bench” (0.68 n) as well as in the indices evaluating motor adjustment, i. e. “standing long jump forwards and backwards” (8.8%) and “the run forwards and backwards 3×10 m” (9.8%).

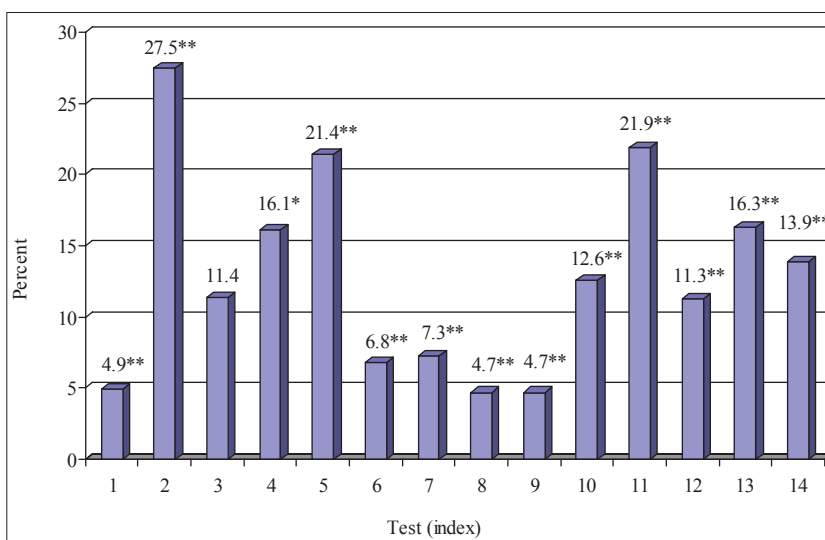
The lowest increase in the level of CMA was noted in the case of movement combining, in the test of “the movement of a gymnastic baton” (0.67 s) and “standing long jump with and without a swing” (3.6%). A low increase (3.5%) was also noticed in

Table 1. Changes in the level of CMA in Greco-Roman wrestlers aged 13—14 after the pedagogical experiment

COORDINATION ABILITY Test (index)	Measurement unit	Experimental group (n = 16)							Control group (n = 16)						
		Pre-test			Post-test			differences	Pre-test			Post-test			differences
		M	SD	V	M	SD	V		M	SD	V	M	SD	V	
<i>Kinesthetic differentiation</i>															
1. Standing long jump at 50% of maximal capabilities	%	69.8	1.76	2.5	73.3	1.69	2.3	3.5**	70.4	2.2	3.1	71.8	2.37	3.3	1.4**
<i>Rhythmization</i>															
2. Test of 5 cycles — rhythm imitation	s	0.4	0.14	35.0	0.29	0.11	37.9	0.11**	0.43	0.19	44.2	0.39	0.15	38.5	0.04
3. Test of 5 cycles — rhythm differentiation	s	0.35	0.1	28.6	0.31	0.08	25.8	0.04	0.39	0.14	35.9	0.36	0.11	30.6	0.03
4. Rhythmic jumps on Johnson—Matheny board — rhythm imitation	s	0.31	0.07	22.6	0.26	0.1	38.5	0.05*	0.46	0.15	32.6	0.44	0.17	38.6	0.02
5. Rhythmic jumps on Johnson—Matheny board — rhythm differentiation	s	0.42	0.11	26.2	0.33	0.11	33.3	0.09**	0.44	0.14	31.8	0.41	0.15	36.6	0.03
<i>Time-space orientation</i>															
6. Aimed jumps	%	78.8	3.51	4.5	84.2	3.04	3.6	5.4**	79.8	3.64	4.6	81.1	4.75	5.9	1.3
7. Run towards colorful balls	s	14.06	0.92	6.5	13.03	0.27	2.1	1.03**	15.34	1.19	7.8	15.19	0.98	6.5	0.15
<i>Movement combining</i>															
8. Movement of a gymnastic baton	s	14.34	0.57	3.0	13.67	0.96	7.0	0.67**	14.54	0.77	5.3	14.44	0.64	4.4	0.1
9. Standing long jump with and without a swing	%	76.0	1.9	2.5	79.6	2.12	2.7	3.6**	77.1	2.55	3.3	77.9	2.03	2.6	0.8
<i>Body balance</i>															
10. Turns on an inverted gymnastic bench	n	5.38	0.7	13.0	6.06	0.83	13.7	0.68**	5.19	0.85	16.4	5.22	0.63	12.1	0.03
11. Standing with calves raised	s	10.06	1.71	17.0	12.26	1.94	15.8	2.2**	11.37	2.22	19.5	11.52	2.19	19.0	−0.15
<i>Speed of reaction</i>															
12. Grabbing Ditrich's stick	cm	18.07	2.37	13.1	16.03	1.26	7.8	2.04**	17.89	2.04	11.4	17.34	1.64	9.5	0.55*
13. Standing long jump forwards and backwards	%	54.1	1.29	2.4	62.9	2.09	3.3	8.8**	55.8	5.07	9.1	58.6	5.62	9.6	2.8**
14. Run forwards and backwards 3×10 m	%	71.1	1.95	2.7	80.9	2.08	2.6	9.8**	69.9	2.33	3.3	73.1	3.42	4.7	3.2**

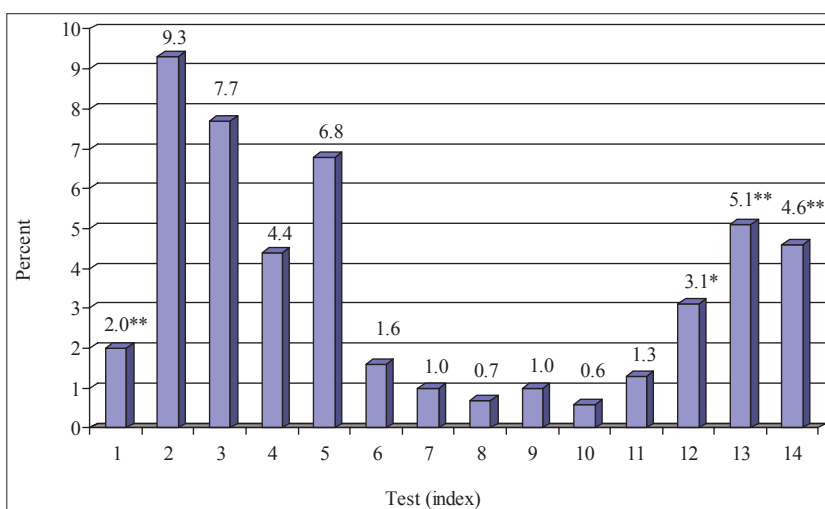
Note: * — statistically significant difference $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$.

Fig. 1. The increase in the level of CMA in the experimental group in Greco-Roman wrestlers after the experiment



Note: * — statistically significant difference $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$.

Fig. 2. The increase in the level of CMA in the control group in Greco-Roman wrestlers after the experiment



Note: * — statistically significant difference $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$.

the index evaluating kinesthetic differentiation, i.e. in “long jump performed at 50% of maximal capabilities”. A relatively low increase in relation to other CMA was also observed in the tests assessing time-space orientation, where in “aimed jumps” the improvement value reached 5.4%, and in “the run towards colorful balls” it was 1.03 s (Table 1).

In the case of “the exercise of 5 cycles” test — rhythm differentiation, the improvement (0.04 s) turned out to be statistically insignificant ($p > 0.05$).

In the control group four significant increases were observed. They were noticed in both tests for motor adjustment, i. e. “standing long jump forwards and backwards” (2.8%) and “the run forwards and backwards 3×10 m” (3.2%), as well as in the test assessing kinesthetic differentiation — “long jump performed at 50% of maximal capabilities” (1.4%) and in “grabbing Ditrich’s stick” (0.55 cm) which measures speed of reaction. In the remaining tests the increase was not statistically significant ($p > 0.05$) (Table 1).

As for the tests, an average increase obtained in the following results was expressed by means of

absolute values (%) in the experimental group: kinesthetic differentiation — 4.9%; rhythmization — 19.1%; time-space orientation — 7.1%; movement combining — 4.7%; body balance — 17.3%; speed of reaction — 11.3% and motor adjustment — 15.1% (fig. 1). In the control group the values reached the following levels: 2%; 7.1%; 1.3%; 0.8%; 1%; 3.1% and 4.9% (Fig. 2).

As we can see in Figure 1, an increased identical volume of exercises forming CMA led to a diversified growth. Rhythmization, balance and motor adjustment were most susceptible to a special coordination training, whereas movement combining, kinesthetic differentiation and time-space orientation were the least prone.

Average increase differences between the experimental group and the control groups after the experiment produced the following values: balance — 16.3%; rhythmization — 12.1%; motor adjustment — 10.3%; speed of reaction — 8.2%; time-space orientation — 5.8%; movement combining — 3.9%; kinesthetic differentiation — 2.9%.

COORDINATION ABILITY Test (index)	Measurement unit	Wrestlers aged 13—14	
		Pre-test	Post-test
Kinesthetic differentiation			
1. Standing long jump at 50% of maximal capabilities	%	0.6	1.5
Rhythmization			
2. Test of 5 cycles — rhythm imitation	s	0.03	0.1*
3. Test of 5 cycles — rhythm differentiation	s	0.04	0.05
4. Rhythmic jumps on Johnson — Matheny board — rhythm imitation	s	0.15*	0.28**
5. Rhythmic jumps on Johnson — Matheny board — rhythm differentiation	s	0.02	0.08
Time-space orientation			
6. Aimed jumps	%	1	3.1*
7. Run towards colourful balls	s	1.28**	2.16**
Movement combining			
8. Movement of a gymnastic baton	s	0.2	0.77*
9. Standing long jump with and without a swing	%	1.1	1.7**
Body balance			
10. Turns on an inverted gymnastic bench	n	0.19	0.84*
11. Standing with calves raised	s	1.31*	0.74**
Speed of reaction			
12. Grabbing Ditrich's stick	cm	0.18	1.31*
Motor adjustment			
13. Standing long jump forwards and backwards	%	1.7	4.3**
14. Run forwards and backwards 3 × 10 m	%	1.2	7.8**

Table 2. Differences in the level of CMA between the experimental and control group in wrestlers aged 13—14 before and after the pedagogical experiment

Note: * — statistically significant difference $p < 0.05$; ** — $p < 0.01$.

Summing up, it ought to be mentioned that in the experimental group the increase in CMA was 11.4% on average, whereas in the control group it was 3% ($p < 0.05$).

The data concerning group differences in wrestlers aged 13—14 before and after the pedagogical experiment were presented in Table 2.

The differences between the experimental group and the control group before introducing special coordination programme were in most cases statistically insignificant. The only exception occurred in “the run towards colorful balls”, where the difference was 1.28 s ($p < 0.01$), in imitating the rhythm of “rhythmic jumps on Johnson — Matheny board”, where the difference was 0.15 s ($p < 0.05$) and in “standing with calves raised”, where the difference was 1.31 s ($p < 0.05$).

As for the differences concerning the increase in CMA between both groups of wrestlers, in most cases they turned out to be statistically significant for the benefit of those who took part in a special coordination programme. It led to the occurrence of significant differences between the means of both groups. After applying the special coordination programme, statistically significant differences appeared in ten indices, including four at the level of

significance $p < 0.05$, i. e. in the rhythm imitation of “the test of 5 cycles” (0.1 s), in “aimed jumps” (3.1%), “the movement of a gymnastic baton” (0.77 s), “grabbing Ditrich's stick” (1.31 cm) and in six tests at the level of $p < 0.01$, i. e. “standing long jump forwards and backwards” (4.3%), “the run forwards and backwards 3 × 10 m” (7.8%), in rhythm imitation of “rhythmic jumps on Johnson — Matheny board” (0.28 s), “the run towards colourful balls” (2.16 s), “standing long jump with and without a swing” (1.7%) and in “standing with calves raised” (0.74 s).

DISCUSSION

The experiment and result analysis confirmed that special coordination training positively influenced the examined CMA. The results obtained are consistent with the data of many authors examining the effectiveness of special coordination preparation training (Starosta et al., 1983; Raczek, 1989; Szczepanik, 1993; Ljach, 1995; Raczek et al., 2002; Sadowski, 2003; Starosta, 2003). They point to the importance of oriented coordination training in the system of training wrestlers.

It was confirmed that coordination complexity of exercises influences the dynamics of an increase

in CMA. Wrestlers from the experimental group improved their CMA more than competitors from the control group. It was also noticed that more considerable complexity of coordination exercises led to a differentiated increase in CMA. The highest adaptability concerning oriented coordination stimulation was noticeable in rhythmization, balance and motor adjustment, whereas movement combining, kinesthetic differentiation and time-space orientation were less adaptable.

There may be many reasons for this difference. For instance, strong genetic conditioning of particular CMA could be one of the causes (Szopa et al., 1985; Mleczko, 1991; Raczek et al., 2002). Taking into consideration the importance of genetic factors in the susceptibility of CMA to training, the literature data are not unequivocal (Szopa et al., 1985; Mleczko, 1991; Raczek et al., 2002). Because of that, the results obtained may only be partly consistent with the data of other authors (Szopa et al., 1985; Mleczko, 1991).

Among wrestlers there also exists a considerable individual differentiation, which may be borne out by a high value of variability coefficient. Individual differentiation revealed in the research may probably be treated as potential reserves which could be used in the following stages of training.

The experiment results prove that special coordination training ought to be an integral part of a

training process. Coordination preparation training, often called coordination training, should have its own autonomic aims and tasks that follow general training aims in many sports disciplines, particularly in those of a complex movement structure.

The obtained research results make it possible to draw the following conclusions:

1. The increase in the volume of varied complexity coordination exercises in the training of wrestlers contributed to a considerable improvement in the level of CMA, i. e. by 11.4% on average, whereas in the group performing traditional training the improvement was only by 3%.
2. The gain score of coordination abilities in wrestlers aged 13—14 was the biggest in the case of the following CMA: rhythmization (19.1%), body balance (17.3%), motor adjustment (15.1%) and speed of reaction (11.3%). The smallest gain score was noticed in movement combining (4.7%), kinesthetic differentiation (4.9%) and time-space orientation (7.1%).
3. After the experiment there occurred significant differences in the level of most indices of CMA in the experimental and control group, which shows there may exist considerable reserves in the area of CMA. Autonomous coordination training ought to become an essential part of the process of training in wrestling.

REFERENCES

- Gierczuk, D. (2004). *Trening koordynacyjny jako czynnik optymalizujący szkolenie zapaśników na etapie ukierekowanym i specjalnym: doctoral thesis*. Kraków: Academy of Physical Education.
- Ljach, W. I. (1995). *Miejsce ogólnego i specjalnego przygotowania koordynacyjnego w treningu sportowym dzieci i młodzieży. Aktualne problemy sportu dzieci młodzieży: Scientific materials*. Warszawa.
- Mleczko, E. (1991). *Przebieg i uwarunkowania rozwoju funkcjonalnego dzieci krakowskich między 7 a 14 rokiem życia*. Kraków: Monographic Publishing Houses, Academy of Physical Education. P. 44.
- Mynarski, W. (2000). *Struktura wewnętrzna zdolności motorycznych dzieci i młodzieży w wieku 8—18 lat: Studies of human coordination*. Katowice: Academy of Physical Education. P. 2.
- Raczek, J., Mynarski W., Ljach, W. I. (2002). *Kształtowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych: Studies of human motority*. Katowice: Academy of Physical Education. P. 4.
- Raczek, J. (1989). *Rola koordynacyjnych zdolności motorycznych w procesie nauczania sportowych umiejętności u dzieci i młodzieży*. Wrocław: Academy of Physical Education. 50, P. 21—27.
- Sadowski, E. (2003). *Osnovy trenirovki koordinacionnyh sposobnostej v vostočnyh edinoborstvah*. Biała Podlaska: Faculty of Physical Education.
- Sadowski, J., Gierczuk D., Ljach W. I. (2003). *Rzetelność i informatywność diagnostyczna testów sportowo-motorycznych służących do oceny koordynacyjnych zdolności motorycznych w zapasach*. Biała Podlaska: Faculty of Physical Education. X, P. 235—248.
- Starosta, W., Głaz, A., Tracewski, J. (1983). *Zmienność wybranych wskaźników zwinności (koordynacji) u młodych zapaśników w szkoleniu sportowym: Research workshops*. Warszawa: Academy of Physical Education.
- Starosta, W. (2003). *Motoryczne zdolności koordynacyjne (Coordination motor abilities)*, Warsaw: International Association of Sport Kinetics, Sports Institute.
- Szczepanik, M. (1993). Wpływ treningu koordynacyjnego na szybkość uczenia się techniki ruchu u młodych siatkarzy. *Professional Sport*, 3—4, 41—51.
- Szopa, J., Mleczko, E., Cempela, J. (1985). *Zmienność oraz genetyczne i środowiskowe uwarunkowania podstawowych cech psychomotorycznych fizjologicznych w populacji wielkomiejskiej przedziale wieku 7—62 lat: Monography*. Kraków: Academy of Physical Education. P. 25.
- Zimmermann, K., Nicklisch, R. (1981). Die Ausbildung koordinativer Fähigkeiten und ihre Bedeutung für die technische bzw. technisch-taktische: Leistungsfähigkeiten der Sportler. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 10.

KOORDINACIJOS LAVINIMO POVEIKIS 13—14 METŲ GRAIKŲ-ROMĖNŲ IMTYNININKŲ KOORDINACINIŲ MOTORINIŲ GEBĖJIMŲ RODIKLIAMS

Dariusz Gierczuk, Jerzy Sadowski

Varšuvos Jozefo Piłsudskiego kūno kultūros akademija, Varšuva, Lenkija

SANTRAUKA

Imtynės — sudėtingų judesių sporto šaka, ir čia labai svarbūs motoriniai gebėjimai (KMG). Ryškus koordinacijos pagerėjimas nuo pirmų treniruočių metų teigiamai veikia naujų judesių mokymąsi, leidžia geriau panaudoti techninius ir taktinius įgūdžius sportinėje kovoje. Dėl to koordinacinių gebėjimų ugdymas nuo pirmų treniruočių metų yra būtina jaunųjų imtynininkų treniravimosi sąlyga.

Tyrimo tikslas — parodyti, kaip koordinacijos lavinimas veikia 13—14 metų graikų-romėnų imtynininkų koordinacinių motorinių gebėjimų pokyčius.

Tiriamieji — atsitiktinai atrinkti 13—14 metų graikų-romėnų imtynininkai ($n = 32$), besitreneruojantys studentų sporto klube UKS „Dwoika“. Jie buvo padalyti į dvi tokio paties sportinio lygio grupes: eksperimentinę ($n = 16$) ir kontrolinę ($n = 16$). Berniukų somatiniai rodikliai (kūno masė, ūgis, lieknumas) šiose grupėse reikšmingai nesiskyrė nei eksperimento pradžioje, nei pabaigoje, dėl to galima buvo atmesti lytinės brandos poveikį eksperimento rezultatams.

14 rodiklių buvo vertinta 7 KMG (kinestetinė diferenciacija, orientacija laike ir erdvėje, judesių jungimas, motorinis prisiderinimas, reakcijos greitis ir pusiausvyra). Tuo tikslu buvo naudojami įvairių autorių parengti sportiniai motoriniai testai. Pirmiausia patikrinome šių testų patikimumą ir tikslumą.

Pagrindinis tyrimo metodas — šešių mėnesių trukmės pedagoginis eksperimentas. Jo metu eksperimentinėje grupėje buvo taikoma daug įvairaus sudėtingumo (mažo, vidutinio ir didelio) koordinacijos lavinimo priemonių. Kontrolinė grupė buvo treniruojama tik klasikiais metodais. Eksperimentui skirtos 84 treniruotės. Taikomos priemonės vienodai lavino visas tiriamas koordinacijos savybes. Bendra tokių pratimų suma viso eksperimento metu — 180 minučių, skirtų kiekvienai tiriamai savybei lavinti. Be to, kartą per savaitę buvo taikomi grandininiai koordinacijos pratimai ir koordinaciniai imtynių žaidimai. Bendras darbo krūvis abiejose grupėse buvo vienodas.

Pastebėta, kad tiriami KMG rodikliai eksperimentinėje grupėje buvo didesni, lyginant su kontroline grupe ($p < 0,05$). Reikšmingiausias padidėjimas (nuo 12,6 iki 27,5%) pastebėtas tiriant ritmiškumą, pusiausvyros išlaikymą ir motorinį prisiderinimą. Mažiausiai pakito judesių jungimas, kinestetinė diferenciacija ir orientacija laike bei erdvėje (nuo 4,7 iki 7,3%). Po eksperimento eksperimentinės ir kontrolinės grupių KMG rodikliai skyrėsi statistiškai patikimai ($p < 0,05$).

Tyrimo rezultatai leidžia daryti šias išvadas:

1. Daugiau įvairaus sudėtingumo koordinacijos pratimų per treniruotes reikšmingai pagerino imtynininkų KMG rodiklius (vidutiniškai 11,4%), o per tradicines treniruotes šie rodikliai pagerėjo tik 3%.

2. Labiausiai pagerėjo šie 13—14 metų imtynininkų KMG rodikliai: ritmiškumas (19,1%), kūno pusiausvyra (17,3%), motorinis prisiderinimas (15,1%) ir reakcijos greitis (11,3%). Mažiausias pagerėjimas pastebėtas šių rodiklių: judesių jungimo (4,7%), kinestetinės diferenciacijos (4,9%) ir orientacijoje laike bei erdvėje (7,1%).

3. Reikšmingas eksperimentinės ir kontrolinės grupės KMG rodiklių skirtumas rodo, kad yra dar daug lavinimo koordinacijos rezervų. Autonominis koordinacijos ugdymas turėtų būti svarbiausia imtynių treniruočių dalimi.

Raktažodžiai: graikų-romėnų imtynės, koordinacijos lavinimas, koordinaciniai motoriniai gebėjimai.

CORTISOL, STRESS AND ADAPTATION DURING EXERCISE TRAINING

Antony C. Hackney, Claudio Battaglini, Elizabeth S. Evans

University of North Carolina, USA

Anthony C. Hackney. PhD in Biomedical Sciences. Director of Applied Physiology Laboratory, Department of Exercise and Sport Science, Department of Nutrition, School of Public Health, University of North Carolina, USA. Research interests — adaptation of endocrine system to physical loads.

ABSTRACT

Cortisol is a corticosteroid hormone produced by the zona fasciculata of the adrenal cortex in the adrenal gland. It plays vital roles in the body's defense mechanisms when dealing with stress, as well as being important in blood glucose regulation. Regrettably, misconceptions regarding the actions of this hormone have been created around the sports and exercise arena. For example, cortisol most often is viewed as having a counter-productive role in exercise that can lead to a mal-adaptation to the exercise training process, due to the catabolic nature of this hormone with respect to protein turnover. Therefore, the intent of this article is to present an overview and to offer commentary on the necessary and critically important functions of cortisol during exercise, and in the adaptation process associated with exercise training. This is being done to specifically correct several of the misconceptions and misunderstandings that are portrayed within some literature (in particular on the Internet) regarding endocrine responses to exercise and exercise training.

Keywords: Endocrine, hormones, glucocorticoids, sports.

INTRODUCTION

Stress has been a topic of study for over 100 years. It is well accepted that the paramount early leader in such study was Hans Selye. Classic observations and studies by Selye during the early part of the last century lead to the development of the “General Adaptation Syndrome” theory of stress response (Selye, 1950). This theory proposes an intimate involvement of the adrenal gland, specifically the cortex, in the adaptation and mal-adaptation process to all forms of stress. Exercise and the exercise training process are classified as a stress to the human body (Hackney, 2006). Specifically, for sedentary individuals, exercise is a distress (negative), but as the body accommodates and adapts, exercise transitions to a

eustress (positive) (Selye, 1950; Viru, 1976; Hackney, 2006). Selye viewed the adrenal cortex response (i. e., in humans the primary adrenal cortex hormone is the glucocorticoid cortisol) as critical to the positive adaptation to stress. Regrettably, in recent years some researchers in the exercise sciences, as well as some sports enthusiasts, have proposed that cortisol has a counter-productive role in exercise and can lead to a mal-adaptation to the exercise training process, due to the catabolic nature of this hormone with respect to protein turnover (Dohm, 1986). Most certainly cortisol has catabolic actions in the human body; however, in many respects these actions can be beneficial and productive in the response to the stress of exercise

and exercise training (Viru A., Viru M., 2004). The view by some exercise specialists that increases in cortisol can lead to a predominance of catabolism in the body which results in undesirable aspects within the adaptation of athletes in sports training is an over-simplification of the hormonal roles-actions of cortisol. This simplified and incomplete notion regarding the role-action of cortisol during exercise training has even resulted in the development of nutritional-pharmaceutical supplements and dietary strategies which attempt to suppress cortisol levels at rest and in response to exercise (Duclos et al., 2007; Viru A., Viru M., 2001, 2004). Such actions may in fact actually compromise the ability of select physiological systems to respond and adapt to the stress of exercise.

A. Viru and M. Viru (2004) report that this misconception of the role of cortisol seems rooted in the research focusing upon the testosterone/cortisol ratio and how it changes in response to exercise training. In the 1980s, Adlercreutz and associates were the first to focus attention on the testosterone/cortisol ratio, proposing its use as an indication of excessive stress in athletes during their training (Adlercreutz et al., 1986). These authors actually suggested the use of the ratio based upon free testosterone, not total testosterone, to cortisol. This latter fact seems to have been lost to some researchers who have calculated the ratio using the alternative testosterone value (Kuipers, Keizer, 1988; Viru A., Viru M., 2001, 2004). Adlercreutz proposed that a free testosterone/cortisol ratio relative decrease of more than 30% (or an absolute decrease to the $0.35 \cdot 10^{-3}$ level or below) would be critical. Changes of this magnitude were projected as reflective of an extreme imbalance in the anabolic (represented hormonally by testosterone levels) and catabolic status of the body due to an excessive stress level from exercise training. Interestingly, Adlercreutz et al. were studying “overreaching training”, and not “overtraining” per se but the use of the ratio has been extensively applied with respect to the latter form. For an excellent discussion on the distinction between overreaching training and overtraining, the reader is directed to the review article by H. Kuipers and H. A. Kiezer (1988).

The intent of this article is to present an overview and to offer commentary on the necessary and critically important functions of cortisol in exercise, and in the adaptation process associated with exercise training. This is being done to specifically correct several of the misconceptions

and misunderstandings that are portrayed within some literature (in particular on the Internet) regarding endocrine responses to exercise and exercise training. For the purpose of organization, this manuscript has been structured into four sections: (a) explanation of the physiological actions of cortisol; (b) brief overview of the cortisol response during exercise; (c) essential aspects of the cortisol response to exercise at rest-recovery, during exercise; and (d) excessive responses and exercise.

PHYSIOLOGICAL ACTIONS OF CORTISOL

The hormone cortisol is a steroid hormone (IUPAC systematic name; 11, 17, 21-trihydroxy-(11-beta)-pregn-4-ene-3, 20-dione [*IUPAC website*, 2008]) produced by the zona fasciculata of the adrenal cortex in the adrenal gland. It is one of the hormones that are referred to as a glucocorticoid. In humans the other glucocorticoid produced is corticosterone, which is relatively weak in its actions. The name glucocorticoid derives from early research interpretations that these hormones were involved primarily with glucose metabolism. Cortisol plays such a role physiologically by stimulating several processes that are instrumental to increasing and / or maintaining blood glucose (i. e., euglycemia) (Bender, 1993; Brooks et al., 2005; Tortora, Derrickson, 2006). These processes include:

- Stimulation of gluconeogenesis particularly in hepatic tissue. This pathway results in the synthesis of glucose from non-carbohydrate substrates such as amino acids and glycerol from triglyceride breakdown.
- Enhancing the expression of enzymes involved in the gluconeogenesis pathway is a key metabolic function of glucocorticoids.
- Mobilization of amino acids from extra-hepatic tissues: These serve as substrates for gluconeogenesis (see later discussion on the free amino acid pool).
- Inhibition of glucose uptake in muscle and adipocytes as a glucose and glycogen sparing action.
- Stimulation of lipolysis in adipocytes. The hydrolysis of triglycerides and the resulting fatty acid release provide substrate for the production of energy via the Beta-oxidation pathway in tissues like muscle. Again, this provides a means by which to reduce and spare glucose utilization.

Glucocorticoids are also known to be potent anti-inflammatory and immunosuppressive agents. These actions, however, are typically far more robust in effect when glucocorticoids are administered at pharmacological dosage levels, as opposed to the levels seen in the normal physiologic range (Tortora, Derrickson, 2006). As a consequence, glucocorticoids are widely used as drugs to treat inflammatory conditions such as arthritis and dermatitis, and as an adjuvant therapy for autoimmune diseases. Excessive glucocorticoid levels resulting from either endogenous or exogenous sources have effects on many physiological systems; including inhibition of bone formation, suppression of calcium absorption, delayed wound healing, muscle weakness, increased risk of infection, and negative psycho-neurological impacts (Tortora, Derrickson, 2006; Duclos et al., 2007).

The regulation of cortisol (and other glucocorticoid) levels in the blood involves a straight-forward negative feedback-based system. In response to a stimulus (e.g., stress, such as hypoglycemia), the hypothalamus secretes corticotropin releasing hormone (CRH). In turn, CRH stimulates the release of adrenocorticotrophic hormone (ACTH) from the anterior pituitary, which stimulates the release of cortisol from the adrenal cortex (Tortora, Derrickson, 2006). Elevated circulating cortisol levels signal the anterior pituitary to decrease ACTH secretion. Conversely, increased levels of ACTH and/or cortisol can also signal the hypothalamus to decrease CRH secretion. This interconnected feedback loop of regulation is referred to as the hypothalamic-pituitary-adrenocortical (HPA) axis and is illustrated in Figure 1. Additionally, cytokine agents such as interleukin-6 (IL-6) have been linked to stimulating HPA responses and promoting increases in circulating cortisol (Ostrowski et al., 1999; Steensberg et al., 2003); this seems especially the case for IL-6 emanating from skeletal muscle (Ostrowski et al., 1999; Steensberg et al., 2003; Viru A., Viru M., 2004).

Brief Overview of the Cortisol Response to Exercise. The intent of this section is to provide only a brief overview and summary of the cortisol responses to exercise. For a more in-depth discussion of this topic the reader is directed to references M. Kjaer (1992) and R. G. McMurray and A. C. Hackney (2000).

During short-term exercise such as an incremental maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$) test, the blood level of cortisol increases in proportion to exercise intensity once the workload is above a

critical threshold (50–60% $\text{VO}_{2\text{max}}$) (Virus, 1992; McMurray, Hackney, 2000). This threshold intensity does however increase slightly as an individual becomes more exercise trained. Thus at the same absolute exercise intensity, the cortisol response may be lower following an exercise training program. During supra-maximal exercise, the cortisol response can be extremely pronounced, but this increase may not be displayed until recovery from the activity, due to the short duration of such activity (Virus, 1976; Kjaer, 1992; Hackney, 2006). During sub-maximal exercise, cortisol responses are more variable and are influenced by several external factors. If the sub-maximal exercise is below the critical threshold intensity then cortisol levels may not increase above resting levels, or they may actually become reduced (Hill et al., 2008). If such low intensity exercise is prolonged enough in duration, levels may gradually increase over time above resting values. If the sub-maximal exercise is above the critical threshold intensity, then cortisol levels will initially increase and subsequently plateau, provided the exercise is steady-state (Virus, 1992; McMurray, Hackney, 2000; Virus et al., 2001). The level of the plateau is proportional to the intensity of the exercise conducted, but if the exercise is prolonged enough in duration, hormone levels will gradually begin to increase again over time (Virus, 1976; Virus et

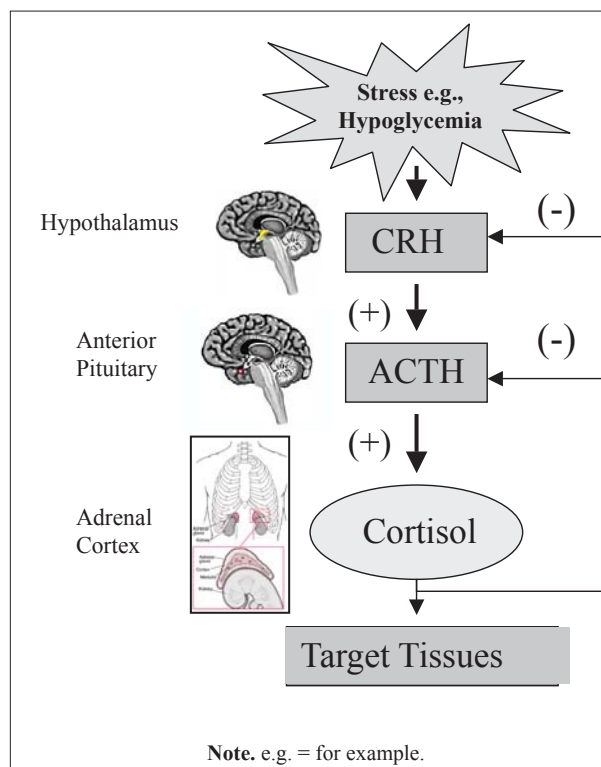


Figure 1. Hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis responsible for regulating the levels of cortisol in the blood

al., 1994). Consumption of a low carbohydrate diet for several days can augment the subsequent cortisol response to sub-maximal exercise (Galbo, 1983; Kjaer, 1992). Furthermore, ambient environmental temperatures can dramatically influence the cortisol response to sub-maximal exercise. Extremely hot or cold temperatures can augment the cortisol response to an exercise session (Galbo, 1983; McMurray, Hackney, 2000). Finally the more exercise trained a person, typically the more blunted the cortisol response to nearly any level of sub-maximal exercise condition (Viru, 1976; Viru, 1992; Viru et al., 2001).

ESSENTIAL ASPECTS OF THE CORTISOL RESPONSE TO EXERCISE

I. At Rest and during Recovery from Exercise. The background information above on the physiologic actions of cortisol illustrate when released in normal amounts, cortisol (like other glucocorticoid agents) has widespread actions which help restore homeostasis of the body after exposure to a stress such as exercise. Most certainly the metabolic influence of cortisol does involve activation of catabolic processes and anti-anabolic actions at the cellular level in many tissues of the body (Bender, 1993). However, these actions are critical to the promotion of protein synthesis which is necessary for the adaptation process in response to a stressful situation (Dohm, 1986; Bender, 1993; Viru et al., 1994; Brooks et al., 2005). For example, these actions lead to a significant increase in the free amino acid pool. Damaged or disrupted protein structures are degraded and their constituent amino acids are placed in the fluids of cells and tissues (Dohm, 1986; Booth, Thomasson, 1991; Brooks et al., 2005). These free amino acids are available as recyclable components or “building blocks” for the synthesis of new proteins, and an expansion of the pool advances this action. Cellular control of protein synthesis essentially occurs at three levels; pre-translation (transcription), translation, and post-translation (Booth, Thomasson, 1991; Tortora, Derrickson, 2006). The impact of cortisol upon the free amino acid pool is influential at the translation level, which consists of constructing and adjusting the number of protein molecules necessary to the need or demand of cells (Booth, Thomasson, 1991; Bender, 1993). Such actions and influences in combination with anabolic endocrine agents can result in enhanced enzymatic

and structural proteins in a variety of tissues; i. e., an adaptation response, in which a prime target is skeletal muscle tissue. The ability of the human body to undergo an adaptation in shape, size or characteristic when subjected to a stress exceeding a particular prior “normal” level is referred to as the property of “plasticity” (Brooks et al., 2005). Table summarizes and illustrates aspects of the body’s ability to perform a remarkable degree of plasticity in response to exercise training — this is especially true within skeletal muscle tissue (i. e., myo-plasticity). Figure 2 is a schematic illustration representative of the proposed model for factors that influence the myo-plasticity in human skeletal muscle (Brooks et al., 2005). The hormonal inter-play of such endocrine factors as glucocorticoids (cortisol) and anabolic hormones (insulin, testosterone, and insulin-like growth factor 1) are critical and necessary to bring about and maximize the myo-plasticity response in skeletal muscle in response to exercise training (Sheffield-Moore, Urban, 2004).

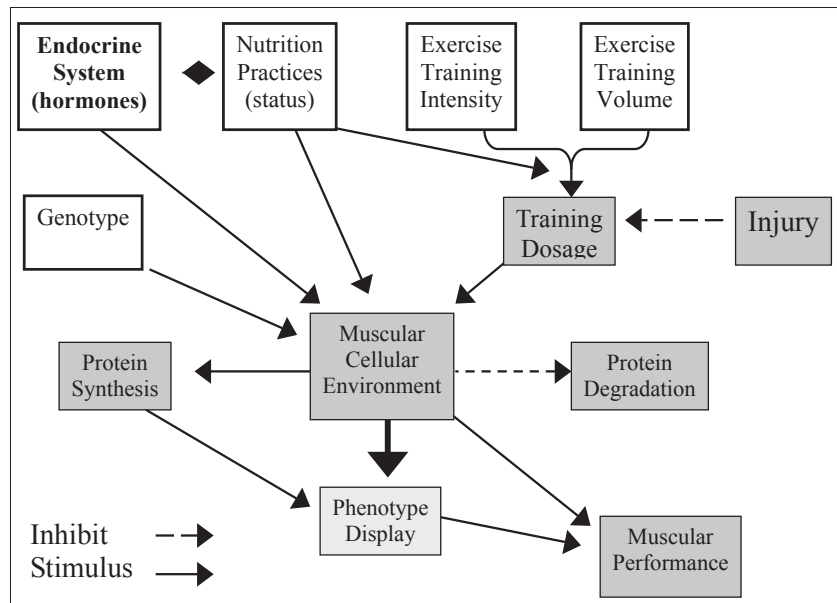
II. During Exercise. The increases in cortisol seen during exercise are critical to the control and regulation of energy metabolism and thus exercise performance capacity (Viru, 1976; Viru, 1992; Viru et al., 1994; Viru A., Viru M., 2004). This point is well documented in human studies, but is eloquently illustrated in animal-based studies where cortisol responses can be either mitigated through removal of the adrenal gland, or modulated through pharmaceutical implants (it is important to note the principal and most potent glucocorticoid in rodents is corticosterone). For

Table. Examples of select, critical physiological changes occurring with exercise training (see Brooks et al., 2005)

↑ Glycolytic enzyme activity within skeletal muscle
↑ Oxidative enzyme activity within skeletal muscle
↑ Mitochondria density within skeletal muscle
↑ Skeletal muscle fiber cross-sectional area
↑ Anabolic hormonal receptors number
↑ Hormonal receptor sensitivity
↑ Maximal oxygen uptake capacity
↑ Cardiac Output
↑ Stroke Volume
↑ Skeletal Muscle strength capacity
↑ Skeletal Muscle endurance capacity
↓ Depot body fat stores

Note. ↑ — denotes increase; ↓ — denotes decrease.

Figure 2. Schematic representation of the plasticity model of adaptation and the critical components which influence skeletal muscle myo-plasticity (modified from Brooks et al., 2005)



example, T. L. Sellers et al. (1988) demonstrated in adrenalectomized rats that the absence of a glucocorticoid response during prolonged exercise resulted in a more rapid onset of fatigue and muscular exhaustion. During exercise, such adrenalectomized rats also displayed suppressed muscle and hepatic alanine-aminotransferase activity (a key enzyme in protein metabolism function) as well as reduced urea production and elimination (Viru, Eller, 1976; Viru et al., 1994). Furthermore, due to an overall decrease in hepatic gluconeogenic capacity, glucose output is reduced in such animals, thus leading to hypoglycemia during exercise, which is a potent cause of fatigue (Gorski et al., 1987). Duclos et al. eloquently demonstrated that by modifying glucocorticoid levels in rats (i.e., implants), there was a direct and positive dose response effect upon prolonged exercise capacity (Duclos et al., 2007).

An important role of glucocorticoids is the induction of the enzymes associated with catecholamine production, principally the synthesis of phenyl-ethanolamine-N-methyl transferase. This enzyme catalyzes the methylation of norepinephrine to epinephrine (Pohorecky, Wurtman, 1971). Animal research supports that the absence of a glucocorticoid response during exercise results in suppressed catecholamine levels throughout exercise which causes a compromised regulation of several critical physiologic systems (Matlina et al., 1978). There also appears to be a reciprocal effect between the catecholamine and cortisol interactions. Evidence demonstrates that by blocking the actions of the catecholamines (adrenergic receptor blockage), there is suppression of cortisol release

(Pohorecky, Wurtman, 1971). Viru and associates showed such blockage in humans suppresses the cortisol response to strenuous exercise, significantly compromising exercise performance (Viru et al., 2007).

Besides direct actions, glucocorticoids can exert permissive and supportive effects on some metabolic events occurring during exercise. For example, glucocorticoids appear to influence the calcium fluxes in cells and can have inhibitory action on the synthesis of cAMP-phosphodiesterase (Viru A., Viru M., 2004). These actions in-turn promote a greater metabolic action for epinephrine, leading to and accentuating the fatty acid release from adipocytes and accelerating lipolysis during exercise (Malig et al., 1966; Struck, Tipton, 1974; Gorski et al., 1987; McMurray, Hackney, 2005). Additionally during exercise, Na⁺, K⁺ pump enzyme (ATPase) activity is increased in the sarcolemma of muscle; i. e., allowing increased rates of membrane depolarization-repolarization (Clausen, 1986). The elevations in cortisol levels during exercise promotes epinephrine formation, thus activating Na⁺, K⁺ pumps (see above) (Korge, Roosson, 1975; Clausen, 1986).

Even though the catabolic actions of cortisol lead to an expanded free amino acid pool, evidence suggest that enhanced contractile activity such as in exercise may actually defend muscle tissue from an exaggerated level of catabolism and spare some skeletal proteins from degradation (Hickson, Davis, 1981; Seene, Viru, 1982; Dohm, 1986; Varrick et al., 1992). Furthermore, R. C. Hickson et al. (1984) demonstrated that during exercise training, the affinity of muscle

androgen receptors for glucocorticoids decreases. This in turn allows testosterone to facilitate receptor action and thus reduces glucocorticoid catabolic action. It is important to note that at the receptor level, a competition can exist between structurally alike hormones (such as testosterone and cortisol) for binding sites on receptors. The competition between cortisol and testosterone for glucocorticoid-binding sites is a determinant of the anti-catabolic action of testosterone and the anti-anabolic action of cortisol (Mayer, Rosen, 1977).

III. Excessive Responses and Exercise. Most certainly cortisol and the other glucocorticoids have deleterious effects on the body when excessive levels are reached (Hickson, Davis, 1981; Tortora, Derrickson, 2006). Some of the greatest elevations of cortisol are seen in the medical condition known as Cushing's Syndrome (Daly, Hackney, 2005; Tortora, Derrickson, 2006). Patients with this condition experience many of the health problems (negative physiological changes) mentioned earlier which are promoted by excessive levels of cortisol. Some individuals have speculated that exercise results in a hypercortisolemic state, either as a transient occurrence due to acute exercise or chronically due to overtraining, and this state can induce some of these deleterious physiological effects in athletes (Viru A., Viru M., 2004). However, M. Duclos et al. (2007) noted in a recent review article that there is no evidence to support such claims in normally trained or even overtrained athletes. Furthermore, W. Daly and A. C. Hackney (2005) compared the levels of cortisol in response to intensive prolonged exercise to those found in Cushing's Syndrome patients. The levels in the Cushing's patients far exceeded any of those found in the individuals who exercised. Even patients with anxiety disorders or excessive psychological stress are found to

have cortisol levels that typically exceed those found in response to exercise (Boa et al., 2008). Additionally, A. C. Hackney and A. Viru (1999) as well as W. Kern et al. (1995) have demonstrated that in response to transient elevations in cortisol during daytime exercise, there is a substantial and persistent nocturnal suppression in the hormone levels.

CONCLUSIONS

Glucocorticoids, specifically cortisol, are considered stress response hormones, which in an overly simplified view, are often portrayed as being entirely negative in their influence on physiological function. The glucocorticoids are in fact vital hormones in the normal physiological functioning of humans and are necessary in dealing with different stress challenges to the body. With respect to exercise, they play an important regulatory role in metabolic responses. Additionally, the regulation of protein turnover during the recovery from exercise, which is instrumental to the myo-plasticity response of skeletal muscle in training, is dependent upon appropriate glucocorticoid actions. In other words, cortisol and the other glucocorticoids are not the "bad guys" of exercise endocrinology as some have made them out to be. Researchers, athletes and sports coaches need to be aware and conscious of the critical nature of glucocorticoids to normal health and development, especially relative to exercise training adaptations.

Acknowledgements. Author ACH would like to dedicate this article to Professor Dr. Atko Viru of Tartu University who was a wonderful colleague and friend. Lamentably, Dr. Viru died in the fall of 2007. He will be greatly missed.

REFERENCES

- Adlercreutz, H., Harkonen, K., Kuoppasalmi, K. et al. (1986). Effects of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their responses during physical exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 27—28.
- Bender, D. A. (1993). *Introduction to Nutrition and Metabolism*. London: University College London Press.
- Boa, A. M., Meynen, G., Swaab, D. F. (2008). The stress system in depression and neurodegenerative focus on the human hypothalamus. *Brain Research Reviews*, 57 (2), 531—553.
- Booth, F. W., Thomasson, D. B. (1991). Molecular and cellular adaptations of muscle in responses to exercise: Perspectives of various models. *Physiological Reviews*, 71, 541—585.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., Baldwin, K. M. (2005). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. Columbus: McGraw-Hill Publishing.
- Clausen, T. (1986). Regulation of active Na⁺, K⁺ transport in skeletal muscle. *Physiological Reviews*, 66, 542—580.
- Daly, W., Hackney, A. C. (2005). Is exercise cortisol response of endurance athletes similar to levels of Cushing's Syndrome? *Biology and Sport*, 22 (3), 209—214.

- Dohm, G. L. (1986). Protein as a fuel for endurance exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 143—173.
- Duclos, M., Guinot, M., LeBouc, Y. (2007). Cortisol and growth hormone: Odd and controversial ideas. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 32, 895—903.
- Galbo, H. (1983). *Hormonal and Metabolic Adaptation to Exercise*. New York: Georg Thieme Verlag.
- Gorski, J., Nowacka, M., Namiot, Z., Kiryluk, T. (1987). Effect of exercise on energy substrate metabolism in tissues of adrenalectomized rats. *Acta Physiologica Polonica*, 38, 331—337.
- Hackney, A. C. (2006). Stress and the neuroendocrine system: The role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert Review of Endocrinology and Metabolism*, 1 (6), 783—792.
- Hackney, A. C., Viru, A. (1999). Twenty-four cortisol response to multiple daily exercise sessions of moderate and high intensity. *Clinical Physiology*, 19, 178—182.
- Hickson, R. S., Davis, J. R. (1981). Partial prevention of glucocorticoid-induced muscle atrophy by endurance training. *American Journal of Physiology*, 241, E 226—232.
- Hickson, R. C., Kurkowski, T. T., Capaccio, J. A., Chatterton, R. T. (1984). Androgen cytosol binding in exercise-induced spring of muscle atrophy. *American Journal of Physiology*, 247, E 597—603.
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C. et al. (2008). Exercise and circulating cortisol levels: The intensity threshold effect. *Journal of Endocrinological Investigation* (in press).
- IUPAC — International Union of Pure and Applied Chemistry. Internet link: <http://www.iupac.org/>, accessed 2008.
- Kern, W., Perras, B., Wodick, R., Fehm, H. L., Born, J. (1995). Hormonal secretion during nighttime sleep indicating stress of daytime exercise. *Journal of Applied Physiology*, 79 (5), 1461—1468.
- Kjaer, M. (1992). Regulation of hormonal and metabolic responses during exercise in humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 20, 161—184.
- Korge, P., Roosson, S. (1975). The importance of adrenal glands in the improved adaptation of trained animals to physical exertion. *Endokrinologie*, 64, 232—238.
- Kuipers, H., Keizer, H. A. (1988). Overtraining in elite athletes: review and directions for the future. *Sports Medicine*, 6, 79—92.
- Malig, H., Stern, D., Atland, P., Highman, B., Brodie, B. (1966). The physiological role of the sympathetic system in exercise. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 154, 35—45.
- Matlina, E., Schreiber, G., Voinova, M., Dunajeva, L. (1978). The interrelationship between catecholamines and corticosteroids in the course of muscular fatigue. *Sechenov Physiological Journal of the USSR*, 64, 171—176.
- Mayer, M., Rosen, R. (1977). Interaction of glucocorticoids and androgens with skeletal muscle. *Metabolism*, 96, 937—962.
- McMurray, R. G., Hackney, A. C. (2000). The endocrine system and exercise. In: W. Garrett (Ed.), *Exercise & Sports Science*. Philadelphia: Williams & Wilkins Publisher. P. 135—162.
- McMurray, R. G., Hackney, A. C. (2005). Interactions of metabolic hormones, adipose tissue and exercise. *Sports Medicine*, 35 (5), 393—412.
- Ostrowski, K., Rohde, T., Asp, S., Schjerling, P., Pedersen, B. K. (1999). Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. *Journal of Physiology*, 15, 287—291.
- Pohorecky, L. A., Wurtman, R. J. (1971). Adrenocortical control of epinephrine synthesis. *Pharmacological Reviews*, 23, 1—35.
- Seene, T., Viru, A. (1982). The catabolic effects of glucocorticoids on different types of skeletal muscle fibers and its dependency upon muscle activity and interaction with anabolic steroids. *Journal of Steroid Biochemistry*, 16, 349—352.
- Sellers, T. L., Jaussi, A. W., Yang, H. T., Heninger, R. W., Winder, W. W. (1988). Effect of exercise-induced increase in glucocorticoids on endurance in the rat. *Journal of Applied Physiology*, 65, 173—178.
- Selye, H. (1950). *The Physiology and Pathology of Exposure to Stress*. Montreal: Medical Publishers.
- Sheffield-Moore, M., Urban, R. J. (2004). An overview of the endocrinology of skeletal muscle. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 15 (3), 110—115.
- Steensberg, A., Fischer, C. P., Keller, C., Moller, K., Pedersen, B. K. (2003). IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. *American Journal of Physiology*, 285, E 433—437.
- Struck, P. J., Tipton, S. M. (1974). Effect of acute exercise on glycogen levels in adrenalectomized rats. *Endocrinology*, 95, 1385—1391.
- Tortora, G. J., Derrickson, B. (2006). *Principles of Anatomy and Physiology 11th Edition*. Hoboken: Wiley & Son.
- Varrik, E., Viru, A., Oopik, V., Viru, M. (1992). Exercise-induced catabolic responses in various muscle fibers. *Canadian Journal of Sports Science*, 17, 125—128.
- Viru, A., Eller, A. (1976). Adrenal cortical regulation of protein metabolism during prolonged exertion. *Biulleten Eksperimentalnoi Biologii i Meditsiny*, 82, 1436—1439.
- Viru, A., Hackney, A. C., Valja, E., Karelson, K., Janson, T., Viru, M. (2001). Influence of prolonged continuous exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 578—585.
- Viru, A., Litvinova, L., Viru, M., Smirnova, T. (1994). Glucocorticoid in metabolic control during exercise: Alanine metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 76, 801—805.
- Viru, A. (1992). Plasma hormones and physical exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 201—209.
- Viru, A. (1976). The role of adrenocortical response to physical stress on the body's work capacity. *Biulleten Eksperimentalnoi Biologii i Meditsiny*, 82 (7), 774—776.
- Viru, A., Viru, M. (2001). *Biochemical Monitoring of Sports Training*. Human Kinetics, Champaign.
- Viru, A., Viru, M. (2004). Cortisol — essential adaptation hormone in exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 461—464.
- Viru, A., Viru, M., Karelson, K. et al. (2007). Adrenergic effects on adrenocortical cortisol response to incremental exercise to exhaustion. *European Journal of Applied Physiology*, 100 (2), 241—245.
- Viru, M., Litvinova, L., Smirnova, A., Viru, A. (1994). Glucocorticoids and metabolic control during exercise: Glycogen metabolism. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 34, 377—382.

KORTIZOLIS, STRESAS IR ORGANIZMO ADAPTACIJA PER TRENIRUOTES

Antony C. Hackney, Claudio Battaglini, Elizabeth S. Evans

Šiaurės Karolinos universitetas, JAV

SANTRAUKA

Kortizolis yra kortisteroidinis hormonas, kurį gamina antinksčių žievės zona *fasciculata* (pluoštinė zona) antinksčių liaukoje. Jis atlieka gyvybiškai svarbią mechanizmų gynybinę funkciją tada, kai tenka įveikti stresą, taip pat jis reguliuoja gliukozės kiekį kraujyje. Labai gaila, bet sporto srityje šio hormono veikla yra klaidingai suprantama. Pavyzdžiui, dažnai manoma, kad kortizolis neigiamai veikia mankštinantis, ir dėl šio hormono katabolinės prigimties, turint omeny baltymų kaitą, per treniruotes organizmas sunkiai adaptuojasi. Šio straipsnio tikslas — apžvelgti ir išsiaiškinti, kokias nepaprastai svarbias funkcijas kortizolis atlieka per treniruotes ir adaptacijos metu, taip pat bandyta paneigti keletą konkrečių klaidingų sampratų ir nuomonių, pateikiamų kai kuriuose literatūros šaltiniuose (ypač internete) apie endokrinines organizmo reakcijas treniruojantis.

Raktažodžiai: hormonai, gliukokortikosteroidai, sportas.

Gauta 2008 m. liepos 28 d.
Received on July 28, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Anthony C. Hackney
University of North Carolina
(Šiaurės Karolinos universitetas)
Chapel Hill, NC, 27599-8700
USA (JAV)
Fax 919 962 0334
E-mail ach@email.unc.edu

SKAUSMO, ŠLAUNIES RAUMENŲ JĖGOS, PUSIAUSVYROS RODIKLIŲ KAITA IR KINEZITERAPIJOS POVEIKIS SERGANT KELIO SĄNARIO OSTEOARTRITU

Vilma Juodžbalienė¹, Tomas Darbutas², Gražina Krutulytė¹, Vaidas Mickevičius³

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, VšĮ Kauno slaugos ligoninė², Kauno technikos kolegija³, Kaunas, Lietuva

Vilma Juodžbalienė. Biomedicinos mokslų daktarė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Kineziterapijos katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis — įvairių amžiaus tarpsnių žmonių pusiausvyros ir psichomotorinės reakcijos ypatumai.

SANTRAUKA

Šlaunies keturgalvio raumens jėgos mažėjimas senstant dažnai susijęs su osteoartritu (OA) ir pasireiškia dėl pažeisto sąnario skausmo (Steultjens et al., 2001; Dawson, Slovik, 2006). Antra vertus, mokslininkai (Slemenda et al., 1997) teigia, kad šlaunies keturgalvio raumens jėgos mažėjimas gali būti etiologiniu OA vystymosi veiksniu. Todėl raumens jėgos pokyčius labai svarbu įvertinti OA formavimosi pradžioje.

Tyrimo tikslas — nustatyti skausmo, šlaunies raumenų jėgos ir pusiausvyros rodiklius bei jėgos ir pusiausvyros lavinimo galimybes sergant kelio sąnario OA.

Buvo tiriami 67–75 metų amžiaus asmenys ($n = 20$), kuriems radiologiškai nustatytas abiejų kelių sąnarių antros stadijos OA. Prieš kineziterapiją, po 4 ir 8 savaičių skirtingų kineziterapijos programų buvo ištirta tiriamųjų pusiausvyra Bergo pusiausvyros skale, šlaunies raumenų jėga — dinamometrijos metodu, skausmas — skaitmenine skausmo skale. Norint objektyviai įvertinti tiriamųjų, sergančių kelių sąnarių OA, pusiausvyros ir šlaunies raumenų jėgos rodiklius buvo tirama ir to paties amžiaus asmenų ($n = 20$), kuriems nenustatyti OA požymiai, pusiausvyra ir raumenų jėga.

Tiriamieji, kuriems nustatytas OA, buvo suskirstyti į dvi grupes: I grupei ($n = 10$; 5 moterys ir 5 vyrai) 1–4 savaites taikyta transkutaneinis elektrinis nervo stimuliavimas (TENS) (10 d.) ir fiziniai pratimai, 5–8 savaites — fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija; II grupei ($n = 10$; 5 moterys ir 5 vyrai) 1–4 savaites taikyta TENS (10 d.), fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija, 5–8 savaites — fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija.

Tyrimo rezultatai parodė, kad kuo anksčiau pradedama taikyti sąnarių mobilizacija, TENS ir fiziniai pratimai kartu, tuo greitesnių ir geresnių rezultatų pasiekama lavinant sergančiųjų OA pusiausvyrą ir šlaunies raumenų jėgą. Taikant TENS, sąnarių mobilizaciją ir fizinius pratimus, OA sergančių asmenų kelių sąnarių skausmas reikšmingai sumažėjo, pusiausvyra pagerėjo, o šlaunies raumenų jėga padidėjo. Taikant skirtingas kineziterapijos programas, tiriamųjų blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga didėjo, tačiau jėgos pusiausvyros sutrikimas išlieka ir gali lemti skirtingą sergančiųjų osteoartritu bei sveikųjų asmenų gebėjimą išlaikyti pusiausvyrą.

Raktažodžiai: osteoartritas, skausmas, šlaunies raumenų jėga, pusiausvyra, sąnarių mobilizacija.

IVADAS

Senstant ir kintant judėjimo, atramos sistemai, paveikiami sąnariai: kinta sąnarių kremzlė, mažėja jos elastingumas, storis, mažėja sąnarinio skysčio (Večkienė, 2004), nusilpsta raumenys, sutrinka eisena ir pusiausvyra (Lemme, 2003).

Viena iš labiausiai paplitusių judėjimo ir atramos sistemos reumatinių ligų yra osteoartritas. Jis diagnozuojamas 75% visų artritų atvejų (Radžiūnienė, 2006).

Osteoartritas (OA) — tai mechaninių ir biologinių veiksnių nulemti kremzlės ir pokremzlinio kaulo morfologiniai, biocheminiai, molekuliniai, biomechaniniai pakitimai, kliniškai pasireiškiantys sąnario skausmu, skausmingumu čiuopiant, judesių ribotumu, krepitacija, sąnario deformacija, protarpiais — patinimu, skysčio susikaupimu sąnaryje, įvairaus laipsnio vietiniu uždegimu (Bjoridal et al., 2001; Kalesinskas, Petrulis, 2005).

Dėl degeneracinių sąnario pokyčių kinta raiščių elastingumas, mažėja raumenų jėga, sąnariai praranda stabilumą (Imboden et al., 2004).

Sergant kelio sąnario OA, dažnai pastebimas raumenų jėgos mažėjimas. Šlaunies keturgalvio raumens jėgos mažėjimas senstant dažnai susijęs su OA ir pasireiškia dėl pažeisto sąnario skausmo (Steultjens et al., 2001; Dawson, Slovik, 2006). Kita vertus, daugelis mokslininkų (Slemenda et al., 1997) teigia, kad šlaunies keturgalvio raumens jėgos mažėjimas gali būti etiologiniu OA vystymosi veiksniumi. Todėl raumenų jėgos pokyčius labai svarbu įvertinti OA formavimosi pradžioje.

Esant pradinėms OA stadijoms, mokslininkai ir gydytojai praktikai pirmiausia pataria stiprinti šlaunies keturgalvį raumenį ir lavinti bendrąją aerobinę ištvermę (Imboden et al., 2004).

Pusiausvyra yra glaudžiai susijusi su raumenų jėga ir yra ypač svarbi pagyvenusiems žmonėms, sergantiems kelio sąnario OA. Mokslininkai teigia: kuo blauzdos ir pėdos judesius atliekantys raumenys stipresni, tuo geresnė dinaminė pusiausvyra (Jadelis et al., 2001).

Tačiau kyla klausimas, kaip kinta pusiausvyros, šlaunies raumenų jėgos ir skausmo rodiklių santykis taikant įvairias galimas kineziterapijos priemones, ir kurias iš jų bei kuriuo metu taikant yra pasiekiamas didžiausias teigiamas poveikis.

Tyrimo tikslas: nustatyti skausmo, šlaunies raumenų jėgos ir pusiausvyros rodiklius bei jėgos ir pusiausvyros lavinimo galimybes sergant kelio sąnario osteoartritu.

Objektas: asmenų, sergančių antros stadijos abiejų kelių sąnarių osteoartritu, pusiausvyra, šlaunies raumenų jėga, kelių sąnarių skausmas.

Hipotezė: manome, kad didžiausią teigiamą poveikį kelių sąnarių skausmui, šlaunies raumenų jėgai ir pusiausvyrai, sergant osteoartritu, turi ankstyvas sąnarių mobilizacijos, transkutanojo elektrinio nervo stimuliavimo (TENS) bei fizinių pratimų taikymas kartu. Taikant aktyvius ir pasyviuos kineziterapijos metodus atskirai, poveikis pusiausvyrai, šlaunies raumenų jėgai ir kelių sąnarių skausmui turėtų būti mažesnis arba visai nepasireikšti.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Buvo tiriama 20 asmenų, sergančių abiejų kelių sąnarių OA. Visiems tiriamiesiems buvo radiologiškai nustatyti kelių sąnarių pakitimai,

būdingi antrai OA stadijai (Kalesinskas, Petrulis, 2005; Ding et al., 2006). Tiriamųjų amžiaus vidurkis — $71,3 \pm 3,72$ metų. Tiriamieji suskirstyti į dvi grupes: I grupė ($n = 10$; 5 moterys ir 5 vyrai), II grupė ($n = 10$; 5 moterys ir 5 vyrai).

Norint objektyviai įvertinti tiriamųjų, sergančių abiejų kelių sąnarių OA, pusiausvyros ir šlaunies raumenų jėgos rodiklius, buvo tiriama ir to paties amžiaus asmenų ($n = 20$), kuriems nenustatyti OA požymiai, pusiausvyra ir raumenų jėga. Minėti dydžiai palyginti tarpusavyje.

Tirti savanoriai, prieš tai informuoti apie būsimą tyrimą ir gautų duomenų anonimiškumą. Norą dalyvauti tyrime jie patvirtino raštu. Nebuvo tiriami asmenys, patyrę galvos smegenų insultą, sergantys Parkinsono liga, išsėtine skleroze, po klubo ar kelio sąnario endoprotezavimo, patyrę įvairius lūžius, tie, kurių regos neįmanoma koreguoti akiniais, kuriems nustatytas kelių sąnarių nestabilumas.

Pusiausvyros tyrimo metodika. Tiriant statinę ir dinaminę pusiausvyrą buvo naudojama Bergo pusiausvyros vertinimo skalė (Shumway-Cook, Woollacott, 2001). Skalę sudarė 14 užduočių, kurių kiekviena vertinta nuo 0 iki 4 balų. 0 balų — tiriamasis neatlieka užduoties, 4 balai — tiriamasis atlieka užduotį be priekaištų. Išvada apie tiriamojo pusiausvyrą daroma pagal surinktų balų kiekį juos sumuojant:

- 0—20 — judėjimas su vežimėliu;
- 21—40 — judėjimas su pagalba;
- 41—56 — nepriklausomas judėjimas.

Dinamometrija. Statinė šlaunies raumenų jėga tirta dinamometrijos metodu. Blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga buvo matuojama elektroniniu rankiniu dinamometru (*Lafayette, Pro-Med Products*, Atlanta) tiriamajam užimant standartines padėtis ir išreiškiant jėgos vertę kilogramais (Reese, 2005).

Skausmo vertinimas. Skausmui vertinti buvo naudojama skaitmeninė skausmo skalė. Vertinta nuo 0 (kai skausmo visiškai nėra) iki 10 balų (nepakeliamas skausmas).

Tyrimo eiga. Ištyrus abiejų grupių tiriamųjų pusiausvyrą, šlaunies raumenų jėgą ir skausmą, buvo pradėtas 8 savaitių kineziterapijos kursas. Kineziterapija taikyta kas antrą dieną, tris kartus per savaitę, iš viso — 24 procedūros. TENS taikyta 10 dienų, vieną kartą per dieną, stimuliavimo dažnis — 100 Hz, 20 min (Law, Cheing, 2004): I grupei 1—4 savaites taikyta TENS (10 d.) ir fiziniai pratimai, 5—8 savaites — fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija; II grupei 1—4 savaites

taikyta TENS (10 d.), fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija, 5—8 savaites fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija.

Asmenys, kuriems nenustatyti OA požymiai, kineziterapijos procedūrose nedalyvavo.

Pagrindinės kineziterapijos procedūros metu buvo taikomi pusiausvyrą lavinantys pratimai, kelio sąnario mobilizacija (Kaltenborn, 2006). Skausmas buvo vertintas prieš ir po 10 TENS procedūrų. Pusiausvyra ir šlaunies raumenų jėga vertinta prieš kineziterapiją, po 4 ir 8 savaitių.

Matematinė statistika. Statistinių duomenų analizė atlikta naudojant *SPSS 12.0 for Windows* statistinį paketą. Tiriamiesiems požymiams įvertinti buvo apskaičiuojami aritmetiniai vidurkiai, standartinis nuokrypis ir vidurkio reprezentacinė paklaida. Nepriklausomų ir priklausomų imčių vidurkių skirtumo reikšmingumas apskaičiuojamas pagal Studento *t* ir Vilkoksono kriterijus, prieš tai patikrinus hipotezę apie dydžių normalųjį skirstinį. Koreliacija tarp tiriamųjų požymių, priklausomų kintamųjų tirta panaudojant Pirsono koreliacijos koeficientą. Apskaičiuotas koreliacijos koeficiento patikimumas. Skirtumas su galima paklaida, mažesne nei 0,05, buvo vertinamas kaip statistiškai reikšmingas. Rezultatai pateikti nurodant požymio vidurkį ir standartinį nuokrypį, o paveiksluose — vidurkį ir vidurkio reprezentacinę paklaidą.

REZULTATAI

Tyrimo rezultatai parodė, kad tiek I, tiek II grupės tiriamųjų pusiausvyra po 4 ir 8 savaitių statistiškai reikšmingai pagerėjo: I grupėje — nuo $38,25 \pm 1,05$ iki $41,13 \pm 1$ ir $44,13 \pm 1$ balų ($p < 0,01$), II grupėje — nuo $29,5 \pm 1,3$

iki $36,36 \pm 1,2$ ir $40,13 \pm 0,97$ balų ($p < 0,01$) (1 pav.).

Per 1—4 savaitę I grupės statinės ir dinaminės pusiausvyros rodikliai pagerėjo 5%, per 4—8 savaitę — 6%, II grupės — 12%, per 4—8 savaitę — 7%. II grupės pusiausvyros rodikliai po 8 savaitių kineziterapijos procedūrų kito labiau nei I grupės (2 pav.).

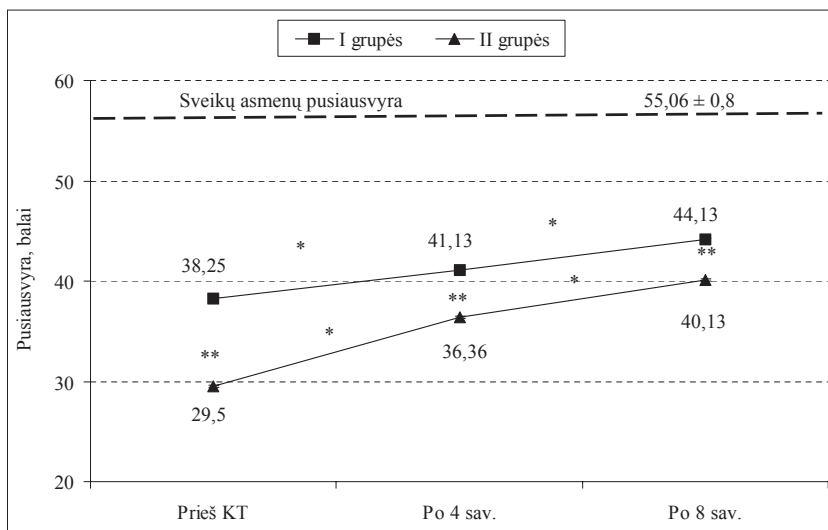
Viso tyrimo metu buvo pastebimas blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos didėjimas. Taikant TENS ir fizinius pratimus I grupėje bei TENS, fizinius pratimus ir sąnarių mobilizaciją II grupėje, po 4 savaitių blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga statistiškai reikšmingai padidėjo: atitinkamai nuo $12,03 \pm 3,25$ kg iki $12,76 \pm 3,13$ kg ($p < 0,01$) ir nuo $15,59 \pm 3,68$ kg iki $16,58 \pm 3,71$ kg ($p < 0,01$) (3 pav.).

Po 8 savaitių buvo pastebimos tos pačios blauzdos tiesiamųjų raumenų jėgos rodiklių kaitos tendencijos. I grupės blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga padidėjo iki $13,8 \pm 3,15$ kg ($p < 0,01$), II grupės — iki $17,05 \pm 3,61$ kg ($p < 0,01$) (3 pav.).

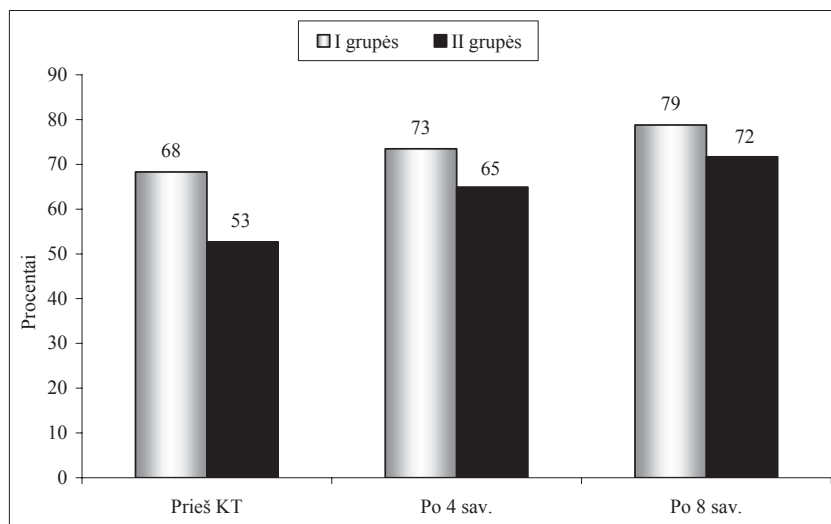
Analogiškai kito ir abiejų grupių tiriamųjų blauzdos lenkiamųjų raumenų jėga: I grupėje po 4 savaitių jėga statistiškai reikšmingai pagerėjo nuo $8,77 \pm 2,15$ kg iki $9,31 \pm 2,47$ kg ($p < 0,01$), po 8 savaitių — nuo $9,31 \pm 2,47$ kg iki $10,15 \pm 2,62$ kg ($p < 0,01$); II grupėje — po 4 savaitių raumenų jėga padidėjo nuo $12,54 \pm 3,65$ kg iki $13,83 \pm 3,74$ kg ($p < 0,01$), po 8 savaitių — nuo $13,83 \pm 3,74$ kg iki $14,3 \pm 3,82$ kg ($p < 0,01$) (2 pav.).

Analizuojant procentais išreikštus blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos rodiklius pastebėta, kad II grupės tiriamųjų blauzdos lenkiamųjų raumenų jėga kito ryškiau nei blauzdos tiesiamųjų. II grupės tiriamųjų šlaunies raumenų jėga ryškiau kito 1—4 savaitę (blauzdos tiesiamųjų —

1 pav. Pusiausvyros rodikliai prieš kineziterapijos procedūras, po 4 ir 8 savaitių

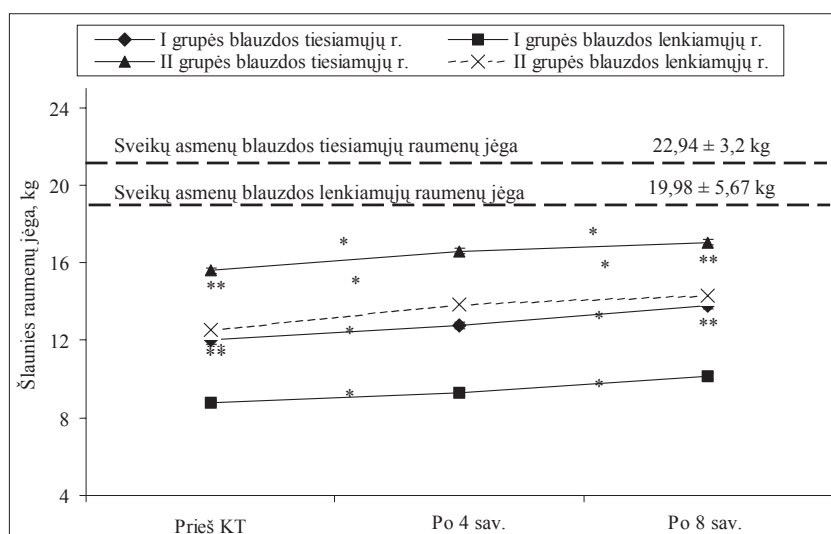


Pastaba. KT — kineziterapija; * — $p < 0,01$, lyginant rodiklius prieš KT, po 4 ir po 8 savaitių; ** — $p < 0,01$, lyginant I ir II grupės atitinkamus dydžius.



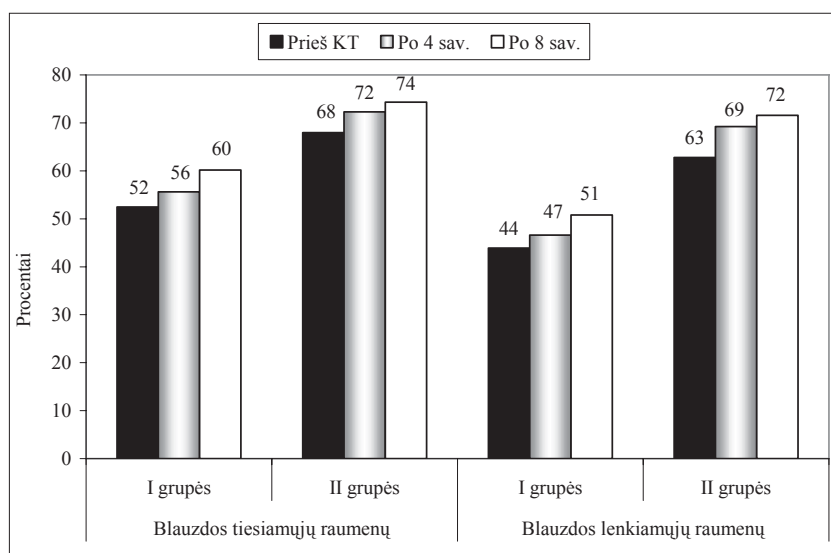
2 pav. Pusiausvyros rodikliai, išreikšti procentais prieš kineziterapijos procedūras, po 4 ir 8 savaitių

Pastaba. KT — kineziterapija.



3 pav. Šlaunies raumenų jėgos rodikliai prieš kineziterapijos procedūras, po 4 ir 8 savaitių

Pastaba. KT — kineziterapija; * — $p < 0,01$, lyginant rodiklius prieš KT, po 4 ir 8 savaitių; ** — $p < 0,01$, lyginant I ir II grupės atitinkamus dydžius.



4 pav. Šlaunies raumenų jėgos rodikliai, išreikšti procentais prieš kineziterapijos procedūras, po 4 ir 8 savaitių

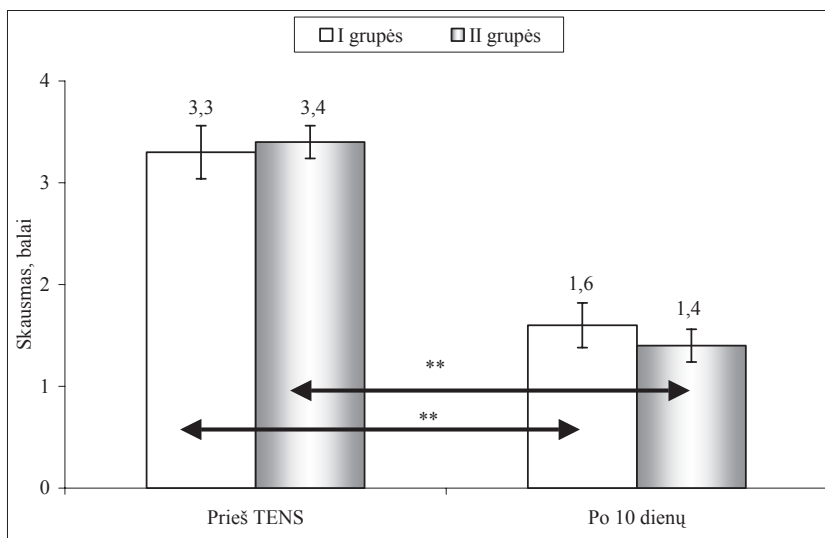
Pastaba. KT — kineziterapija.

nuo 68 iki 72%, blauzdos lenkiamųjų — nuo 63 iki 69%) nei 4—8 savaitę (blauzdos tiesiamųjų — nuo 72 iki 74%, blauzdos lenkiamųjų — nuo 69 iki 72%) (4 pav.).

I ir II grupės tiriamieji, pasinaudodami skaitmenine skausmo skale, prieš kineziterapijos pro-

cedūras skausmą apibrėžė kaip šiek tiek didesnį nei silpną. Po 10 dienų TENS taikymo pastebėti teigiami rezultatai (5 pav.). I grupės tiriamųjų kelių sąnarių skausmas sumažėjo statistiškai reikšmingai — nuo $3,3 \pm 0,82$ iki $1,6 \pm 0,52$

5 pav. Skausmo rodikliai prieš transkutani-
nį elektrinį nervo stimuliavimą ir po jo



Pastaba. TENS — transkutinis elektrinis nervo stimuliavimas; ** — $p < 0,01$.

balų ($p < 0,01$), II grupės — nuo $3,4 \pm 0,69$ iki $1,4 \pm 0,52$ balų ($p < 0,01$).

Nustatytas labai silpnas statistiškai reikšmingas ryšys tarp II grupės tiriamųjų šlaunies raumenų jėgos ir pusiausvyros rodiklių ($r = 0,13$; $p < 0,01$). Ryšys tarp II grupės tiriamųjų pusiausvyros ir skausmo rodiklių yra atvirkščias, silpnas ir statistiškai nereikšmingas ($r = -0,4$; $p > 0,05$). II grupės šlaunies raumenų jėgos ir skausmo rodiklių ryšys taip pat yra atvirkščias ir labai silpnas ($r = -0,09$; $p > 0,05$). Visi I grupės koreliacijos koeficientai rodo labai silpną ir silpną, tačiau statistiškai nereikšmingą ryšį tarp tirtų požymių.

REZULTATŲ APITARIMAS

Išanalizavus tyrimo duomenis nustatyta, kad I grupėje 1—4 savaitę taikant TENS ir fizinius pratimus pusiausvyra gerėjo. 5—8 savaitę pradėjus taikyti sąnarių mobilizaciją, pusiausvyra gerėjo, kaip ir 1—4 savaitę, kai sąnarių mobilizacija nebuvo taikoma. Tuo tarpu II grupėje, kai sąnarių mobilizacija buvo taikoma nuo pat kineziterapijos procedūrų pradžios, pusiausvyra 1—4 savaitę gerėjo sparčiau. 5—8 savaitę — mažiau nei 1—4 savaitę, bet daugiau nei I grupėje.

Remiantis M. C. Hall ir bendraautorių (2006) atliktais tyrimais, sergant OA, kelių sąnarių skausmas veikia pusiausvyrą. Tačiau B. S. Hassan ir kt. (2002) nustatė, kad kelio sąnario skausmas pusiausvyrai neturi jokio poveikio. Mes manome, kad II grupės tiriamųjų spartų pusiausvyros gerėjimą galima sieti ir su TENS, ir su sąnarių mobilizacijos poveikiu, nes TENS paveikiai malšina skausmą, o sąnarių mobilizacija padeda atgauti normalius artrokinematinis judesius ir

pusiausvyros valdyme dalyvauja daugiau proprio-receptorių. Mūsų nuomone, gerėjanti pagyvenusio amžiaus tiriamųjų pusiausvyra didina asmens funkcinę nepriklausomybę kasdienėje veikloje, apsitarnaujant.

Tiriamųjų šlaunies raumenų jėga didėjo taikant skirtingas kineziterapijos programas, tačiau I grupės, kuriai 4 savaites buvo taikyta tik TENS ir fiziniai pratimai, šlaunies raumenų jėga didėjo nedaug, o II grupės, kuriai nuo tyrimo pradžios buvo taikyta TENS, fiziniai pratimai ir sąnarių mobilizacija, šlaunies raumenų jėga didėjo sparčiau.

Taigi kartu su fiziniais pratimais taikant sąnarių mobilizaciją ir TENS, šlaunies raumenų jėga didėjo sparčiau ir galima teigti, kad tokia kineziterapijos programa labiau veikia raumenų jėgos pokyčius sergant OA. Atsižvelgiant į II grupės tyrimo rezultatus, sąnarių mobilizacijos poveikumas pastebimas jau 1—4 savaitę, o tolesnis ir vėliau pradėtas sąnarių mobilizacijos taikymas nelemia tokio paties šlaunies raumenų jėgos padidėjimo.

I grupės tiriamiesiems ši programa buvo taikoma tik 5—8 savaitę, ir šlaunies raumenų jėga padidėjo daugiau nei per pirmas 4 savaites, kai buvo taikoma tik TENS ir fiziniai pratimai. Manome, kad kuo anksčiau bus pradėta taikyti sąnarių mobilizacija, sergant kelio sąnario OA, tuo geresnių ir greitesnių rezultatų bus pasiekta stiprinant šlaunies raumenis.

K. Bennell, R. Hinman (2005) nustatė, kad blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga ir kelio sąnario OA vystymasis ypač susiję. Jei tiriamajam diagnozuotas kelio sąnario OA, ir raumenys yra silpni, tai tik pagreitina ligos padarinių — eisenos, pusiausvyros sutrikimų — progresavimą, o

šlaunies keturgalvio raumens stiprinimas stabdo šiuos procesus. Atlikto tyrimo rezultatai leidžia manyti, kad skausmo malšinimo būdai, sąnarių mobilizacija ir pusiausvyros lavinimas pagerino ne tik pusiausvyrą, bet sustiprino blauzdos tiesiamuosius ir lenkiamuosius raumenis.

Tiriant asmenų, sergančių kelio sąnario OA, šlaunies raumenų jėgos pusiausvyrą buvo nustatyta, kad blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga yra didesnė, lyginant su blauzdos lenkiamųjų raumenų.

T. Hortobagyi ir kt. (2005), ištyrę jaunų sveikų žmonių blauzdos lenkiamųjų ir tiesiamųjų raumenų jėgos pusiausvyrą, nustatė, kad antagonistų jėgos skirtumas buvo labai mažas, pagyvenusių žmonių, nesiskundžiančių kelių sąnarių problemomis, — didesnis, o sergančių kelių OA — didžiausias.

Atlikto tyrimo rezultatai patvirtina T. Hortobagyi ir bendraautorių (2005) išvadas, nes tyrimo pradžioje nustatytas blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos skirtumas išliko ir po skirtingų kineziterapijos programų. Tai galėjo lemti aiškų sergančiųjų OA ir sveikų asmenų pusiausvyros rodiklių skirtumą, kuris mažėja taikant kineziterapijos procedūras.

Tiriant asmenis, sergančius kelių OA ir analizuojant skausmo poveikį pusiausvyrai, propriocepcijai ir šlaunies keturgalvio raumens jėgai buvo nustatyta, kad skausmas veikia raumenų jėgą ir pusiausvyrą, o propriocepciją — kiti veiksniai (Hall et al., 2006).

P. P. Law teigimu (2004), taikant TENS, sergančiųjų OA kelių sąnarių skausmas sumažėja jau po dešimties dienų, tuo pačiu didėja kelio sąnario judesių amplitudė.

Tyrimo metu taikyta TENS ir kelių sąnarių mobilizacija, kuriai būdingas nuskausminamasis poveikis, per 10 dienų statistiškai reikšmingai pagerina tiriamųjų savijautą, tačiau visiškai skausmo nenumalšina.

G. L. Cheing ir C. W. Hui-Chan (2004) tyrimų duomenimis nustatyta, kad taikant kineziterapiją ir TENS vieną mėnesį (penkis kartus per savaitę) tiriamųjų savijauta pagerėja: didėja raumenų jėga, eisena darosi taisyklingesnė.

Manome, kad tirtiems asmenims po tyrimo išliekantį silpną kelių sąnarių skausmą galėjo lemti per mažas TENS procedūrų skaičius.

Kai kurių autorių duomenimis, taikant tikėjimą ar fizinius pratimus, skausmas nesumažėja, ir tai trukdo tolesniam bei spartesniam rezultatų gerėjimui (Evcik, Sonel, 2002). Tyrimais nusta-

tyta, kad šešių savačių fizinių pratimų programa, taikyta vidutinio amžiaus žmonėms, sergantiems kelio sąnario OA, teigiamų rezultatų nedavė — skausmas nesumažėjo (Thorstensson et al., 2005). Todėl tyrimo metu fiziniai pratimai buvo taikomi ilgiau ir derinti su kitais kineziterapijos metodais.

K. L. Bennel ir kiti (2005) įrodė, kad fizioterapija ir placebo duoda tuos pačius rezultatus sergant kelio sąnario OA, tačiau mes taikėme TENS, siekdami garantuoto rezultato.

Tyrimo rezultatų koreliacijos koeficientai nerodo skausmo ir raumenų jėgos, pusiausvyros sąsajų. Kaip minėjome, B. S. Hassan ir kt. (2002) taip pat nustatė, kad kelio sąnario skausmas pusiausvyros neveikia.

Sergant kelio sąnario OA, pradinėse stadijose skausmas atsiranda tik judesio metu, todėl tikėtina, kad labiausiai veikia dinaminę pusiausvyrą, o ne pusiausvyrą apskritai. Šiems teiginiams patvirtinti reikėtų išsamesnių tyrimų diferencijuojant pusiausvyros rūšis ir pasirenkant didesnę tiriamųjų imtį. Labai silpną II grupės tiriamųjų šlaunies raumenų jėgos ir pusiausvyros ryšį galėjo lemti tai, kad pusiausvyrai, pasak K. Jadelis ir kt. (2001), ypač svarbi blauzdos ir pėdos raumenų jėga.

Atlikus rezultatų analizę, galima teigti, kad iškelta hipotezė pasitvirtino. Labiausiai pusiausvyrą, šlaunies raumenų jėgą ir skausmą veikia ankstyvas sąnarių mobilizacijos, TENS bei fizinių pratimų taikymas kartu, o taikant aktyvius ir pasyviuosius kineziterapijos metodus atskirai tiriamus arba vertinamus rodiklius veikia mažiau.

IŠVADOS

1. Kuo anksčiau pradedama taikyti sąnarių mobilizacija, TENS ir fiziniai pratimai kartu, tuo greitesnių ir geresnių rezultatų pasiekama lavinant sergančiųjų osteoartritu pusiausvyrą ir šlaunies raumenų jėgą.
2. Taikant TENS, sąnarių mobilizaciją ir fizinius pratimus, osteoartritu sergančių asmenų kelių sąnarių skausmas reikšmingai sumažėjo, pusiausvyra ir šlaunies raumenų jėga pagerėjo.
3. Taikant skirtingas kineziterapijos programas, tiriamųjų blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga didėja, tačiau jėgos pusiausvyros sutrikimas išlieka ir gali lemti skirtingą sergančiųjų osteoartritu ir sveikų asmenų gebėjimą išlaikyti pusiausvyrą.

LITERATŪRA

- Bennell, K., Hinman, R. (2005). Exercise as a treatment for osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology*, 17 (5), 634—640.
- Bennell, K. L., Hinman, R. S., Metcalf, B. R. et al. (2005). Efficacy of physiotherapy management of knee joint osteoarthritis: A randomised, double blind, placebo controlled trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 64 (6), 906—912.
- Bjorndal, M. J., Johnson, I. M., Couppe, C. (2001). *Clinical Electrotherapy*. Hoyskoleforlaget: Norwegian Academic Press.
- Cheing, G. L., Hui-Chan, C. W. (2004). Would the addition of TENS to exercise training produce better physical performance outcomes in people with knee osteoarthritis than either intervention alone? *Clinical Rehabilitation*, 18 (5), 487—497.
- Dawson, D. M., Slovik, D. M. (2006). *Exercise in Rehabilitation Medicine*. USA: Human Kinetics.
- Ding, C., Cicuttini, F., Blizzard, L., Jones, G. (2006). Genetic mechanisms of knee osteoarthritis: A population-based longitudinal study. *Arthritis Research & Therapy*, 8 (1), 8.
- Evcik, D., Sonel, B. (2002). Effectiveness of a home-based exercise therapy and walking program on osteoarthritis of the knee. *Rheumatology International*, 22 (3), 103—106.
- Hall, M. C., Mockett, S. P., Doherty, M. (2006). Relative impact of radiographic osteoarthritis and pain on quadriceps strength, proprioception, static postural sway and lower limb function. *Annals of Rheumatic Diseases*, 65 (7), 865—870.
- Hassan, B. S., Doherty, S. A., Mockett, S., Doherty, M. (2002). Effect of pain reduction on postural sway, proprioception and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis. *Annals of Rheumatic Diseases*, 61 (5), 422—428.
- Hortobagyi, T., Westerkamp, L., Beam, S. et al. (2005). Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, 20 (1), 97—104.
- Imboden, J., Hellmann, D. B., Stone, J. H. (2004). *Current Rheumatology Diagnosis & Treatment*. The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Jadellis, K., Miller, M. E., Ettinger, W. H., Jr., Messier, S. P. (2001). Strength, balance, and the modifying effects of obesity and knee pain: Results from the Observational Arthritis Study in Seniors. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49 (7), 884—891.
- Kalesinskas, J. R., Petrulis, A. (2005). Klubo ir kelio sąnario osteoartrozės klinika, diagnostika ir gydymo būdai. *Traumatologija šeimos gydytojo darbe: konferencijos (2005 gegužės 25 d.) medžiaga* (pp. 5—7). Kaunas: Vitae Litera.
- Kaltenborn, M. (2006). *Manual Mobilization of the Extremity Joints*. Norli Oslo, Norway.
- Law, P. P., Cheing, G. L. (2004). Optimal stimulation frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on people with knee osteoarthritis. *Juornal of Rehabilitation Medicine: Official Journal of UEMS European Board of Physical and Rehabilitation Medicine*, 36 (5), 220—225.
- Lemme, H. B. (2003). *Suaugusiojo raida*. Kaunas: UAB „Poligrafija ir informatika“.
- O’Sullivan, B. S., Schmitz, J. T. (2001). *Physical Rehabilitation, Assessment and Treatment*. Philadelphia, USA: F. A. Davis Company.
- Radžiūnienė, R. (2006). Sąnarių uždegimas. Kn. *Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas*. T. X, 2, 124—127.
- Reese, N. B. (2005). *Muscle and Sensory Testing*. Elsevier Saunders, USA.
- Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H. (2001). *Motor Control: Theory and Practical Applications*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Slemenda, C., Brandt, K. D., Heilman, D. K. (1997). Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Annals of Internal Medicine*, 127 (2), 97—104.
- Steultjens, M. P. M., Dekker, J., van Baar, M. E., Oostendorp, R. A. B., Bijlsma, J. W. J. (2001). Muscle strength, pain and disability in patients with osteoarthritis. *Clinical Rehabilitation*, 15, 331—341.
- Thorstensson, C. A., Roos, E. M., Petersson, I. F., Ekdahl, C. (2005). Six-week high-intensity exercise program for middle-aged patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 30 (6), 27.
- Večkienė, N. (2004). *Socialinė gerontologija: ištakos ir perspektyvos*. Kaunas: VDU.

EFFECT OF PHYSIOTHERAPY ON CHANGES IN PAIN, THIGH MUSCLE STRENGTH AND BALANCE IN KNEE OSTEOARTHRITIS

Vilma Juodžbalienė¹, Tomas Darbutas², Gražina Krutulytė¹, Vaidas Mickevičius³

Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas Nursing Hospital²,

Kaunas Technical College³, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The decrease of strength of quadriceps femoris is often related to osteoarthritis (OA) and appears in relation to the pain of involved joint (Steultjens et al., 2001; Dawson, Slovik, 2006). Then the researchers (Slemenda et al., 1997) maintain that the decrease of strength of quadriceps femoris may be the etiological factor of OA. Therefore it is important to assess the changes of muscle strength in the beginning of OA development.

The aim of the research was to establish changes of pain, thigh muscle strength, balance and training possibilities in knee OA. 20 subjects (age: 67—75 yr) with second stage of knee OA participated in the study. Static and dynamic balance, thigh muscle strength, pain were established applying Berg balance scale, dynamometry and numerical pain scale before different physiotherapy programs and after 4, 8 weeks.

The static and dynamic balance, thigh muscle strength and pain of healthy subjects of the same age (n = 20) were established with the purpose of objective evaluation of OA influence on above mentioned parameters.

Group I (n = 10; 5 males, 5 females): transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) (10 days) and physical exercises were applied from the first to the fourth week, physical exercises and joint mobilization were applied from the fifth to the eighth week. Group II (n = 10; 5 males, 5 females): TENS, physical exercises and joint mobilization were applied from the first to the fourth week, physical exercises and joint mobilization were applied from the fifth to the eighth week.

The results of the study showed that early application of joint mobilization, TENS and physical exercises together determined faster and better results of balance and thigh strength development in knee OA. The knee pain reduced, balance and thigh muscle strength increased significantly after application of TENS, joint mobilization and physical exercises. Evident correlation between knee pain, thigh muscle strength and balance was not established. Different physiotherapy programs increased the strength of knee flexors and extensors though strength balance disorder remained. Strength balance disorder determined the difference between balance parameters of healthy subjects and subjects with knee OA.

Keywords: osteoarthritis, pain, thigh muscle strength, balance, joint mobilization.

Gauta 2008 m. balandžio 18 d.
Received on April 18, 2008

Priimta 2008 m. birželio 18 d.
Accepted on June 18, 2008

Vilma Juodžbalienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel + 370 37 204338
E-mail v.juodzbaliene@lkka.lt

HIPERTERMIJOS POVEIKIS MOTERŲ GRIAUČIŲ RAUMENŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė¹, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹,
Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Soneta Ivanonė¹, Kazys Vadopalas¹, Kazimieras Pukėnas¹
Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas², Kaunas, Lietuva

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė. Biologijos mokslų magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantė. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: aklimatizacijos poveikis raumenų funkcijai.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais. Tiriamosios — sveikos fiziškai aktyvios moterys ($n = 6$). Jų amžius — $22,2 \pm 3,4$ m., kūno masė — $63,93 \pm 6,74$ kg, ūgis — $167,6 \pm 7,2$ cm. Buvo atliekami du tyrimai — kontrolinis ir eksperimentinis. Eksperimentinis tyrimas nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu vietoj pramankštos buvo pasyviai sukeliamą hipertermiją (tiriamosios sėdėdamos 45 min laikė kojas šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$). Išlipusios iš vonios, ne vėliau kaip po 5 minučių, tiriamosios buvo sodinamos į specialią dinamometro kėdę ir atliko 2 min trukmės maksimalų valingą izometrinį raumenų susitraukimą (MVJ-2 min). Prieš krūvį ir praėjus 15 ir 300 sekundžių po jo buvo atliekamas kontrolinis testavimas (raumuo stimuliuojamas 1, 10, 20, 50, 100 Hz elektros impulsais (stimuliacijos trukmė 1 s) ir TT 100 Hz (stimuliacijos trukmė 250 ms, dažnis 100 Hz)). Registruotas raumenų nevalingo susitraukimo jėgos momentas ir TT 100 Hz sukulto raumenų susitraukimo atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmė.

Sukėlus hipertermiją, rektalinė kūno temperatūra vidutiniškai padidėjo $2,08 \pm 0,24^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$), raumenų vidinė temperatūra (3 cm gylyje) — $2,99 \pm 0,29^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$). Hipertermijos eksperimento metu tiriamosios vidutiniškai neteko $0,4 \pm 0,07$ kg, ir tai sudarė $0,62 \pm 0,13\%$ kūno svorio. Išanalizavus fiziologinį šilumos streso indeksą (10 balų sistema) nustatyta, kad tiriamosios hipertermijos metu patyrė labai didelį fiziologinį stresą — $8,85 \pm 1,13$ balų.

Pagrindinės tyrimo išvados: 1) hipertermija pagerina trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą; lokaliai padidėjus raumenis (pvz., kai jų temperatūra padidėja apie 3°C) ypač padidėja raumenų susitraukimo greitis ir galingumas, nes padidėjusi temperatūra skatina greitesnę ATP, KP ir glikogeno panaudojimą; 2) hipertermija padidina raumenų nuovargio dydį, atliekant ilgalaikius fizinius pratimus; 3) didesnis nevalingos jėgos momento rodiklio padidėjimas hipertermijos metu pastebėtas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad hipertermijos metu kylantis nuovargis gali atsirasti dėl dviejų pagrindinių priežasčių — raumenų lokalių ir centrinės nervų sistemos pokyčių.

Raktažodžiai: hipertermija, centrinis nuovargis, izometriniai pratimai.

IVADAS

Hipertermija padidina fiziologinę kūno įtampą, o tokiomis sąlygomis atliekant ilgą trukmės nenutrūkstamus fizinius pratimus stipriai sumažėja fizinis pajėgumas ir trukmė iki nuovargio (Galloway, Maughan, 1997). Dėl fizinės veiklos atsiradęs nuovargis, manoma, tiesiogiai susijęs su fizinio pajėgumo apribojimais, esančiais griaučių raumenyse arba nervų sistemoje (Ratkevičius et al., 1998). Hipertermijos sukeliamo nuovargio mechanizmas iki galo nėra supastas

(Morrison et al., 2004). Nustatyta, kad nuovargio atsiradimas tiesiogiai susijęs su šerдинės temperatūros padidėjimu iki kritinės ribos — $39,5^\circ\text{C}$, t. y. kai pastebimas neurorauemeninės aktyvacijos sumažėjimas (Nybo, Nielson, 2001).

Kai paralelinio K. Vadopalo (2007) ir bendra autorių tyrimo metu buvo taikoma tokia pati raumenų pasyvaus šildymo metodika ir panašus tyrimo protokolas, tiriamosioms buvo nustatyta hipertermija, kuri padidino merginų centrinį nuovar-

gį atliekant dviejų minučių maksimalų izometrinį krūvį. Nepavyko aptikti daugiau tyrimų, kuriais būtų analizuotas hipertermijos poveikis moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, jo priklausomumas nuo stimuliavimo dažnio. S. S. Cheung (2007) pastebėjo, kad vienas svarbiausių ateities tyrimų aspektų, tiriant hipertermijos poveikį centriniam ir raumenų nuovargiui, yra testavimas ir vertinimas lyties požiūriu. Tyrimo tikslas — nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais.

TYRIMO METODAI

Tiriamosios — sveikos fiziškai aktyvios moterys ($n = 6$). Jų amžius — $22,2 \pm 3,4$ m., kūno masė — $63,93 \pm 6,74$ kg, ūgis — $167,6 \pm 7,2$ cm. Tiriamosios buvo supažindintos su tyrimo tikslais, procedūra ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime jos patvirtino raštu. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno regioniniame biomedicininio tyrimų etikos komitete (Protokolo Nr. 130/2005; Leidimo Nr. BE-2-54).

Dinamometro nustatymas ir padėties su-reguliavimas. Izometrinė blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga vertinta naudojant izokinetinį dinamometrą (*Biodex Medical System 3*, New York). Tiriamosios buvo sodinamos į dinamometro įrenginio kėdę, testuojama dešinė koja. Prie dinamometro pritvirtinamas papildomas blauzdos tvirtinimo įtaisas. Kelio anatominė sąnario ašis nustatoma ir sulyginama su dinamometro dinaminės apkrovos mazgo ašimi. Nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus 0° ir sulenkus blauzdą 115° kampu). Mažinant viso kūno inercinį svyravimą, tiriamoji apjuosiamas pečių, liemens ir šlaunies diržais. Blauzda įtvirtinama diržu virš kulnakaolio gumburo ties apatiniu trečdaliu, koja fiksuojama per kelio sąnarį 90° ir 60° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota $72^\circ \pm 5^\circ$ kampu (veikia gravitacinė sunkio jėga). Valdymo skyde pasirenkamas izometrinis režimas. Registravome raumenų nevalingo susitraukimo jėgos momentą ir TT 100 Hz sukulto raumenų susitraukimo atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmę.

Eksperimento eiga. Eksperimentas pirma kartą buvo aprašytas K. Vadopalo ir bendraautorių (2007). Prieš eksperimentą atliktas žvalgomasis tyrimas, kurio metu tiriamieji turėjo priprasti prie

laboratorijos aplinkos sąlygų ir pasimokyti atlikti didžiausio valingo izometrinio susitraukimo krūvį. Ne anksčiau kaip po savaitės tiriamieji, atrinkti atsitiktiniu būdu, atliko kontrolinį ir eksperimentinį tyrimą. Eksperimentinis tyrimas nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu vietoj pramankštos buvo pasyviai sukeliamą hipertermiją.

Taikant pasyvaus šildymo metodiką, tiriamosios, atvykusios į laboratoriją, 30 min ramiai sėdėdavo įprastinės temperatūros kambaryje ($20\text{—}22^\circ\text{C}$), paskui matuojama jų rektalinė temperatūra. Vėliau atliekamas kontrolinis MVJ matavimas, t. y. darant 2 min pertrauką atlikti trys maksimalūs valingi raumenų susitraukimai, kai blauzda per kelio sąnarį tiesiama fiksuotu 120° kampu (raumenų susitraukimo trukmė 5 s). Maždaug 2—3 šių susitraukimų sekundę keturgalvis šlaunies raumuo buvo stimuliuojamas 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serija. Paskui taikytas pasyvus kojų šildymas, iš karto po šildymo matuojama rektalinė temperatūra. Išlipusios iš vonios, ne vėliau kaip po 5 minučių, tiriamosios buvo sodinamos į specialią dinamometro kėdę ir atliko 2 min trukmės maksimalų valingą izometrinį raumenų susitraukimą (MVJ-2 min). Praėjus 15 ir 300 sekundžių po krūvio, atliktas kontrolinis testavimas. Krūvio metu tiriamosios vilkėjo šiltą ilgą sportinę aprangą, buvo užsidėjusios pirties kepurę (hipertermijai išlaikyti eksperimentinių tyrimų metu). Abiejų eksperimentų pabaigoje buvo matuojama rektalinė temperatūra (hipertermijai kontroliuoti).

Kontrolinio tyrimo metu tiriamosios po neintensyvios pramankštos — 10 min bėgimo (pulso dažnis — 110—130 tv. / min) — buvo sodinamos į specialią izokinetinio dinamometro kėdę ir atliko testavimą pagal tą patį protokolą, tik be pasyvaus raumenų šildymo.

Pasyvaus šildymo metodika. Tiriamosios sėdėdamos 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$, kambario temperatūra $20\text{—}24^\circ\text{C}$. Šildymo metu jos negalėjo vartoti jokių gėrimų ar naudoti dirbtinio vėsinimo įrenginių. Šildymo pabaigoje testuojamo raumens temperatūra 3 cm gylyje padidėjo $\sim 2,7^\circ\text{C}$ (Ramanaušienė ir kt., 2006). Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos — oro termometru. Tiriamosios prieš tyrimą ir po jo nuogos ir nusišluosčiusios buvo pasveriamos elektroninėmis svarstyklėmis (*Tanita TBF 300*, JAV). Tiriamųjų svorio skirtumas rodo skysčių kiekį, kurio jos neteko. Tiriamosios tarp svėrimų negalėjo šlapintis ir vartoti skysčių.

Rektalinės temperatūros matavimo metodika. Rektalinė temperatūra buvo matuojama zondų, apvilktu silikonine guma su įmontuotu termodavikliu (*Ellab, tipas Rectal probe*, Danija). Tiriamoji prieš pasyvų šildymą ir po jo išikišdavo zondą su termodavikliu į išeinamąją angą (laikas — 10 s, gylis — 12 cm) (Proulx et al., 2003).

Vidinės raumenų temperatūros matavimo metodika. Vidinė raumenų temperatūra matuojama adatinio termometru (*MKA, Ellab, Hvidovre*, Denmark). Kontrolinė raumenų temperatūra matuojama įduriant 3 cm gylyje į šoninį platųjį šlaunies raumenį (*vastus lateralis*), vidurinį jo trečdalį šone nuo šlaunikaulio. Raumenų temperatūros matavimo procedūra pakartojama iš karto po pasyvaus šildymo.

Širdies ir kraujagyslių sistemos būsenos vertinimas. Pasyvaus šildymo metu širdies susitraukimų dažnis buvo registruojamas pulso matuokliu (*Polar 625 x*, Suomija) 5 sekundžių intervalais.

Fiziologinio streso (šilumos) indekso (FSI) matavimo metodika. FSI buvo apskaičiuotas pagal formulę (Moran, et al., 1998):

$$FSI = 5(T_{\text{rektalinė } t} - T_{\text{rektalinė } 0}) \times (39,5 - T_{\text{rektalinė } 0})^{-1} + (\dot{SSD}_t - \dot{SSD}_0) \times (180 - \dot{SSD}_0),$$

čia $T_{\text{rektalinė } 0}$ ir $\dot{SSD}_0$ — pradiniai matavimai; $T_{\text{rektalinė } t}$ ir $\dot{SSD}_t$ — pasikartojantys matavimai per tam tikrą laiką.

FSI vertinimas: streso nėra arba labai mažas (0—2 balai), žemas (3—4 balai), vidutinis (5—6 balai), aukštas (7—8 balai) ir labai aukštas (9—10 balų).

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Analizuojamų rodiklių kaita priklausomai nuo raumens temperatūros ir laiko kaitos buvo

analizuojama taikant dviejų veiksnių dispersinę analizę. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$.

REZULTATAI

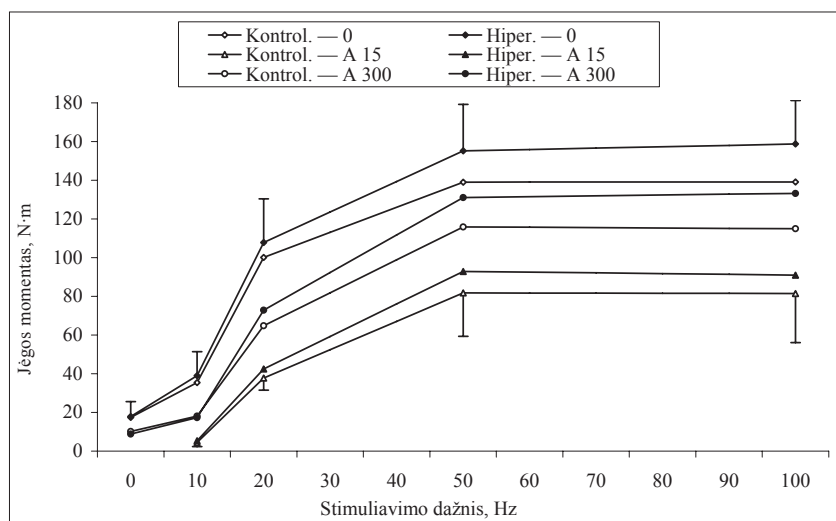
Sukėlus hipertermiją, rektalinė kūno temperatūra vidutiniškai padidėjo $2,08 \pm 0,24^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$), raumenų vidinė temperatūra (3 cm gylyje) — $2,99 \pm 0,29^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$). Hipertermijos eksperimento metu tiriamosios vidutiniškai neteko $0,4 \pm 0,07$ kg, ir tai sudarė $0,62 \pm 0,13\%$ kūno svorio. Išanalizavus fiziologinį šilumos streso indeksą (10 balų sistema) nustatyta, kad tiriamosios hipertermijos metu patyrė labai didelį fiziologinį stresą — $8,85 \pm 1,13$ balų.

Hipertermijos metu stimuliuojant raumenį skirtingo dažnio elektriniais impulsais, nevalingos jėgos momentas buvo padidėjęs, lyginant su kontroliniais matavimais (1 pav.). Tačiau pastarasis skirtumas nereikšmingas ($p > 0,05$). Ryškiausias jėgos momento padidėjimas nustatytas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais (50 ir 100 Hz,) mažiausias — stimuliuojant mažais dažniais (1, 10 ir 20 Hz) (stimuliavimo trukmė — 1 sekundė). Atsigavimo metu, praėjus 15 (A 15) ir 300 (A 300) sekundžių po MVJ-2 min, buvo nustatytas reikšmingai sumažėjęs nevalingos jėgos momentas, lyginant su rodikliais prieš krūvį ($p < 0,001$). Gautas rezultatas nepriklausė nuo stimuliavimo dažnio ar hipertermijos būsenos ($p > 0,05$).

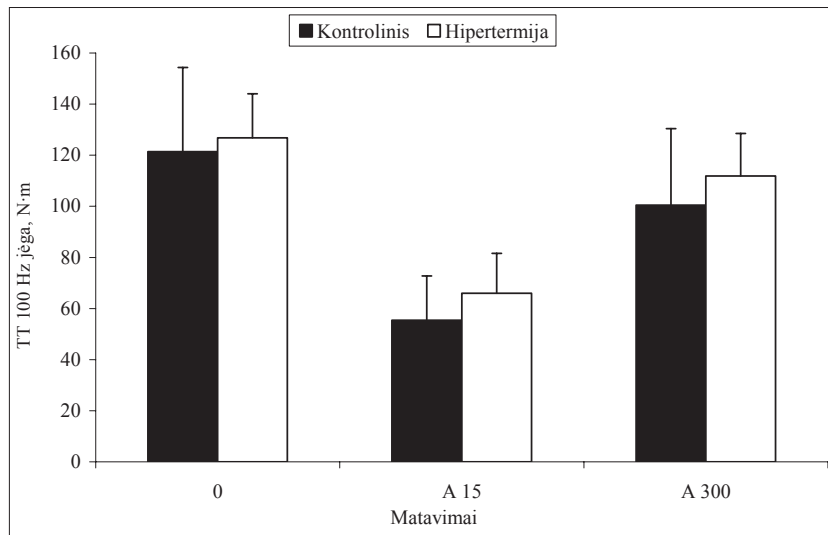
Panašūs rezultatai gauti ir tada, kai raumuo buvo stimuliuojamas 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz) (2 pav.).

Hipertermijos tyrimo metu apskaičiuvus TT 100 Hz raumenų atsipalaidavimo iki pusės jė-

1 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėga, sukelta skirtingų elektrinių impulsų serijos (1, 10, 20, 50 ir 100 Hz)

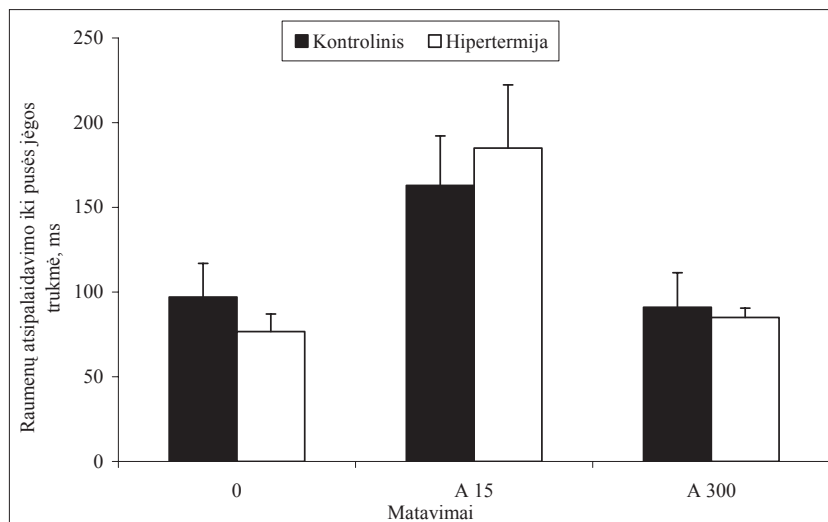


Pastaba. Stimuliavimo trukmė — 1 sekundė. Matavimai atlikti kontrolinio (Kontrol.) ir hipertermijos (Hiper.) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.



2 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėga, sukelta 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz)

Pastaba. Matavimai atlikti kontrolinio (K) ir hipertermijos (H) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.



3 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėgos, sukeltos 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz), atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmė

Pastaba. Matavimai atlikti kontrolinio (K) ir hipertermijos (H) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.

gos trukmę nustatyta, kad prieš krūvį ir po jo praėjus 300 s raumuo atsipalaidavo greičiau, lyginant su kontrolinio matavimo rodikliais (3 pav.). Tačiau praėjus 15 s po krūvio raumenų atsipalaidavimo trukmė pailgėjo. Atlikus dviejų veiksnių dispersinę analizę nustatyta, kad analizuojamų TT 100 Hz raumenų atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmės rodiklių pokytis priklausė nuo laiko ($p < 0,001$) bei sąveikos tarp laiko ir būsenos ($p = 0,03$), o skirtinga būseną (kontrolinė vs hipertermija) rezultatų skirtumo reikšmingai nepaveikė ($p > 0,05$).

REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindinis šio tyrimo tikslas buvo nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais.

Atlikus tyrimą galima daryti šias išvadas: 1) hipertermija pagerina trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą; 2) hipertermija padidina

raumenų nuovargio dydį atliekant ilgalaikius fizinius pratimus; 3) didesnis hipertermijos metu nustatytas nevalingos jėgos momento padidėjimas pastebėtas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais.

Gana netikėti tyrimo rezultatai — hipertermija, kurios metu pasireiškė centrinis nuovargis (Vadopalas et al., 2007), pagerino trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą, ir šis pokytis nepriklausė nuo stimuliavimo dažnio. Galima daryti prielaidą, kad pastarasis raumenų susitraukimo pagerėjimas yra labiau veikiamas lokalių priežasčių nei centrinio nuovargio. Manome, kad trumpalaikė nevalinga raumenų jėga padidėjo dėl lokalaus raumenų pašildymo (pvz., kai raumenų temperatūra padidėja apie 3°C , ypač padidėja raumenų susitraukimo greitis ir galingumas). Padidėjusi temperatūra skatina greitesnę ATP, KP ir glikogeno panaudojimą, padidėja ATP hidrolizės, miozino ATP-azės aktyvumo ir Ca^{2+} pernešimo priklausomybė (Rall, Woledge, 1990). Padidinus raumenų temperatūrą

2,7°C, reikšmingai padidėja raumenų nevalingo susitraukimo jėga, atsipalaidavimo greitis, o maksimalioji valinga jėga išlieka nepakitusi (Bružas ir kt., 2003), padidėja šuolio aukštis (Kandratavičius ir kt., 2003).

Tyrimo metu, praėjus 15 sekundžių po krūvio, buvo nustatytas raumenų atsipalaidavimo greičio sumažėjimas. Manome, kad atsirado metabolinis nuovargis. Energijos aprūpinimas, metabolitai ir šilumos atidavimas yra pagrindiniai jėgą limituojantys veiksniai (Enoka, Stuart, 1992). Atliekant dinaminis fizinius pratimus, anaerobinės gliukolizės greitis adenosintrifosfatas hidrolizės metu stipriai priklauso nuo temperatūros svyravimų (Ferretti et al., 1992). Raumenų temperatūros kilimas turėtų padidinti substratų panaudojimą ir šitaip padidinti metabolitų kaupimąsi. Gali būti, kad toks viduląstelinės terpės parūgštėjimas lemia susijungusių skersinių tiltelių mažėjimą, o jų sumavimo rezultatas — absoliučios jėgos mažėjimas

(Enoka, Stuart, 1992). H. Westerblad ir kt. (1998) nustatė, kad pH mažėjimo dėl H^+ koncentracijos didėjimo poveikis jėgai mažėja tada, kai temperatūra didėja. Nustatyta, kad pH sumažėjimas gali tris kartus labiau sumažinti absoliučią jėgą, esant 12°C nei esant 32°C temperatūrai (Westerblad et al., 1998). Pašildytame raumenyje ATP poreikis gerokai padidėja (Thornley et al., 2003). ATP suvartojimo ir reikalingumo padidėjimas yra susijęs su padidėjusia metabolitų koncentracija iš suintensyvėjusios ATP hidrolizės (Thornley et al., 2003), nes pašildytas raumuo greičiau nuvargsta (Brazaitis ir kt., 2004).

IŠVADOS

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad hipertermijos metu nuovargis atsiranda dėl dviejų pagrindinių priežasčių — raumenų lokalių ir centrinės nervų sistemos pokyčių.

LITERATŪRA

- Brazaitis, M., Skurvydas, A., Ramanauskienė, I., Masiulis, N. (2004). Skirtingos temperatūros poveikis keturgalvio šlaunies raumens nuovargiui ir atsigavimui, esant nevalingam izometriniam raumens susitraukimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (54), 32—39.
- Bružas, V., Skurvydas, A., Lukošūtė, I. (2003). Šildymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (52), 19—24.
- Cheung, S. S. (2007). Hyperthermia and voluntary exhaustion: Integrating models and future challenges. Review. *Applied Physiology Nutritional Metabolism*, 32, 808—817.
- Enoka, R. M., Stuart, D. A. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1631—1648.
- Ferretti, G., Ishii, M., Moia, C., Cerretelli, P. (1992). Effects of temperature on the maximal instantaneous muscle power of humans. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 112—116.
- Galloway, S. D., Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medical Science of Sports Exercise*, 29, 1240—1249.
- Kandratavičius, E., Skurvydas, A., Lukošūtė, I. (2003). Temperatūros poveikis šuolio be amortizuojamojo pritūpimo kinematiniais rodikliais. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (54), 13—17.
- Morrison, S. A., Sleivert, G. G., Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 729—736.
- Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1055—1060.
- Proulx, C. I., Ducharme, M. B., Kenny, G. P. (2003). Effect of water temperature on cooling efficiency during Hyperthermia in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94, 1317—1323.
- Rall, J. A., Woledge, R. C. (1990) Influence of temperature on mechanics and energetic of muscle contraction. *American Journal of Physiology*, 259, R 197—203.
- Ramanauskienė, I., Skurvydas, A., Brazaitis, M. ir kt. (2006). Moterų ir vyrų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybė nuo temperatūros. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (63), 49—54.
- Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Quistorff, B., Povilonis, E., Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in repetitive voluntary and exercise-induced exercise of human quadriceps muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 462—468.
- Thornley, L. J., Maxwell, N. S., Cheung, S. S. (2003). Local tissue temperature effects on peak torque and muscular endurance during isometric knee extension. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 588—594.
- Vadopalas, K., Skurvydas, A., Brazaitis, M. et al. (2007). Impact of hyperthermia and dehydration on skeletal muscle of adult women performing isometric exercise of maximum intensity. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (66), 48—55.
- Westerblad, H., Allen, D. G., Bruton, J. D. (1998). Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 253—260.

IMPACT OF HYPERTHERMIA ON SKELETAL MUSCLE FATIGUE AND RECOVERY OF FEMALES

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė¹, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹,
Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Soneta Ivanonė¹, Kazys Vadopalas¹, Kazimieras Pukėnas¹
*Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Technology²,
Kaunas, Lithuania*

ABSTRACT

Research aim was to establish impact of hyperthermia on women's muscle fatigue and recovery upon muscle stimulation with various frequencies. The study group were healthy and physically active women ($n = 6$). Their age was 22.2 ± 3.4 years, body mass — 63.93 ± 6.74 kg, height — 167.6 ± 7.2 cm. There were two studies performed — the control study and the experimental study. The experimental study differed from the control one because during it hyperthermia was passively induced instead of warm-up (the study group kept feet in the warm bath with water, the temperature of which was $44 \pm 1^\circ\text{C}$, sitting for 45 minutes). After the bath but no later than within 5 minutes the participants were asked to sit on a special dynamometer chair and perform a two-minute maximal voluntary isometric muscle contraction (MVJ-2 min). The control test was performed prior to the load and 15 and 300 s after the load (the muscle was stimulated by electrical impulses — 1, 10, 20, 50, 100 Hz (duration of stimulation — 1 s) and TT 100 Hz (duration of stimulation — 250 ms, frequency — 100 Hz)). Involuntary muscle contraction force momentum was registered as well as duration of half relaxation of TT 100 Hz induced muscle contraction.

After passive heating, the rectal temperature increased $2.08 \pm 0.24^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$) on average, the internal muscle temperature increased (3 cm deep) $2.99 \pm 0.29^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$). The subject lost 0.4 ± 0.07 kg on average during the hyperthermia experiment, and it made $0.62 \pm 0.13\%$ of the body mass. Physiological stress index (10 point system) shows that subjects underwent very high physiological stress — 8.85 ± 1.13 .

The main conclusions of the research: 1) hyperthermia improves momentary involuntary muscle contraction; it is considered, that the rate and capacity of muscle contraction increase after local heating, because of higher temperature forces using of ATP, KP and glycogen; 2) hyperthermia increases muscle fatigue upon performing sustained physical exercises; 3) greater increase in involuntary force momentum determined during hyperthermia occurred during the high-frequency muscle stimulation rather than during the one of low-frequency.

Generally our study showed that fatigue after hyperthermia was increased by two main determinants — the local changes of muscle and the changes in central nervous system.

Keywords: hyperthermia, central fatigue, isometric exercises.

Gauta 2008 m. birželio 4 d.
Received on June 4, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302677
E-mail ieva.lukosiute@antidopingas.lt

LIETUVOS JAUNIMO RINKTINĖS ŽAIDĖJŲ FIZINIS IŠSIVYSTYMAS, JO YPATUMAI IR KAITA

Rūtenis Paulauskas

Vilniaus pedagoginis universitetas, Vilnius, Lietuva

Rūtenis Paulauskas. Biomedicinos mokslų daktaras. Vilniaus pedagoginio universiteto Sporto metodikos katedros docentas. Mokslinių tyrimų kryptis — jaunųjų krepšininkų rengimas ir jų organizmo adaptacija prie fizinių krūvių.

SANTRAUKA

Didėjanti konkurencija tarp žaidėjų, ypač tarp jaunų, skatina trenerius domėtis ne tik taktiniu, techniniu rengimu, bet ir sportininkų fizinio vystymosi raida, adaptacijos prie fizinių krūvių ypatumais. Daugelis autorių yra ištyrę, kad nors jaunieji sportininkai savo fizine branda dar atsilieka nuo suaugusiųjų, tačiau kai kurių organizmo funkcinės galimybės siekia didelio meistriškumo sportininkų lygį. Žaidžiant krepšinį, sportinį rezultatą dažnai lemia fizinės ypatybės, tačiau ūgio, kūno ir raumenų masės rodikliai taip pat labai svarbūs. Tyrimu norėta išsiaiškinti, kaip reguliariai krepšinį žaidžiančių jaunuolių fizinio išsivystymo rodikliai kinta per ketverius metus.

Tyrimo tikslas — ištirti geriausių 16–19 m. Lietuvos krepšininkų — kandidatų į šalies rinktinę — fizinio išsivystymo kaitos rodiklius ir palyginti juos su to paties amžiaus nesportuojančiųjų.

Tirti jaunieji krepšininkai (n = 14), atstovavę įvairaus amžiaus Lietuvos rinktinėms. Žaidėjus tyrėme ketverius metus iš eilės — nuo 16 iki 19 metų amžiaus. Tyrimai atlikti kiekvienų metų vasarą rengiantis Europos ir pasaulio čempionatams. Tyrimo metu nustatėme: 1) ūgį, ūgį sėdint, siekimo stovint rezultatus; 2) kūno masę, kūno masės indeksą (KMI); 3) plaštakų statinės jėgos rodiklius; 4) gyvybinį plaučių tūrį (GPT); 5) riebalų ir raumenų masę, jų indeksą (RRMI).

Tyrimo rezultatai apdoroti matematinės statistikos metodais.

Nustatyta, kad Lietuvos įvairaus amžiaus krepšinio rinktinės žaidėjų ūgis yra kur kas didesnis už nesportuojančiųjų. Taigi atranka į šią sporto šaką yra specifinė. Tirtų jaunųjų krepšininkų kūno masė vidutiniškai 10 kg didesnė už nesportuojančiųjų, tačiau augimo tempai panašūs.

Atlikti tyrimai leidžia manyti, kad krepšinį žaidžiančių jaunuolių plaštakų statinės jėgos rodikliai yra nepakankami. Palyginus 16 ir 17 m. žaidėjų jėgos rodiklius su to paties amžiaus nesportuojančiųjų matyti, kad vidutiniai krepšininkų rodikliai blogesni.

Labiausiai raumenų masė ir statinė jėga didėjo nuo 18 metų amžiaus. Manome, kad tam turėjo įtakos tiek fizinis krūvis, tiek augimo fiziologiniai dėsniniai.

Raktažodžiai: ūgis, kūno masė, riebalų ir raumenų masė, statinė jėga.

IVADAS

Jaunųjų krepšininkų rengimas Lietuvoje yra sistemingas ir organizuotas pedagoginis procesas. Daugelyje šalies miestų ir rajonų veikia specializuotos sporto mokyklos, vykdomos moksleivių varžybos, formuojamos įvairaus amžiaus nacionalinės rinktinės. Didėjanti konkurencija tarp žaidėjų, ypač tarp jaunų, skatina trenerius domėtis ne tik taktiniu, techniniu rengimu, bet ir sportininkų fizinio vystymosi raida, adaptacijos prie fizinių krūvių ypatumais.

Daugelis autorių yra ištyrę, kad nors jaunieji sportininkai savo fizine branda dar atsilieka nuo

suaugusiųjų, tačiau kai kurių organizmo funkcinės galimybės siekia didelio meistriškumo sportininkų lygį (Lašienė ir kt., 1994; Katzmarzyk et al., 2003; Eisenmann et al., 2005). Sportas ir fizinis aktyvumas nelabai veikia somatinius ūgio ir kūno masės rodiklius (Janz et al., 2000; Paulauskas ir kt., 2005; Matton et al., 2007), tačiau kaip fizinio išsivystymo rodiklius veikia reguliarios krepšinio pratybos tyrinėta nepakankamai.

Žaidžiant krepšinį, sportinį rezultatą dažnai lemia fizinės ypatybės, tačiau ūgio, kūno ir raumenų masės rodikliai taip pat labai svarbūs. Tyrimu

norėta išsiaiškinti, kaip kinta reguliariai krepšinių žaidžiančių jaunuolių fizinio išsivystymo rodikliai per ketverius metus.

Tyrimo tikslas — ištirti geriausių 16–19 m. Lietuvos krepšininkų — kandidatų į šio amžiaus šalies rinktinės — fizinio išsivystymo kaitos rodiklius ir palyginti juos su to paties amžiaus nesportuojančiųjų.

Tiriamieji. Tirti 16–19 m. krepšininkai ($n = 14$), atstovavę įvairaus amžiaus Lietuvos rinktinėms.

TYRIMO ORGANIZAVIMAS IR METODAI

Žaidėjus tyrėme ketverius metus iš eilės — nuo 16 iki 19 metų amžiaus. Tyrimai vyko keturis kartus — kiekvienų metų vasarą rengiantis Europos ir pasaulio čempionatams. Jaunųjų krepšininkų fizinis išsivystymas tirtas naudojant antropometrijos metodą (Skernevičius ir kt., 2004). Nustatyta:

1. Ūgis, ūgis sėdint, aukščiausio taško siekimo stovint rezultatai.
2. Kūno masė, kūno masės indeksas (KMI).
3. Plaštakų statinės jėgos rodikliai.
4. Gyvybinis plaučių tūris (GPT).
5. Riebalų ir raumenų masė, jos indeksas (RRMI) (Juocevičius, Guobys, 1985).

Tyrimo rezultatai apdoroti matematinės statistikos metodais: apskaičiuotas aritmetinis vidurkis ($\bar{x}$), standartinis nuokrypis (S). Pateiktas didžiausias ir mažiausias rodiklis. Apskaičiuotas aritmetinių vidurkių skirtumo patikimumas taikant

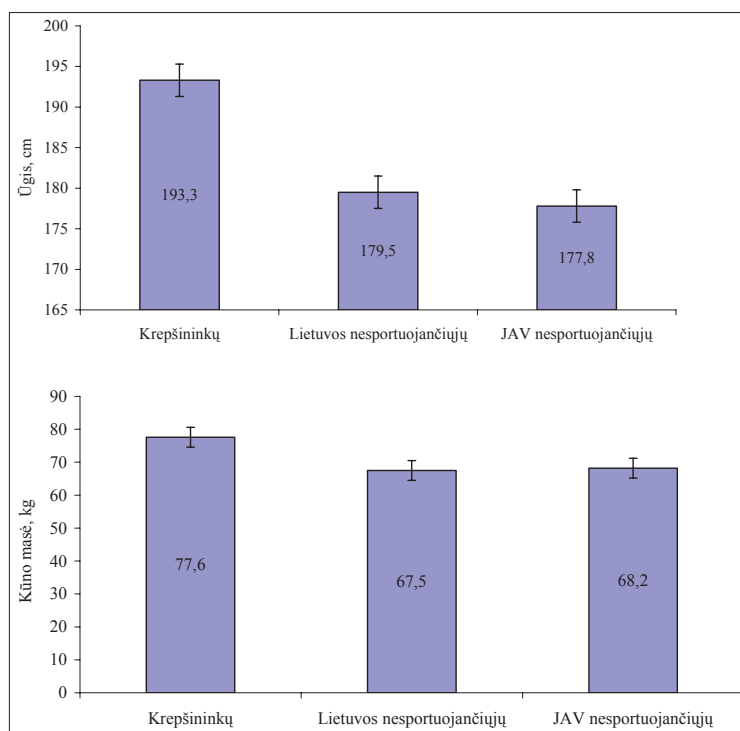
dispersinės analizės (*ANOVA*) metodą ir nustačius F kriterijų. Atskirų požymių sąsaja įvertinta atliekant tiesinės koreliacijos (Pirsono) tyrimą.

REZULTATAI

Tirti specifinės grupės jaunuolių — krepšininkų — augimo tempai per ketverius metus. Lyginant 16 m. krepšininkų ($n = 14$) ūgį su to paties amžiaus nesportuojančiųjų (*Eurofitas*, 2002), matyti didelis rodiklių skirtumas $\bar{x} = 12,1$ cm ($p < 0,05$) (1 pav., 1, 2 lent.). Tyrimo laikotarpiu užfiksuota žaidėjų ūgio didėjimo tendencija. Didesni augimo tempai pastebėti per pirmuosius dvejus tyrimo metus. Ketvirto tyrimo metu vidutinis komandos tiriamųjų ūgis siekė $197,29 \pm 7,03$ cm.

JAV atlikti to paties amžiaus nesportuojančių jaunuolių tyrimai parodė (Malina, Bouchard, 1991), kad jų ūgis $\bar{x} = 15,5$ cm mažesnis už tirtų Lietuvos jaunųjų krepšininkų (1 pav.), tačiau nuo 16 iki 18 metų amžiaus augimo tempai yra tokie patys — $\bar{x} = 4$ cm. Kaip specifškai svarbų krepšininkams fizinio išsivystymo rodiklį tyrėme galūnių ilgį, išmatuodami siekimo ranka aukštį ir ūgį sėdint. Akivaizdu, kad galūnių ilgis leidžia žaidėjui būti pranašesniau prieš varžovą. Atsiranda galimybė sugauti ir mesti kamuolį iš aukščiau. Per dvejus metus (nuo 16 iki 17 m.) siekimo ranka vidutiniai rodikliai padidėjo 6,91 cm ($p > 0,45$), ūgis sėdint — 3,33 cm ($p < 0,01$).

Didėjant ūgiui, auga ir kūno masė, todėl tirtų Lietuvos jaunųjų krepšininkų vidutiniai kūno masės



1 pav. Tirtų Lietuvos 16 m. krepšininkų, Lietuvos ir JAV nesportuojančiųjų vidutiniai ūgio ir kūno masės rodikliai

1 lentelė. Tirtų 16–19 m. Lietuvos jaunųjų krepšininkų fizinio išsivystymo rodiklių kaita

Rodikliai Tiriamųjų amžius	Rod.	Ūgis, cm	Ūgis sėdint, cm	Siekimas stovint, cm	Kūno masė, kg	KMI kg / m ²	Jėga, kg		GPT, l	Rieb., kg	Raum., kg	RRMI
							D	K				
I 16 m.	$\bar{X}$	193,33	98,92	249,92	77,58	20,85	42,33	37,50	5,30	7,66	41,27	5,55
	S	6,46	3,46	10,62	8,73	1,87	6,68	5,88	0,77	1,99	5,24	0,82
	Min.	187	93	233	65	18,1	30	28	3,6	5,3	34,5	4,26
	Maks.	207,5	105	271	96	23,5	56	54	6,5	10,6	52,1	6,91
II 17 m.	$\bar{X}$	195,82	100,73	254,45	81,77	21,32	39,36	34,36	5,59	8,30	43,65	5,36
	S	7,13	2,80	11,64	6,85	1,20	8,27	7,79	0,44	1,51	4,62	0,79
	Min.	186,5	94,5	240	73,5	19	28	28	4,5	6,1	36,1	4,45
	Maks.	207,5	104	273	96	23,08	56	56	6,2	10,6	52,1	6,58
III 18 m.	$\bar{X}$	197,17	102,25	256,83	86,50	22,19	43,33	38,25	5,71	9,24	48,23	5,34
	S	6,18	2,01	9,81	9,00	1,78	5,80	5,79	0,49	2,14	5,74	0,87
	Min.	190	98	244	74	19,3	32	30	4,6	6,01	33,9	4,57
	Maks.	209	106	275	106,5	25	50	48	6,4	13,3	60,9	6,93
IV 19 m.	$\bar{X}$	197,29	102,46	257,33	90,88	23,44	52,92	50,75	5,76	9,56	49,43	5,26
	S	7,03	3,40	9,05	7,21	1,58	7,69	3,93	0,43	1,86	7,31	0,84
	Min.	190	91,5	245	80,5	21,1	46	42	5	7,4	31,4	4,01
	Maks.	210	104,5	276	104,5	26,2	70	55	6,4	13,1	60,1	6,76

2 lentelė. Tirtų Lietuvos krepšininkų fizinio išsivystymo atskirų tyrimų patikimumo rodikliai

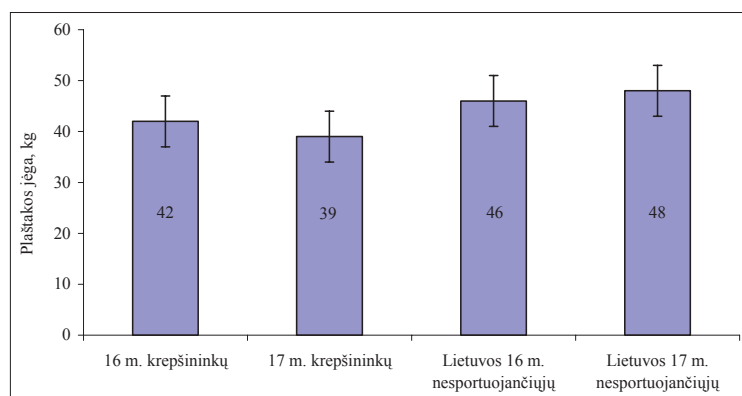
Rodikliai Tyrimai	Patikimumas	Ūgis, cm	Ūgis sėdint, cm	Siek. stovint, cm	Kūno masė, kg	KMI kg / m ²	Jėga, kg		GPT, l	Rieb., l	Raum., kg	RRMI
							D	K				
I—II	F	0,32	1,33	0,58	0,37	0,01	0,06	0,24	0,46	0,01	0,40	0,07
	P	0,58	0,26	0,45	0,55	0,93	0,80	0,63	0,50	0,97	0,53	0,79
I—III	F	1,28	6,92	1,99	1,98	1,49	1,47	0,99	0,91	1,25	6,63	0,04
	P	0,27	0,01	0,18	0,17	0,24	0,24	0,33	0,35	0,29	0,02	0,84
I—IV	F	1,21	0,79	1,16	11,18	9,18	17,82	12,30	1,85	2,56	7,09	0,001
	P	0,28	0,38	0,29	0,004	0,01	0,001	0,001	0,19	0,12	0,01	0,97
II—III	F	0,24	2,28	0,28	1,98	1,84	1,79	1,87	0,36	1,46	4,38	0,03
	P	0,63	0,15	0,6	0,17	0,19	0,19	0,18	0,55	0,24	0,04	0,95
II—IV	F	0,25	0,04	0,05	9,59	12,88	16,57	17,80	0,85	3,13	5,04	0,09
	P	0,62	0,82	0,82	0,005	0,001	0,001	0,001	0,37	0,09	0,03	0,76
III—IV	F	0,02	2,47	0,11	1,72	3,31	11,87	13,8	0,08	0,15	0,20	0,06
	P	0,96	0,13	0,75	0,2	0,08	0,002	0,001	0,79	0,17	0,66	0,81

rodikliai smarkiai skiriasi nuo nesportuojančiųjų. Nustatyta, kad tirtų jaunučių (16 m.) vidutinis kūno masės rodiklis siekia $77,58 \pm 8,73$ kg ir vidutiniškai yra 10 kg didesnis ($p < 0,005$) už nesportuojančių to paties amžiaus Lietuvos ir JAV jaunuolių rodiklius (Strong et al., 2005) (1 pav.). Tyrimo laikotarpiu krepšininkų kūno masė padidėjo — $\bar{X} = 13,3$ kg ($p < 0,004$).

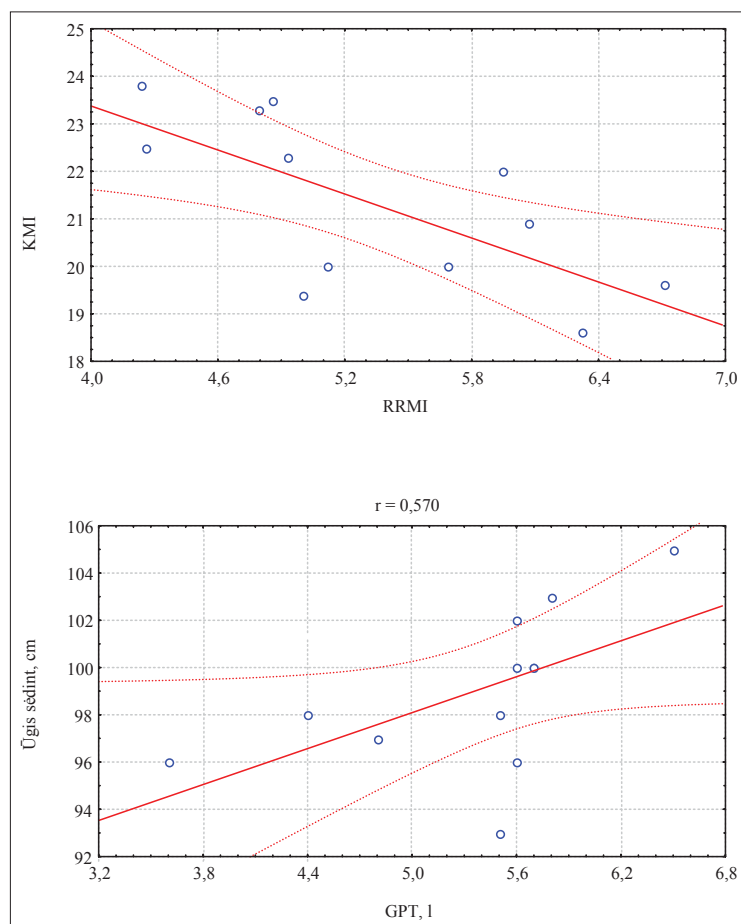
Kūno masės indeksas (KMI), kaip ir kūno masė, kiekvienais metais didėjo, tačiau tempai nebuvo vienodi. Tai susiję ir su ūgio, ir su kūno masės rodiklių kaita. Per pirmą tyrimų etapą KMI vidutinės didėjimo tendencijos siekė tik 0,43, o per visą tyrimą — 2,59 vienetų ($p < 0,01$).

Fiziometrinius fizinio išsivystymo rodiklius gali paveikti fizinės pratybos (Trost et al., 2002;

Thompson et al., 2003; Marshall et al., 2004). Tirti krepšininkai reguliariai sportavo 8 kartus per savaitę. Ar tai lėmė raumenų statinės jėgos padidėjimą, iš dalies galėjo atsakyti atliktas tyrimas. Jau tyrimo pradžioje 16 m. krepšininkų rodikliai buvo mažesni už to paties amžiaus nesportuojančiųjų (2 pav.). 16 m. krepšininkų tiek dešinės, tiek kairės plaštakos vidutinė jėga per metus ne tik nepadidėjo, bet netgi turėjo tendenciją mažėti. Kai tuo tarpu Lietuvos nesportuojančių to paties amžiaus moksleivių plaštakų jėgos rodikliai šiek tiek didėjo. Nuo 18 m. amžiaus užfiksuotas didžiausias krepšininkų jėgos rodiklių padidėjimas. Per vienerius metus dešinės plaštakos jėga vidutiniškai didėjo 9,59 ($p < 0,002$) kg, kairės — net 12,5 kg ($p < 0,001$).



2 pav. Tirtų Lietuvos krepšininkų ir nesportuojančiųjų plaštakų statinės jėgos rodiklių palyginimas

3 pav. Tirtų Lietuvos krepšininkų KMI ir RRMI ($r = -0,692$), GPT ir ūgio sėdint ($r = 0,570$) vidutinių rodiklių koreliaciniai ryšiai

Ne tik augimo tempai, bet ir fiziniai pratimai skatina gyvybinio plaučių tūrio (GPT) didėjimą (Johnson, Nelson, 1986). Tai leidžia vertinti ir kvėpavimo sistemos funkcinį pajėgumą. Tirtų krepšininkų GPT rodikliai per ketverius metus kito nedaug. Tyrimo pabaigoje vidutinis rodiklis siekė $5,76 \pm 0,43$ l.

Akivaizdu, kad didėjant ūgiui ir kūno masei riebalų raumenų masė taip pat padidėjo. Tiriamųjų augimo tempai nebuvo vienodi. Riebalų masė labiausiai padidėjo, kai tiriamieji buvo 17 ir 18 metų amžiaus — $\bar{x} = 0,94$ kg ($p > 0,24$), o per visą tyrimo laikotarpį — $\bar{x} = 1,9$ kg ($p > 0,12$).

Tyrimo metu užfiksuotas ryškus raumenų masės padidėjimas. Per ketverius metus šis rodiklis vidutiniškai padidėjo 8,24 kg ($p < 0,01$) ir siekė

$49,43 \pm 7,31$ kg, o didžiausias raumenų masės prieaugis užfiksuotas laikotarpiu tarp antro ir trečio tyrimo $\bar{x} = 4,8$ kg ($p < 0,04$).

Riebalų ir raumenų masės indeksas (RRMI) per ketverius metus nepakito. 16 m. krepšininkų rodiklis vidutiniškai siekė $5,55 \pm 0,82$ vienetų.

REZULTATŲ APTARIMAS

Ūgio kaitai fizinis aktyvumas didesnio poveikio neturi, tačiau atliktas tyrimas parodė, kad į įvairaus amžiaus Lietuvos jaunimo rinktinės patenka jaunuoliai, aukštesni už nesportuojančiuosius. Palyginus tirtų krepšininkų, JAV ir Lietuvos to paties amžiaus moksleivių rodiklius matyti,

kad nors nesportuojančiųjų ūgis yra mažesnis, tačiau nuo 16 iki 18 metų augimo tempai visų yra panašūs. Tirtų Lietuvos devyniolikamečių rinktinė drauge su JAV bendraamžiais varžėsi pasaulio čempionate. Amerikiečių komandos žaidėjų vidutinis ūgio rodiklis siekė 194,6 cm — vidutiniškai 2,7 cm jie buvo mažesni už tirtus lietuvius. Nors Lietuvos rinktinės žaidėjų vidutinis ūgio rodiklis buvo didesnis, pasiekti rezultatai blogesni už JAV. Tai rodo, kad ūgis yra privalumas tik pasiekus gerą fizinį ir techninį parengtumo lygį.

Akivaizdu, kad tarp ūgio ir kūno masės yra koreliacinis ryšys ($r = 0,583$). Visgi daugelis autorių teigia, kad fizinės pratybos didina raumenų masę, bet mažina riebalus (Malina, 1997; Trost et al., 2002; Marshall et al., 2004). Šio tyrimo metu nustatyta, kad krepšininkų kūno masė didesnė už nesportuojančiųjų, o riebalų ir raumenų masės santykis — optimalus. Ištyrus statistinę duomenų priklausomybę matyti, kad kūno masės indeksas turi atvirkštinį ryšį su riebalų ir raumenų masės indeksu. Taigi kuo didesnis RRMI rodiklis, tuo mažesnis KMI (3 pav.). Taip pat egzistuoja gyvybinio plaučių tūrio ir ūgio sėdint rodiklių tarpusavio ryšys ($r = 0,570$).

Per ketverius metus raumenų masė ir jėga didėjo skirtingais tempais. Didžiausias raumenų masės prieaugis užfiksuotas per antrą tyrimų etapą, o plaštakų statinė jėga labiausiai didėjo per trečią. Tai rodo, kad hipertrofinės raumenų savybės buvo išugdytos anksčiau, o funkcinės galios padidėjo

po metų. Jaunųjų krepšininkų, kitų autorių atlikti to paties amžiaus irklautojų ir dviratininkų fizinio išsivystymo tyrimai parodė (Dadelienė, Milašius, 2004) labai didelį ($r = 0,986$) kūno ir raumenų masės rodiklių koreliacinį ryšį.

Atlikti tyrimai leido įvertinti specifinės grupės jaunuolių, geriausių 16—19 m. krepšininkų, kurie atstovavo Lietuvai Europos ir pasaulio čempionatuose, fizinio išsivystymo ypatumus bei jų kaitą dėl fizinio krūvio ir augimo poveikio.

IŠVADOS

1. Lietuvos 16 m. krepšinio rinktinės žaidėjų ūgis vidutiniškai 15,5 cm didesnis už nesportuojančių bendraamžių. Tačiau jų augimo tempai nuo 16 iki 18 metų yra beveik vienodi. Tai rodo, kad atranka į šią sporto šaką yra specifinė.
2. Tirtų jaunųjų krepšininkų kūno masė vidutiniškai 10 kg didesnė už nesportuojančiųjų, tačiau augimo tempai panašūs.
3. Atlikti tyrimai leidžia manyti, kad krepšinį žaidžiančių jaunuolių plaštakų statinės jėgos rodikliai yra nepakankami. Palyginus 16 ir 17 m. žaidėjų ir to paties amžiaus nesportuojančiųjų rodiklius matyti, kad krepšininkų vidutiniai rodikliai blogesni.
4. Raumenų masė sparčiai augo nuo 17 metų, o raumenų statinė jėga smarkiai didėjo nuo 18-os. Manytume, kad tam turėjo įtakos ir fizinis krūvis, ir fiziologiniai augimo dėsniniai.

LITERATŪRA

- Dadelienė, R., Milašius, K. (2004). Body adaptation peculiarities in 15—17-year old junior training for cycling and rowing sports. *Acta medica Lituanica*, 11, 3, 41—49.
- Eisenmann, J. C., Katzmarzyk, P. T., Perusse, L. et al. (2005). Aerobic fitness, body mass index, and CVD risk factors among adolescents: The Quebec family study. *International Journal of Obesity*, 29, 1077—1083.
- EUROFITAS. (2002). Fizinio pajėgumo testai, metodika. Parengė V. Volbekienė ir S. Kavaliauskas. *Lietuvos moksleivių fizinio pajėgumo rezultatai*. Vilnius.
- Janz, K. F., Dawson, J. D., Mahoney, L. T. (2000). Tracking physical fitness and physical activity from childhood to adolescence: The Muscatine study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 7 (32), 1250—1257.
- Johnson, B. L., Nelson, J. K. (1986). *Practical Measurements for Evaluation in Physical Education*. United States of America. P. 126—127.
- Juocevičius, A., Guobys, H. (1985). *Reumatinėmis ligomis sergančiųjų fizinio pajėgumo ir reabilitacijos potencialo kompleksinis įvertinimas*. Vilnius.
- Katzmarzyk, P. T., Tremblay, A., Perusse, L., Despres, J. P. (2003). The utility of the international child and adolescent overweight guidelines for predicting coronary heart disease risk factors. *Journal of Clinical Epidemiology*, 5 (56), 456—462.
- Lašienė, D., Pavilionis, S., Tutkuvienė, J. (1994). *Lytinis brendimas ir jo įvertinimas: mokymo metodinės rekomendacijos*. Kaunas. P. 4—23.
- Malina, R. M., Bouchard, C. (1991). *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Malina, R. M. (1997). Prospective and retrospective longitudinal studies of the growth, maturation and fitness of Polish youth active in sport. *International Journal of Sports Medicine (Themie)*, 1, 179—185.
- Marshall, S. J., Biddle, S. J. H., Gorely, T., Cameron, N., Murdey, I. (2004). Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: A meta-analysis. *International Journal of Obesity*, 28, 1238—1246.
- Matton, L., Duvigneaud, N., Wijndaele, K. et al. (2007). Secular trends in anthropometric characteristics, physical

fitness, physical activity, and biological maturation in Flemish adolescents between 1969 and 2005. *American Journal of Human Biology*, 3 (19), 345—357.

Paulauskas, R., Paulauskienė, R., Levinsonienė, A. (2005). Lietuvos jaunučių krepšinio rinktinės rengimas Europos čempionatui ir adaptacijos prie fizinių krūvių ypatumai. *Sporto mokslas*, 2 (40), 67—71.

Skernevičius, J., Raslanas, A., Dadelienė, R. (2004). *Sporto mokslo tyrimų metodologija*. Vilnius: Lietuvos sporto informacijos centras.

Strong, W., Malina, R., Blimkie, C. et al. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *The Journal of Pediatrics*, 6 (146), 732—737.

Thompson, A. M., Baxter, J., Mirwald, R., Bailey, D. (2003). Comparison of physical activity in male and female children: Does maturation matter? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10 (35), 1684—1690.

Trost, S., Pate, R. R., Sallis, J. F., Freedson, P. S., Wendel, C. (2002). Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2 (34), 350—35.

PHYSICAL DEVELOPMENT OF THE LITHUANIAN NATIONAL TEAM YOUNG BASKETBALL PLAYERS, ITS PECULIARITIES AND DEVELOPMENT

Rūtenis Paulauskas

Vilnius Pedagogical University, Vilnius, Lithuania

ABSTRACT

The preparation of young basketball players is a well-organised pedagogical process in Lithuania. Basketball schools educate boys and girls from 7 to 18 years, organize competitions for different age groups, train players for the national teams. Annually growing competition between young basketball players necessitates not only to care about the tactical and technical qualities but also to improve their physical abilities and to evaluate their level.

The research question of this study was: how regular training affects physical development indices in the period of four years.

The aim of the current study was to investigate the physical development of the best young (16—19 year old) basketball players and to compare it with their not exercising contemporaries.

We studied the candidates of various age ($n = 14$) to the Lithuanian junior national team. Our examination was held for four subsequent years — from 16 to 19 years old. The studies were carried out every summer during the preparation for the European and world championships. We investigated the: 1) standing height, sitting height, standing long reach; 2) body mass, body mass index; 3) dynamometry; 4) vital volume of lungs; 5) muscle and fat mass proportions.

The data were processed applying methods of mathematic statistics. We estimated that standing height of 16 year old basketball players was significantly bigger than of not exercising youngsters. The average difference in results was 15.5 cm. However, the increase rate at this age was the same. It shows that the selection of persons for the basketball practice is specific.

The body mass of the basketball players was 10 kg bigger on average than of not exercising contemporaries, but their growth rate was the similar.

Our examination showed that dynamometrical indices of active basketball players were not sufficient. The comparison of the static muscle power of basketball players with not exercising youngsters showed worse results. We estimated that the biggest growth of muscle mass and power was found at the age of 18 years and more. It was associated with their physical activity and the rate of maturation.

Keywords: physical activity, height, body mass, power, fat mass.

Gauta 2007 m. spalio 24 d.
Received on October 24, 2007

Priimta 2008 m. vasario 20 d.
Accepted on February 20, 2008

Rūtenis Paulauskas
Vilniaus pedagoginis universitetas
(Vilnius Pedagogical University)
Studentų g. 39, LT-06316 Vilnius
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 69839079
E-mail rutenis2006@yahoo.com

DEGUONIES ĮSISOTINIMO KAITA RAUMENYSE ATLIEKANT KVĖPAVIMO PRATIMUS

Kristina Poderytė, Birutė Miseckaitė, Albinas Grūnovas, Jonas Poderys,
Eugenijus Trinkūnas

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Kristina Poderytė. Biomedicinos mokslų magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Kineziologijos laboratorijos jaunesnioji mokslo darbuotoja. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus sveikatos ir darbingumo gerinimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti deguonies įsisotinimo kaitos raumenyse, periferinės kraujotakos ir širdies funkcinį rodiklių kaitos ypatybes atliekant kvėpavimo pratimus. Pirmo tyrimo metu 11 tiriamųjų (sportuojantys asmenys) atliko du maksimalius kvėpavimo sulaikymus darydami penkių minučių pertrauką tarp jų, o antro tyrimo metu — kvėpavimo pratimą jungdami 20 s trukmės hiperventiliacijas su submaksimalios trukmės kvėpavimo sulaikymais po gilaus įkvėpimo. Tyrimo metu buvo registruojama 12 EKG standartinių derivacijų, Korotkovo metodu kairės rankos žasto srityje buvo matuojamas arterinis kraujo spaudimas. Arterinės kraujotakos intensyvumas blauzdoje buvo registruojamas veninės okliuzinės pletizmografijos metodu. Deguonies įsisotinimo kaita blauzdos raumenyje buvo vertinama neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu (Hutchinson Technology device, Model 325).

Sulaikant kvėpavimą iki negalėjimo antro kartojamą kvėpavimo sulaikymo metu visi tiriamieji ilgiau sulaikydavo kvėpavimą, labiau padidėdavo diastolinis kraujo spaudimas. Sulaikant kvėpavimą arterinės kraujotakos intensyvumas reikšmingai sumažėdavo, o atsigavimo fazėje arterinės kraujotakos kaita priminė reaktyvinės hiperemijos ar podarbinės hiperemijos ypatybes. Deguonies įsisotinimas raumens audinyje reikšmingai sumažėdavo kiekvieno kvėpavimo sulaikymo metu. Kvėpavimo pratimas sukelia reikšmingus širdies funkcinį rodiklių, kartu ir periferinės kraujotakos, StO_2 svyravimus: dėl periferinių kraujagyslių vazokonstrikcijos didėja sistolinio ir diastolinio bei pulsinio arterinio kraujo spaudimo reikšmės; mažėja raumenų arterinės kraujotakos intensyvumas ir deguonies įsisotinimas raumenyse. Deguonies įsisotinimo kaita raumenyse, atliekant kvėpavimo sulaikymo mėginį ir kvėpavimo pratimą, atkartoja periferinės kraujotakos ypatybes.

Raktažodžiai: širdies ir kraujagyslių sistema, raumenų kraujotaka, deguonies įsisotinimas, kvėpavimo pratimai.

IVADAS

Kineziologai, kūno kultūros mokytojai, treneriai ir kiti specialistai sveikatai stiprinti, sportuojančiojo funkciniam parengtumui gerinti be fizinių pratimų taiko ir kitus išorinius poveikius bei jų derinius. Viena iš tokių pakankamai efektyvių poveikio priemonių yra kvėpavimo pratimai (Jasiukevičienė, Vasiliauskas, 1998; Šidlauskienė, 2005; Pendergast et al., 2006; Wylegala et al., 2007). Kvėpavimas yra refleksinis, kartu

ir valingas veiksmas, todėl sąmoningai kaitaliojant kvėpavimo intensyvumą ir kvėpavimo sulaikymą, galima paveikti organizmo vegetacines funkcijas.

Širdies ir kraujagyslių sistema yra viena reikšmingiausių visoje greitosios ir lėtosios adaptacijos prie fizinių krūvių mechanizmų grandinėje (Shephard, 1987; Skirius, 2005; Vainoras ir kt., 2005; Poderys ir kt., 2007). Širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinio parengtumo gerinimas svarbus

didelio meistriškumo sportininkų ir sveikatą stiprinančių asmenų pratybose. LKKA Kineziologijos laboratorijos magistrantai ir doktorantai atliko kvėpavimo pratimų taikymo kartu su fiziniais pratimais tyrimus, kurių metu nustatė, kad fizinių pratimų veiksmingumas reikšmingai padidėjo, kai pratybose kartu su fiziniu krūviu buvo taikomi ir kvėpavimo pratimai (Šidlauskienė, 2005; Poderys ir kt., 2007). Be daugelio žinomų ir aprašytų kvėpavimo pratimų poveikio svarbu išsamiau pažinti širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinių rodiklių kaitos ypatybes atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimus. Nėra tyrimų, kuriais būtų nustatytos periferinės kraujotakos ir deguonies įsisotinimo raumens audinyje, atliekant įvairius kvėpavimo pratimus, kaitos ypatybės. Tyrimo tikslas — nustatyti deguonies įsisotinimo kaitos raumenyse, periferinės kraujotakos ir širdies funkcinių rodiklių kaitos ypatybes, atliekant kvėpavimo pratimus.

TYRIMO METODIKA

Buvo tiriama 11 savanorių studentų, visi jie sportuojantys asmenys — lengvaatlečiai bėgikai, besitreniruojuojantys trumpųjų ir vidutinių nuotolių bėgimo rungtyse. Vieną dieną prieš tyrimą jie nesitreniravo, t. y. ilsėjosi.

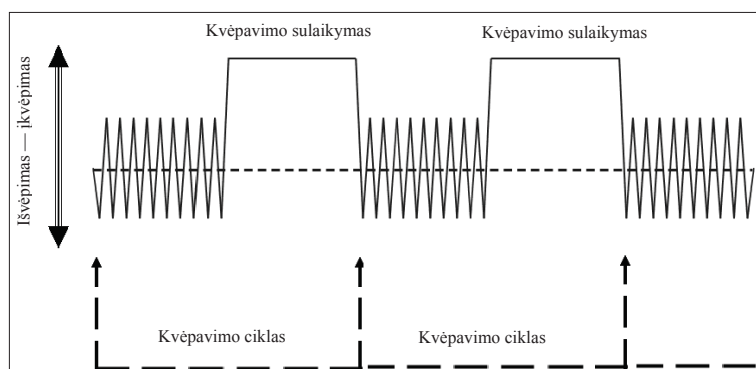
Iš viso buvo atlikti du tyrimai darant 10 min pertrauką tarp jų. Pirmo tyrimo metu respondentai atliko du maksimalius kvėpavimo sulaikymus, darydami penkių minučių pertrauką tarp jų. Antro tyrimo metu jie darė vieną iš kvėpavimo pratimų, rekomenduojamų sportininkams ir sveikatą stiprinantiems asmenims. Jo metu aktyvus kvėpavimas, t. y. hiperventiliacija (*10 greitų vienas po kito sekančių įkvėpimų ir iškvėpimų*) kaitaliojamas su kvėpavimo sulaikymais. Po hiperventiliacijos tiriamasis giliai įkvėpdavo ir sulaikydavo kvėpavimą kiek galima ilgiau. Paskui vėl taikyta hiperventiliacija, t. y. prasiždėdavo naujas kvėpavimo pratimo ciklas. Iš viso tiriamieji atliko keturis tokius kvėpavimo ciklus. Pratimo schema parodyta pirmame paveiksle.

Širdies funkciniais rodikliais vertinti buvo naudojama EKG analizės sistema „Kaunas—krūvis“. Sinchroniškai registruota 12 standartinių derivacijų elektrokardiograma (EKG) ir analizuojami šie rodikliai: širdies susitraukimų dažnis (ŠSD), JT intervalo trukmė ir vertinamas adaptacijos greičio rodiklis, t. y. kaip JT ir RR intervalų kaitos skirtumas išreikštas procentais. Korotkovo metodu kairės rankos žasto srityje buvo matuojamas arterinis kraujo spaudimas (AKS). Arterinės kraujotakos intensyvumas blauzdoje buvo registruojamas veninės okliuzinės pletizmografijos metodu. Deguonies suvartojimo kaita (StO_2) blauzdos raumenyje buvo vertinama neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu, naudojant fotojutiklį (*Hutchinson Technology device, Model 325*). Jutiklis buvo tvirtinamas ant blauzdos dvilypio raumens medialinės galvos (*m. vastus medialis*). StO_2 buvo registruojama nenutrūkstamai (suvidurkinti matavimo duomenys pateikiami prietaiso ekrane ir registruojami kas 2,5 s) viso tyrimo metu ir pirmas dvi atsigavimo minutes po kvėpavimo sulaikymo ar kvėpavimo pratimo.

REZULTATAI

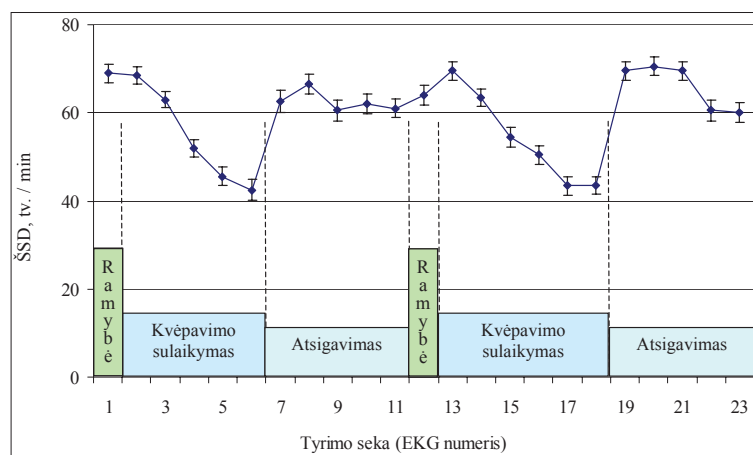
Tyrimo rezultatai parodė, kad atliekant kvėpavimo sulaikymus iki negalėjimo antro kartotinio kvėpavimo sulaikymo metu visi tiriamieji kvėpavimą sulaikydavo ilgiau. Jeigu pirmą kartą sulaikydami kvėpavimą tiriamieji po gilaus įkvėpimo galėjo kvėpavimo sulaikymą tęsti vidutiniškai $69,1 \pm 6,4$ s, tai antro kartojimo metu — $77,9 \pm 5,8$ s. Visi tiriamieji be išimties antro kvėpavimo sulaikymo metu reikšmingai padidino kvėpavimo sulaikymo trukmę.

Antrame paveiksle pateikta ŠSD kaita tyrimo metu. Ramybės metu ŠSD vidutiniškai siekė $69,0 \pm 2,1$ tv. / min. Atliekant kvėpavimo sulaikymus, ŠSD turėjo stipriai išreikštą tendenciją mažėti. Pirmo kvėpavimo sulaikymo metu ŠSD

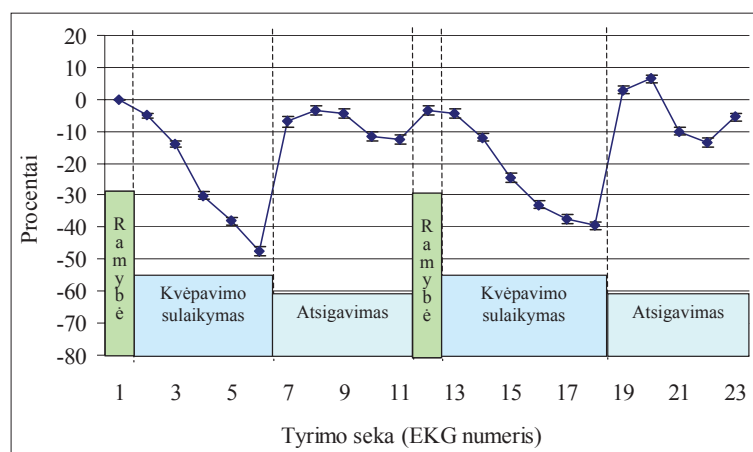


1 pav. Kvėpavimo pratimo atlikimo schema

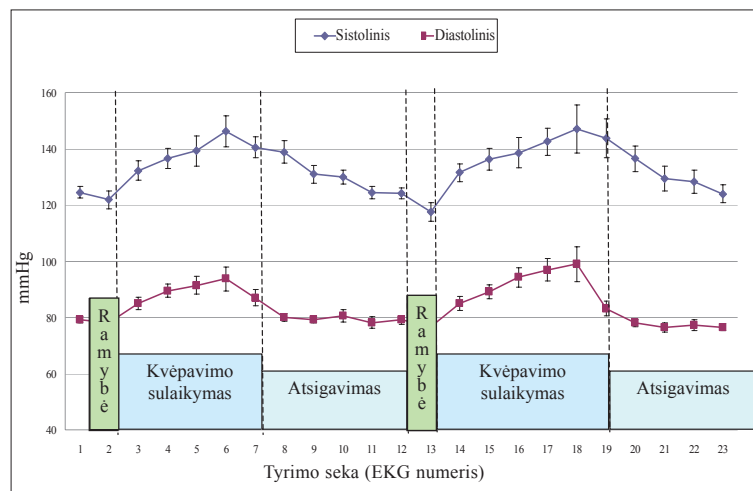
2 pav. ŠSD kaita atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimą



3 pav. Adaptacijos greičio rodiklių kaita atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimą



4 pav. AKS kaita atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimą



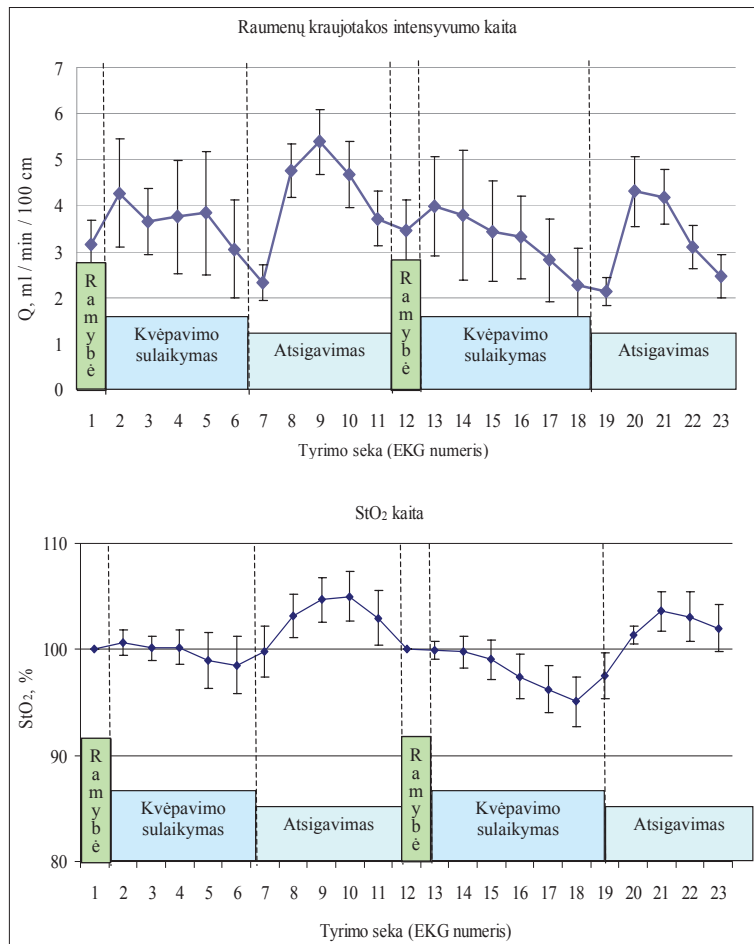
sumažėjo vidutiniškai iki $42,5 \pm 2,4$ tv. / min, o antro — iki $43,5 \pm 2,0$ tv. / min.

Sulaikius kvėpavimą, reikšmingai pailgėdavo elektrokardiogramos JT intervalo trukmė ($p < 0,05$), todėl vertinamas adaptacijos greičio rodiklis turėjo stipriai išreikštą mažėjimo tendenciją. Šio rodiklio kaita parodyta trečiame paveiksle.

Kvėpavimo sulaikymai reikšmingai keitė AKS rodiklius: didėjo ir sistolinio, ir diastolinio spaudimo reikšmės (4 pav.). Antro kartotinio kvėpavimo sulaikymo metu labiau padidėjo diastolinis kraujospaudimas — iki $99,0 \pm 6,2$ ($p < 0,05$). Sistolinis

AKS antro kvėpavimo sulaikymo metu taip pat padidėjo kiek daugiau nei atliekant pirmą, tačiau statistškai reikšmingo skirtumo tarp užregistruotų didžiausių sistolinio AKS reikšmių nebuvo ($p > 0,05$).

Penktame paveiksle parodyta blauzdos raumenų arterinės kraujotakos ir StO_2 kaitos ypatybės atliekant kvėpavimo sulaikymo mėginius. Ramybės būsena arterinės kraujotakos intensyvumas blauzdoje (pratekančio kraujo kiekis) vidutiniškai siekė $3,2 \pm 0,5$ ml / min / 100 cm³. Atliekant kvėpavimo sulaikymus arterinės kraujotakos in-



5 pav. Pratekančio kraujo kiekio blauzdoje ir deguonies įsisotinimo (StO₂) blauzdos raumenyse kaita atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimą

tensyvumas reikšmingai sumažėdavo ($p < 0,05$), o atsigavimo fazėje arterinės kraujotakos kaita priminė reaktyvinės hiperemijos ar podarbinės hiperemijos ypatybes, t. y. pradžioje — padidėjo, o paskui — sumažėjo. Didžiausias pratekančio kraujo kiekio padidėjimas buvo užregistruotas atsigavimo po pirmo kvėpavimo sulaikymo mėginio — iki $5,4 \pm 0,7$ ml / min / 100 cm³ ($p < 0,05$). Penktame paveiksle greta raumenų kraujotakos kaitos kreivės pateikta ir StO₂ kaitos kreivė aiškiai rodo, kad StO₂ kaita šiek tiek vėluodama atkartoją arterinės kraujotakos intensyvumo pokyčius.

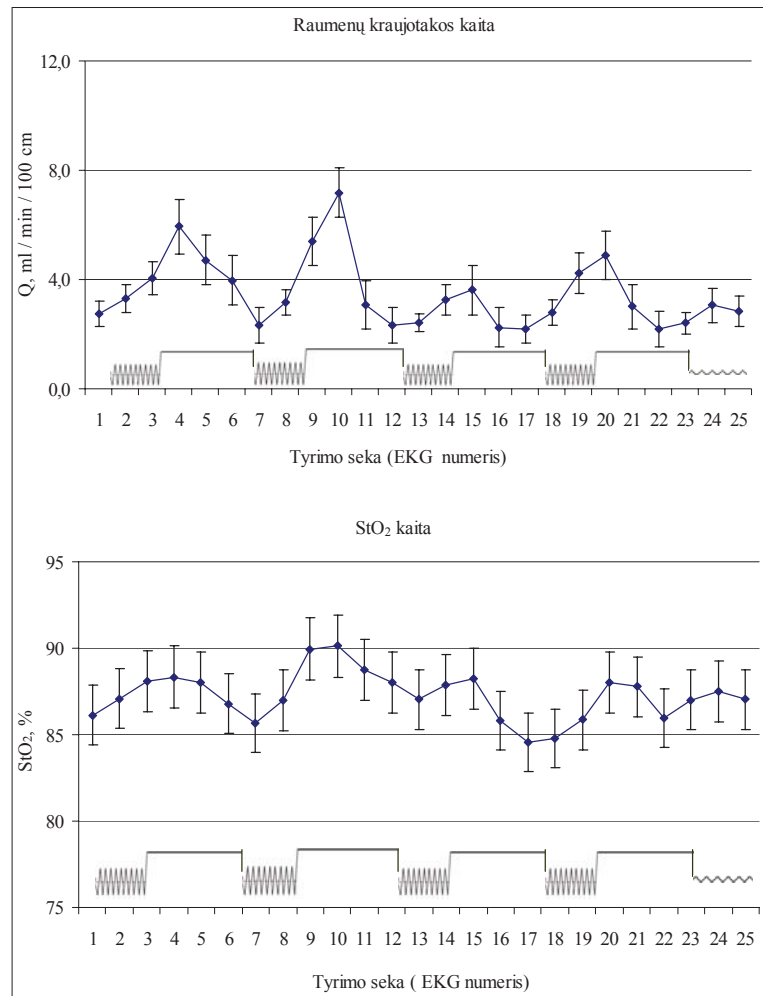
Atliekant kvėpavimo pratimą, blauzdos raumenų arterinės kraujotakos intensyvumo kaita (6 pav.) reikšmingai ($p < 0,05$) padidėdavo daugiau nei du kartus, lyginant su užregistruota ramybės būsenoje: $2,7 \pm 0,5$ ml / min / 100 cm³ — ramybės ir $4,1 \pm 0,6$ ml / min / 100 cm³ — pirmosios hiperventiliacijos pradžioje. Pirmo registravimo metu po aktyvios plaučių hiperventiliacijos buvo užregistruotas dar didesnis pratekančio kraujo kiekis — $5,9 \pm 0,9$ ml / min / 100 cm³. Toliau tiriamajam sulaikius kvėpavimą, arterinės kraujotakos intensyvumas pradėdavo greitai mažėti ir sumažėdavo netgi iki mažesnių reikšmių nei užregistruotos ramybės būsenoje. Tokio paties pobūdžio

arterinės kraujotakos intensyvumo svyravimai buvo užregistruoti ir per kitas kvėpavimo pratimo fazes — pratekančio kraujo kiekio didėjimas dėl hiperventiliacijos ir mažėjimas sulaikius kvėpavimą. Mažiausias raumenų kraujotakos pokytis pastebėtas per trečią pratimo ciklą, t. y. dėl trečios hiperventiliacijos.

Aktyvios plaučių hiperventiliacijos metu StO₂ reikšmingai didėdavo, o sulaikius kvėpavimą — mažėdavo. Lygiai taip pat, kaip ir raumenų kraujotakos kaitos, mažiausias StO₂ pokytis buvo pastebėtas per trečią pratimo ciklą, t. y. dėl trečios hiperventiliacijos. StO₂ kaita atkartoją arterinės kraujotakos intensyvumo pokyčius (žr. 6 pav.). Šiame paveiksle pateiktų periferinės kraujotakos ir StO₂ kaitos sugretinimas rodo, kad yra nedidelio laipsnio StO₂ kaitos vėlavimas, lyginant su periferinės kraujotakos intensyvumo kaita — $r = 0,61$ — $r = 0,91$ ($p < 0,05$). Vertinant atskirų tiriamųjų užregistruotus raumenų kraujotakos ir StO₂ kaitos duomenis, koreliacinė analizė parodė, kad tarp šių rodiklių kaitos buvo stipri teigiama koreliacija, siekianti $r = 0,62$ — $r = 0,93$ ribas ($p < 0,05$). Lygiai taip pat buvo nustatyta teigiama, tik šiek tiek mažesnė koreliacija, kai buvo palyginami kraujotakos intensyvumo ir StO₂ rodikliai, užre-

6 pav. Blauzdos raumenų arterinės kraujotakos ir deguonies išsotrinimo kaita atliekant kvėpavimo sulaikymo pratimą

Pastaba.  — kvėpavimo pratimo atlikimas.



gistruoti vienu matavimu, t. y. 15 s vėliau (ribos: $r = 0.53$ — $r = 0.86$; $p < 0.05$).

REZULTATŲ APTARIMAS

Vadovaudamiesi organizmo funkcijų vienvės principu, šiuo tyrimu aiškinomės, kaip kvėpavimo sulaikymas veikia reikšmingiausius širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinis rodiklius. Tyrimo rezultatai parodė, kad sulaikius kvėpavimą retėjo širdies susitraukimų dažnis, dėl periferinių kraujagyslių vazokonstrikcijos didėjo sistolinio ir diastolinio bei pulsinio AKS reikšmės, mažėjo raumenų arterinės kraujotakos intensyvumas. Visus šiuos širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinis rodiklių pokyčius galima paaiškinti tik remiantis kitų mokslininkų teiginiais apie kraujotakos reguliavimo mechanizmų vienvę, t. y. šiais dviem reikšmingais principais. Pirma, nė vienas iš daugybės reguliavimo mechanizmų neveikia atskirai, o tik sinergiškai sąveikaudami. Antra, beveik visi mechanizmai tiesiogiai kaip kitų reguliavimo mechanizmų sudėtinė dalis arba pastarųjų jautrumui veikia: a) širdies darbo kokybę; b) bendrąjį pe-

riferinį pasipriešinimą; c) kraujagyslių baseino talpą; d) kraujo tūrį ir tarpląstelinį skysčių kiekį (Shephard, 1987; Schmidt, Thews, 1996; Kėvelaitis ir kt., 1999). Kadangi mes vertinome greitosios adaptacijos reakcijas į kvėpavimo mėginus, tai ilgalaikiai kraujotakos reguliavimo mechanizmai neturėjo reikšmingos įtakos, nes jų funkcijos prasideda tik dirgikliui veikiant ilgiau nei kelias valandas (Sonetti et al., 2001). Taigi ir anksčiau išvardytų keturių kraujo tūrio ir tarpląstelinio skysčių kiekio pokyčių nebuvo galima tikėtis.

Širdies raumuo susitraukia dėl spontaniškos depoliarizacijos širdies ritmo vedlio ląstelių, esančių sinusiame mazge, ir veikimo potencialo sklaidimo laidžiaja sistema bei raumens skaidulomis (Žemaitytė, 1997). Ritminė širdies veikla gali būti moduluojama tiesioginiu būdu per širdies ląstelių energinę sistemą, per įvairių pakopų receptorių struktūrų funkciją, per autonominės nervų sistemos grandžių ar jų sąveikos funkcionavimą periferiniu ir centriniu lygiu, per centrinės nervų sistemos moduluojamąjį poveikį ir hormoninės sistemos poveikį šiam procesui (Shephard, 1987; Schmidt, Thews, 1996; Žemaitytė, 1997). Atlikto tyrimo metu ŠSD

reikšmingai mažėjo, kai buvo atliekami kvėpavimo sulaikymai. Reikšmingą ŠSD pokytį, atliekant kvėpavimo sulaikymus, yra užregistravę daug tyrėjų (Sherman et al., 1980; Sonetti et al., 2001; Guenette et al., 2006; Wylegala et al., 2007), tačiau daugiausia juos tyrinėjo povandeninio sporto atstovai (Pendergast et al., 2006; Wylegala et al., 2007). Širdis gali būti refleksiskai paveikta iš įvairių organų, ypač iš interoreceptorių. Kaip žinoma, aortos lanke yra daug presoreceptorių, iš kurių į centrą eina *n. depressor*. Fiziologai nurodo, kad presoreceptoriai veikia ŠSD kaitą — kuo didesnis kraujospūdis aortoje, tuo stipriau dirginami aortos presoreceptoriai. Impulsai iš *n. depressor* veikia *n. vagi* centrą jaudinami, o simpatinį širdies centrą — slopindami (Shephard, 1987; Schmidt, Thews, 1996).

Nervinį kraujospūdžio reguliavimą atlieka refleksiniai mechanizmai (Schmidt, Thews, 1996; Kėvelaitis ir kt., 1999). Manome, kad kaip ir kvėpavimo, taip ir mūsų taikyto kvėpavimo pratimo atlikimo metu labai svarbūs ne tik plaučių, bet ir karotidinio sinuso receptoriai, torakalinės aortos presoreceptoriai. Tuščiųjų venų žiočių srityje esantys receptoriai, padidėjus kraujospūdžiui, siunčia impulsus, slopinančius parasimpatinės ir skatinančius simpatinės nervų sistemos tonusą, tuo pačiu ir kraujospūdį.

Šio tyrimo rezultatai parodė, kad kvėpavimo sulaikymai sukėlė labai ryškius širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinį rodiklių svyravimus. Vertinant tyrimo rezultatų praktiškumą galima pažymėti, kad kvėpavimo pratimai reikšmingai keičia širdies ir kraujagyslių funkcinį rodiklį, todėl yra tinkama priemonė, papildanti fizinių poveikio priemonių arsenalą, naudojamą sprendžiant sveikatos stiprinimo ir net sportinės treniruotės veiksmingumo didinimo problemas.

Abiejų tyrimų rezultatai parodė, kad StO₂ kaita raumenyse, atliekant kvėpavimo sulaikymo mėgi-

nus ir kvėpavimo pratimą, atkartojo periferinės kraujotakos ypatybes. Neabejojama, kad visoje deguonies tiekimo raumenims grandinėje svarbus yra kraujotakos intensyvumas, funkcionuojančių kapiliarų kiekis ir su juo susijęs kraujagyslių pralaidumas, taip pat ir deguonies difuzijos per kapiliarų membraną greitis (Katz et al., 2000; Polle et al., 2007). Taigi intraląstelinis dalinis deguonies slėgis gali būti laikomas tam tikru saturacijos laipsniu, atitinkančiu deguonies vartojimo kinetines ypatybes (Polle, Jones, 2007). Tyrimo metu neinvaziniu artimosios infraraudonosios spektroskopijos būdu registruojama StO₂ kaita buvo susijusi su raumenų arterinės kraujotakos kaita ir parodė kraujotakos intensyvumo ir deguonies pristatymo greičio poveikį šiam rodikliui. Nedidelio laipsnio StO₂ kaitos vėlavimas, lyginant su kraujotakos kaita, taip pat gali būti paaiškinamas deguonies vartojimo kinetinėmis ypatybėmis. Raumenų kraujotakos didėjimas yra santykiškai greitas procesas ir daugeliu atvejų viršija esamą poreikį. Kraujotaka pradeda intensyvėti iš karto vos tik pradėjus pratimą, kai tuo tarpu apie 15 s nuo pratimo pradžios dar nematyti akivaizdaus deguonies ekstrakcijos iš kraujo padidėjimo (Grassi et al., 1996; Beekvelt et al., 2001; Hughson, 2007).

IŠVADOS

1. Kvėpavimo sulaikymai sukelia reikšmingus širdies ir kraujagyslių sistemos funkcinį rodiklių svyravimus: dėl periferinių kraujagyslių vazokonstrikcijos didėja sistolinio ir diastolinio bei pulsinio arterinio kraujo spaudimo reikšmės; mažėja raumenų arterinės kraujotakos intensyvumas ir deguonies įsisotinimas raumenyse.
2. Deguonies įsisotinimo kaita raumenyse, atliekant kvėpavimo pratimą, atkartoja periferinės kraujotakos ypatybes.

LITERATŪRA

- Beekvelt, M. C., Colier, W. N., Wevers, R. A., Engelen, B. G. (2001). Performance of near-infrared spectroscopy in measuring local oxygen consumption and blood flow in skeletal muscle. Quantitative near-infrared spectroscopy in human skeletal muscle. (pp. 31—48). The Netherlands: Radboud University Nijmegen.
- Grassi, B., Polle, D. C., Richardson, R. S. et al. (1996). Muscle O₂ uptake kinetics in humans: Implications for metabolic control. *Journal of Applied Physiology*, 80, 988—998.
- Guenette, J. A., Martens, A. M., Lee, A. L. et al. (2006). Variable effects of respiratory muscle training on cycle exercise performance in men and women. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31 (2), 159—166.
- Hughson, R. L. (2007). Regulation of VO₂ on kinetics by O₂ delivery. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine* (pp. 185—211). London and New York: Routledge.
- Jasiukevičienė, L., Vasilas, D. (1998). *Sportininkų hiperventiliacijos po fizinių krūvių korekcija*. Kaunas: KMA.
- Katz, L. M., Bayly, W. M., Roeder, M. J., Hines, M. T. (2000). Effects of training on maximum oxygen consumption of ponies. *American Journal of Veterinary Research*, 61, 986—991.
- Kėvelaitis, E., Illert, M., Hultborn, H. (1999). *Žmogaus fiziologija*. Kaunas: KMU.
- Pendergast, D. R., Lindholm, P., Wylegala, J., Warkander, D.,

- Lundgren, C. E. (2006). Effects of respiratory muscle training on respiratory CO₂ sensitivity in SCUBA divers. *Undersea and Hyperbaric Medicine*, 33 (6), 447—453.
- Poderys, J., Grūnovas, A., Poderytė, K., Miseckaitė, B., Šilinskas, V. (2007) Širdies ir kraujagyslių sistemos rodiklių kaita atliekant kvėpavimo pratimus. *Physical culture and sport in universities: International conference* (pp. 121—123). Palanga: Kaunas University of Technology.
- Polle, D. C., Jones, A. M. (2007). Towards an understanding of the mechanistic bases of VO₂ kinetics: summary of key points raised in chapters 2—11. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine* (pp. 294—328). London and New York: Routledge.
- Polle, D. C., Kindig, C. A., Behnke, B. J. (2007). VO₂ kinetics in different disease states. *Oxygen Uptake Kinetics in Sport, Exercise and Medicine*. London and New York: Routledge. (pp. 353—372).
- Schmidt, R. F., Thews, G. (1996). *Human Physiology*. London.
- Shephard, R. J. (1987). *Exercise Physiology*. Toronto Philadelphia: B. C. DECKER INC.
- Sherman, D., Eilender, E., Shefer, A., Kerem, D. (1980). Ventilatory and occlusion-pressure responses to hypercapnia in divers and non-divers. *Undersea Biomedical Research*, 7 (1), 61—74.
- Skirius, J. (2005). *Sporto Medicina: funkcinės būklės medicininė kontrolė*. Kaunas: LKKA.
- Sonetti, D. A., Wetter, T. J., Pegelow, D. F., Dempsey, J. A. (2001). Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respiration Physiology*, 127 (2—3), 185—199.
- Šidlauskienė, E. (2005). *Individualių treniruočių ir kvėpavimo pratimų derinių įtaka širdies nepakankamumu sergančių asmenų organizmo funkciniai būklei: magistro tezės*. Kaunas: LKKA.
- Vainoras, A., Ašeriškytė, D., Poderys, J., Navickas, Z. (2005). Fractal dimensions in evaluation in heart function parameters during physical investigations. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (57), 61—66.
- Wylegala, J. A., Pendergast, D. R., Gosselin, L. E., Warkander, D. E., Lundgren, C. E. (2007). Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. *European Journal of Applied Physiology*, 99 (4), 393—404.
- Žemaitytė, D. (1997). *Širdies ritmo autonominis reguliavimas: mechanizmai, vertinimai, klinikinė reikšmė*. Palanga.

CARDIOVASCULAR CHANGES DURING THE BREATHING EXERCISE

Kristina Poderytė, Birutė Miseckaitė, Albinas Grūnovas, Jonas Poderys, Eugenijus Trinkūnas
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The task of this study was to assess the features in changes of oxygen desaturation in muscular tissue, muscular blood flow changes and of cardiac indices while performing the breathing exercises. During the first investigation 11 healthy subjects underwent two stops in breathing up to maximal duration with five minutes between them and during the second investigation — four cycles of breathing exercise combining the hyperventilation and breathing stops after inspiration up to submaximal duration. Changes in systemic arterial blood pressure, arterial blood flow in calf-measured by venous occlusion plethysmography, oxygen desaturation-measured by near-infrared spectroscopy (Hutchinson Technology device, Model 325) and cardiac changes — 12 lead ECG indices were analyzed.

Results obtained during the study showed that all the participants of the study were able to perform longer breathing stops during the second trial, and greater rise of diastolic blood pressure was observed. Breathing stops made an influence on various cardiovascular changes, even in calf muscle blood flow intensity and oxygen desaturation in muscular tissue as well. We found a significant decrease in arterial blood flow in a calf during the apnoe and the character of changes in muscle blood flow after the breath stops was similar to the phenomenon of reactive hyperemia or post exercise hyperemia. The oxygen desaturation in muscle decreased significantly at each breathing stop. The breathing exercise caused significant changes of cardiac indices and changes in blood flow intensity and oxygen desaturation in muscular tissue. The vasoconstriction of vessels caused a significant rise of diastolic and systolic blood pressures, changes in muscular blood flow intensity and oxygen desaturation. The kinetics of oxygen desaturation in muscular tissue reiterated the peculiarities of peripheral blood flow.

Keywords: cardiovascular system, muscular blood flow, oxygen desaturation, breathing exercise.

Gauta 2007 m. lapkričio 13 d.
Received on November 13, 2007

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Kristina Poderytė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302650
E-mail k.poderyte@lkka.lt

SPORT PARTICIPATION MOTIVATION OF ATHLETES WITH INTELLECTUAL DISABILITIES

Jūratė Požėrienė, Rūta Adomaitienė, Vida Ostasevičienė,
Diana Rėklaitienė, Inga Kragrienė

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

Jūratė Požėrienė. PhD in Social Sciences, Lecturer at the Department of Adapted Physical Activity, Lithuanian Academy of Physical Education. Research interests — psychological, social and physical rehabilitation of persons with intellectual disabilities through adapted physical activity and sport.

ABSTRACT

Special Olympics have grown and became the largest worldwide provider of sport opportunities for individuals with intellectual disabilities. In addition, Special Olympics sport programs participation is associated with improved physical fitness and motor skills as well as increased self-esteem, self-confidence, social competence and positive self-perceptions. But there is still limited research regarding sport participation motivation in Special Olympics, so the aim of the study was to identify why individuals with intellectual disabilities have joined and continue to participate in Special Olympics program.

This study evaluated sport participation motivation of 102 (60 males and 42 females) SO athletes aged 12 to 16 years (mean age 14.12, SD = 1.47). The sampling design was purposive in that participants had to meet criteria of mental retardation, to come from the same Kaunas region, and to participate in sport for 1–2 hours twice a week for a minimum 6 months. To measure sport motivation were used the Sport Motivation Scale (SMS) (Pelletier et al., 1995). The Lithuanian validation of this modified sport motivation scale (SMS) for persons with mild mental retardation was done by Sajute (2002).

The results showed that Special Olympics sport participants expressed significantly greater identified regulation level (extrinsic motivation) than intrinsic motivation, and the mean score of external regulation (extrinsic motivation) was higher compared to intrinsic motivation. Results showed the most motivating factors for participants was winning ribbons and medals, fun, being pretty skilled and spend time with friends. While sport participation motives of athletes with intellectual disabilities varied, they were not so different between genders. No significant differences were found between genders. Our study supported the use of self-determination theory for the evaluation of motivation for participation in Special Olympics sport programs.

Keywords: intellectual disabilities, sport participation, extrinsic and external motivation.

INTRODUCTION

Since its inception in 1968, the Special Olympics program has grown and become the largest worldwide provider of sport opportunities for individuals with intellectual disabilities. The Special Olympics and its method of encouraging the intellectually disabled to participate in sports has seen the best results so far. The physical activity along with support, rewards, and interac-

tion seems to be beneficial to these individuals and their families. In addition, Special Olympics sport programs participation is associated with improved physical fitness and motor skills as well as increased self-esteem, self-confidence, social competence and positive self-perceptions (Farell et al., 2004; Castango, 2001; Dykens, Cohen, 1996; Rikken, Ulrich, 1993). The investigations reported

above were more related to the benefits of Special Olympics sport programs, and only a few researchers were interested in studies on specific motivational aspects of participation in sport for persons with intellectual disabilities (Shapiro, 2003).

Descriptive research has found that persons with and without disabilities have similar motives to participate in sport including improving sport skills, attaining goals, enjoying competitions, being part of a team, being with friends and family, having fun and receiving recognition for sport accomplishments (Farrell et al., 2004; Shapiro, 2003). But persons with intellectual disabilities have different cognitive abilities and perceptions about ability. As a result, their reasons for participation in sport may vary from other populations.

Self-determination theory (Deci, Ryan, 1985, Ryan, Deci, 2000a) is a useful theoretical framework for understanding varying levels of motivation for activity engagement. It addresses conditions of intrinsic and extrinsic motivation and has been used to study motivated behavior in the educational setting and sport. To summarize and organize the self-determination theory, R. J. Vallerand (1997) developed the Hierarchical Model of Intrinsic and Extrinsic Motivation. The model indicates that social factors influence able-bodied athletes' perceptions of autonomy, competence, and relatedness, which in turn determine their motivation (intrinsic or extrinsic), and then the motivation leads to consequences. This model is useful in the fact that it allows researchers to review existing sport research on both the determinants and the consequences of intrinsic and extrinsic motivation (Vallerand, Losier, 1999). Several studies examined the patterns of motivation using the Self-determination theory in the field of physical activity research. They examined participation in physical activity (Wang, Biddle, 2001), physical education and sport for youth (Ntoumanis, 2001), and adult participation in sport (Vlachopoulos et al., 2000).

Individuals with intellectual disabilities are often encouraged to perform behaviors through the use of extrinsic rewards (Cohen, 1986), which according to the Self-determination Theory lead in spontaneous activity. Activities perceived to be less inherently interesting may need to be externally prompted in the beginning stages of participation. Individuals are likely to initiate to continue such behaviors if they are reinforced with extrinsic rewards or if the tasks are valued by significant others with whom they feel related or would like to feel related. Special Olympics athletes can choose

to participate in different sports from one season to the next and from one year to another suggesting that the sport itself may influence an athlete's participation motives (Shapiro, 2003).

There is still limited research regarding sport participation motivation in Special Olympics, because of that the aim of the study was to identify why individuals with intellectual disabilities joined and continue to participate in Special Olympics program. We designed a study and directed our investigation to the following **research questions**: Why do athletes participate in Special Olympics? What kind of sport motivation dominates?

METHODS

Participants of this study included 102 Special Olympics athletes between 12—16 years of age (M age = 14.12, years, SD = 1.47) (60 males, 42 females). The sampling design was purposive in that participants had to meet criteria of mental retardation, to come from the same Kaunas region and to participate their sport for 1—2 hours twice a week for a minimum 6 months. Specific information concerning assessment test or IQ scores was not made available. Parents or guardians of the participants signed the forms generated by Special Olympics Lithuania indicating their approval for their child to participate in the research study.

To measure sport motivation, we used the Sport Motivation Scale (SMS) (Pelletier et al., 1995). The scale is one of the tools most often used in research and practice concerning motivation for sport in children and adolescents. The Lithuanian validation of this modified sport motivation scale (SMS) for persons with mild mental retardation was done by Sajute (2002). A 16-item, 4-factor abridged version of the full SMS was administered to SO athletes. The modified abridged version of the Scale consists of four sub-scales that measure the three types of motivation (intrinsic, extrinsic and amotivation). Athletes were asked to respond to items for each subscale which followed the statement "I participate in sport because...". Example items are "I want to have fun" (Intrinsic Motivation), "my parents want me to participate" (External Motivation), and "I really don't know why" (Amotivation). The items were rated on a 3-point scale, ranging from *not true* (1) to *true* (3). The simple rating was selected due the abilities of participants to understand the statements as well as the concepts "true", "slightly true" or "not true". Cronbach's α was used to assess internal

SMS factors	1	2	3	4
Total sample (n = 102)				
Internal motivation (IM) M = 7.49*, SD = 1.11 M (M)	---	0.0548 <i>p</i> = 0.584	0.2612 <i>p</i> = 0.008	− 0.1140 <i>p</i> = 0.254
Identified regulation (IR) M = 8.05*, SD = 1.88 M (IR)		---	0.2345 <i>p</i> = 0.018	0.1530 <i>p</i> = 0.125
External regulation (ER) M = 7.83, SD = 1.29 M (ER)			---	− 0.2728 <i>p</i> = 0.006
Amotivation (A) M = 2.62*, SD = 2.04 M (A)				---

Table 1. **Data on Sport Motivation Type and Pearson's Correlation for Sport Motivation Scale (SMS) Subscales**

Note. * — significant differences $p < 0.05$ between M (IR) and M (IM); ** — significant differences $p < 0.05$ between M (A) and M (IM), M (IR), M (ER).

consistency of the SMS and test- retest (Thomas, Nelson, 1996) for reliability of the scale. The overall reliability score for the SMS instrument was 0.74. Reliability scores are considered adequate when values are > 0.70 . Athletes ($n = 30$) were tested two times within two weeks. Test — retest reliability for each item of the scale ranged from 0.86 to 0.94.

Statistical analysis was conducted using STATISTICA for Windows version 6.0. Descriptive statistics (mean scores and standard deviations) was computed for the total sample and the *t* test was used to determine differences in motivation of participation. Pearson's correlation coefficient (*r*) was used to evaluate the relationship between the types of motivation.

RESULTS

The average scores of each motivation subscale of total sample and correlation analysis of each variable of SMS scale are shown in Table 1. Data analysis showed the highest score of total sample for participation in Special Olympics sport program received identified regulation (IR) ($M = 8.05$, $SD = 1.88$). To test for motivation types differences, participants' mean scores of the subscales were compared and significant differences were found. Participants reported higher IR than intrinsic motivation (IM) ($t = 2.6528$, $p = 0.009$) and amotivation (AM) score was significantly lower ($t = 22.5619$, $p < 0.01$) in comparison to other motivation types (see Table 1). In addition, Pearson's correlation coefficient for total sample resulted in a poor significant correlation of 0.24—0.26 between IM and external regulation (ER) and between IR and ER (see Table 1). Statistical analysis computed a poor significant correlation of 0.27 between AM and ER.

The average scores of the total sample along the rank — order list for each item of SMS scale are shown in Table 2. The item “I want to win ribbons and medals” received the highest rating ($M = 2.98$, $SD = 0.20$). This item describes ER (extrinsic motivation). The following items, representing IM in ranking, were “I am interested in sport” ($M = 2.93$, $SD = 0.29$) and “I want to have fun” ($M = 2.91$, $SD = 0.38$) followed by items describing IR (extrinsic motivation) — “I want to be pretty skilled” ($M = 2.91$, $SD = 0.35$) “and “I want to meet friends” ($M = 2.77$, $SD = 0.51$) (see Table 2).

Descriptive statistics of the results for boys and girls with intellectual disabilities showed the highest score received identified regulation (IR) (respectively $M = 8.17$, $SD = 1.03$ and $M = 7.88$, $SD = 1.21$). Boys with intellectual disabilities reported significantly higher IR than IM ($t = 3.2105$, $p = 0.002$) and AM score was significantly lower ($t = 17.9355$, $p = 0.000$) compared the other motivation types. The statistical analysis of the results of girls with intellectual disabilities showed that only the AM score was significantly lower ($t = 13.9255$, $p = 0.000$) compared to other motivation types. Data analysis showed the similar mean scores of IM, IR and ER between the results of boys and girls. Spearman's correlation coefficient analysis for females resulted in the significant correlation of 0.47 between ER and IR. Any significant relations between types of sport participation motivation were not found within the results of the males.

In the statistical analysis for gender differences, male and female participants' mean scores were compared and significant differences were not found between the groups though girls reported slightly higher IM and AM than boys. The item “I want to win ribbons and medals” (which describes ER) received the highest rating between

Table 2. Data on Sport Motivation According to the Gender

I participate in sport because...	Participants (n = 102)			Males (n = 60)			Females (n = 42)		
	M	SD	Rank	M	SD	Rank	M	SD	Rank
<i>Internal motivation</i>									
I want to have fun	2.91	0.38	3	2.98	0.13	2	2.81	0.55	5
I like the excitement	2.25	0.93	10	2.20	0.95	10	2.31	0.90	10
I am interested in sport	2.93	0.29	2	2.98	0.13	2	2.86	0.42	3
I think that sport is great	2.78	0.59	4	2.75	0.63	5	2.83	0.54	4
<i>Identified regulation</i>									
I want to learn new skills	2.69	0.56	8	2.72	0.56	8	2.64	0.58	9
I want to stay in a good shape	2.45	0.77	9	2.43	0.77	9	2.48	0.77	8
I want to meet friends	2.77	0.51	5	2.78	0.49	4	2.76	0.53	7
I want to be pretty skilled	2.91	0.35	3	2.93	0.31	3	2.88	0.40	2
<i>External regulation</i>									
My parents want me to participate	2.22	0.94	11	2.08	0.98	11	2.40	0.86	9
I like my coach	2.73	0.66	7	2.68	0.72	7	2.79	0.56	6
I feel important and popular	2.76	0.63	6	2.73	0.66	6	2.81	0.59	5
I want to win ribbons and medals	2.98	0.20	1	3.00	0.00	1	2.95	0.31	1
<i>Amotivation</i>									
I had to do something	1.51	0.78	12	1.42	0.72	13	1.64	0.85	11
I think it's boring activity	1.39	0.66	14	1.35	0.66	14	1.45	0.67	12
I am wasting my time	1.33	0.59	15	1.25	0.54	15	1.45	0.63	12
I really don't know why	1.44	0.70	13	1.45	0.75	12	1.43	0.63	14

boys and girls with intellectual disabilities (respectively $M = 2.0$, $SD = 0.00$ for boys and $M = 2.95$, $SD = 0.31$ for girls, (see Table 2) followed by items “I want to have fun” and “I am interested in sport” (which describes IM) as well as “I want to be pretty skilled” (which describes IR) (see Table 2). Statistical analysis for gender differences in separate items of boys and girls showed no significant differences between the groups.

DISCUSSION

The primary purpose of this study was to test participation motivation in Special Olympics sport programs based on the Self-determination theory (Deci, Ryan, 1985; Ryan, Deci, 2000 a, b) in which motivation can be classified into intrinsic motivation (fun, learning new skills), consisting of identified regulations (friendship, good relations with coaches) and external regulations (winning medals or ribbons), as well as amotivation (boring, wasting time). The results showed that Special Olympics sport participants expressed significantly greater identified regulation level (extrinsic motivation) than intrinsic motivation, and the mean score of external regulation (extrinsic motivation) was higher compared to

intrinsic motivation. Athletes who manifest external regulations are likely to have higher intrinsic motivation for participation in Special Olympics sport programs. But the computed correlation coefficient presented in Table 1 did not permit to make definite conclusions regarding links between motivation types because the Pearson's correlation coefficient was low. Statistical analysis of the results showed that amotivation of sport participation received significantly less scores in comparison to the other motivation types investigated as well as the significant relationship between amotivation and external regulation. These results could be treated as amotivation being the state of lacking an intention to act, because according to R. M. Ryan and E. L. Deci (2000 a) it is results from not valuing the activity, not feeling competent to do it or not believing it will yield a desired outcome.

According to the Self-determination theory, differences in the types of extrinsic motivation are associated with different experiences and outcomes (Ryan, Deci, 2000 b). For example, R. M. Ryan and J. P. Connell (1989) noted that the more students were externally motivated the less they showed interest, value, and effort toward achievement and the more they tended to disown responsibility for

negative outcomes, blaming others. The results of the study partly support these statements, but on the contrary, our results showed that identified regulation was associated with more interest and enjoyment for participants involved in Special Olympics sport programs for 5 and more years. R. M. Ryan and E. L. Deci (2000 b) pointed that extrinsically motivated behaviors are not typically interesting, the primary reason for the persons to perform such actions is because the behaviors are prompted, modeled or valued by significant others to whom they feel (or want to feel) attached or related. This suggests that relatedness, the need to feel belongingness and connectedness with others, is centrally important for internalization. On the other hand, the relative internalization of extrinsically motivated activities is also a function of perceived competence. Persons are more likely to adopt activities relevant social group value when they feel efficacious with respect to those activities. That is in agreement with our results. Participants in Special Olympics sport programs indicated that meeting friends (being in social group) was an important reason for participation in sport. The other literature sources supports our results reviewing that many individuals participate in physical activity because they need to relate to and be friends with other people, and because they want to feel accepted by a social milieu (Weiss, Duncan, 1992; Weiss, Ebbeck, 1993). Therefore, sport activity provides ample opportunities for individuals with MR to interact with others (teammates and opponents), learn new sport skills together, and strive for individual and team achievement.

Despite the fact that extrinsic motivation dominated for participation in Special Olympics sport programs, the participants of the study indicated intrinsic motivation also as an important factor for sport participation. These results could be supported by the statements of the Self-determination theory (Ryan, Deci, 2000 a) that distinction between different types of motivation is based on the different reasons or goals that encourage an action. Intrinsic motivation refers to doing something interesting or enjoyable (as our results indicate) and extrinsic motivation refers to doing something because it leads to a separable outcome (winning medals or ribbons). But these results could be considerably more controversial. For example, extrinsic rewards can undermine intrinsic motivation. It could be interpreted in terms of rewards facilitating a more external perceived locus of causality, and confirmed that all expected tangible rewards made contingent

on task performance and undermine intrinsic motivation.

L. M. Wankel and P. S. J. Kreisel (1985) reported that although able-bodied youth sport participants ranked intrinsic factors such as improving skills and personal accomplishment as important to enjoyment, extrinsically oriented factors such as winning and receiving rewards were also found to be important. Similar results were reported in this study. Analysis of separate motives showed that individuals with intellectual disabilities most highly rated motives for participation in Special Olympics sport programs were winning ribbons and medals (external regulation, extrinsic motivation), having fun and being interested in sport (intrinsic motivation), notwithstanding that identified regulation (extrinsic motivations) was significantly higher than intrinsic motivation and less higher than external regulation extrinsic motivation. This similarity of the results shows a possibility to compare sport motivation of persons with MR with able-bodied sport motivation. This confirms F. M. Brasile et al. (1991) study claiming that there were more similarities than differences among those with and without disabilities in terms of incentives of participation in sport.

The principles of Special Olympics require those athletes who participate in regional games receive a medal or ribbon. According to D. R. Shapiro (2003), athletes with MR give prominence to winning ribbons and medals. This is similar to our results presented in Table 2. Individuals with MR tend to be specific in their thinking, making tangible rewards like ribbons and medals more important than intrinsic rewards. On the other hand, this extrinsic motive can be related to the attitude of coaches. Coaches have the most regular contact with Special Olympics athletes, which make them a unique and valuable source for increasing motivation for participation in sport. But for some coaches according to L. Paulauskaite (2003) good appreciation in competitive sport environment is very important, because they tell athletes with MR to win a medal during participation in various sport competitions.

Special Olympics athletes indicated fun as one of the most important motives for participation. This finding is similar to the results of other researchers, positing that enjoyment is derived from achievement behavior which is intrinsically motivating and provides perception of competence and self-determination (Deci, Ryan, 1985).

A secondary purpose of this study was to examine differences between males and females with

MR in participation in sport programs. In the scientific literature differences were found between males and females in sport participation motivation (Ashford et al., 1993; Ebbeck et al., 1995; Koivula, 1999). Women rated the Achievement Orientation and Extrinsic Factors to be more important than men. Men were more motivated than women to participate in sport activities for mastery and performance (Ashford et al., 1993). In our study no differences between males and females were found.

CONCLUSION

Summing up, athletes participated in Special Olympics sport programs for their own enjoyment, for the social purposes and for the competitions. While sport participation motives of athletes with

intellectual disabilities varied, they were not so different between genders. Our study supported the benefits of using Self-determination theory for the evaluation of motivation for participation in Special Olympics sport programs. However, to enhance motivation for individuals with disabilities, scholars and practitioners in the area of adapted physical activity and sport should strive to establish mastery oriented motivational climate, which nurtures task oriented individuals to increase their perceived competence, intrinsic motivation, physical activity adherence, and decrease attrition. Further research should focus on the influence of additional social factors such as peer and parental influence on the motivation of athletes with intellectual disabilities. Finally, cognitive outcomes such as levels of attention and learning could also be measured.

REFERENCES

- Ashford, B., Biddle, S., Guodas, M. (1993). Predictors of sport and exercise participation among healthy science students. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 18 (4), 3—10.
- Brasile, F. M., Kleiber, D. A., Harnisch, D. (1991). Analysis of participation incentives among athletes with and without disabilities. *Therapeutic Recreation Journal*, 25 (1), 18—33.
- Castango, K. S. (2001). Special Olympics unified sports: Changes in male athletes during a basketball season. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 18, 193—206.
- Cohen, M. W. (1986). Intrinsic motivation in special education classroom. *Journal of Learning Disabilities*, 19, 258—261.
- Deci, E. L., Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-determination in Human Behavior*. New York: Plenum.
- Dykens, E. M., Cohen, D. J. (1996). Effects of special Olympics international on social competence in persons with mental retardation. *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 35, 223—229.
- Ebbeck, V., Gibbson, S. L., Loken-Dahle, L. J. (1995). Reasons for adult participation in physical activity: an international approach. *International Journal of Sport Psychology*, 26, 262—275.
- Farrell, R. J., Crocker, P. R. E., McDonough, M. H., Sedgwick, W. A. (2004). The driving force: Motivation in Special Olympics. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 21, 153—166.
- Koivula, N. (1999). Sport participation: Differences in motivation and actual due to gender typing. *Journal of Sport Behavior*, 5, 155—165.
- Ntoumanis, N. (2001). A self-determination approach to the understanding of motivation in physical education. *British Journal of Educational Psychology*, 71, 225—242.
- Paulauskaite, L. (2003). *Analysis of Development of Special Olympics Lithuania and Motives for participation: Unpublished master thesis*. Kaunas: Lithuanian Academy of Physical Education.
- Pelletier, L. G., Fortier, M. S., Vallerand, R. J. et al. (1995). Toward a new measure of intrinsic motivation, extrinsic motivation, and amotivation in sports: The Sports Motivation Scale (SMS). *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17, 35—53.
- Riggen, K., Ulrich, D. (1993). The effects of sport participation on individuals with mental retardation. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 10, 45—51.
- Ryan, R. M., Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 749—761.
- Ryan, R. M., Deci, E. L. (2000 a). Intrinsic and extrinsic motivation: Classic definition and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 54—67.
- Ryan, R. M., Deci, E. L. (2000 b). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55 (1), 68—78.
- Sajute J. (2002). *Nežymaus ir vidutinio protinio atsilikimo paauglių motyvacijos dalyvauti fizinėje veikloje orientacijos*. [Orientation of participation motivation in physical activity for persons with intellectual disabilities]: Unpublished master thesis. Kaunas: Lithuanian Academy of Physical Education.
- Shapiro, D. R. (2003). Participation motives of Special Olympics athletes. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20 (2), 150—165.
- Thomas, J. R., Nelson, J. K. (1996). *Research Methods in Physical Activity* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vallerand, R. J., Losier, G. F. (1999). An integrative analysis of intrinsic and extrinsic motivation in sport. *Journal of Applied Sport Psychology*, 11, 142—169.

Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. In M. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 271—360). New York: Academic Press.

Vlachopoulos, S. P., Karageorghis, C. I., Terry, P. C. (2000). Motivation profiles in sport: A self-determination theory perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71, 387—397.

Wang, C. K., Biddle, S. J. H. (2001). Young people's motivation profiles in physical activity: A cluster analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 23, 1—22.

Wankel, L. M., Kreisel, P. S. J. (1985). Factors underlying enjoyment of youth sport: Sport and age group comparison. *Journal of Sport Psychology*, 7, 65—74.

Weiss, M. R., Duncan, S. C. (1992). The relationship between physical competence and peer acceptance in the context of children's sports participation. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 14, 177—191.

Weiss, M. R., Ebbeck, V., Wiese-Bjornstal, D. M. (1993). Development and psychological factors related to children's observational learning of physical skills. *Pediatric Exercise Science*, 5, 301—317.

SUTRIKUSIO INTELEKTO ATLETŲ SPORTAVIMO MOTYVACIJA

Jūratė Požerienė, Rūta Adomaitienė, Vida Ostasevičienė,
Diana Rėklaitienė, Inga Kragnienė

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

SANTRAUKA

Specialioji olimpiada yra tarptautinė organizacija, suteikianti sutrikusio intelekto asmenims galimybę mokytis, džiaugtis ir save realizuoti individualiame ir komandiniame sporte. Tyrinėjant Specialiosios olimpiados sporto programas, didžiausias dėmesys buvo kreipiamas į mokslinius tyrimus fizinio pajėgumo ir motorinių įgūdžių gerėjimo, savęs vertinimo, socialinės kompetencijos ir savęs suvokimo srityse. Tyrimo metu siekta nustatyti sutrikusio intelekto atletų sportavimo motyvaciją.

Buvo tiriami 102 (60 vaikinai ir 42 merginos) 12—16 metų amžiaus specialiosios olimpiados atletai (amžiaus vidurkis 14,12 m., SD = 1,47). Tiriamųjų imtis tikslinė. Tiriamieji parinkti taikant šiuos kriterijus — turėti intelekto sutrikimų, gyventi Kauno apskrityje ir dalyvauti specialiosios olimpiados sporto programoje ne mažiau kaip 6 mėnesius po 1—2 valandas du kartus per savaitę. Sporto motyvacijai nustatyti naudota modifikuota Sporto motyvacijos skalė (Pelletier et al., 1995).

Tyrimo rezultatai parodė, kad Specialiosios olimpiados atletų, dalyvaujančių sporto programoje, identifiukuoto reguliavimo lygis (išorinė motyvacija) kur kas didesnis negu vidinė motyvacija. Visgi išorinio reguliavimo lygis (išorinė motyvacija) nedaug skyrėsi nuo tiriamųjų vidinės motyvacijos. Įvairių prizų ir medalių laimėjimas, sportavimo džiaugsmas, įgūdžių įgavimas ir laisvalaikio praleidimas su draugais — dažniausi sportavimą motyvuojantys veiksniai. Nors sutrikusio intelekto atletų sportavimo motyvai yra įvairūs, statistiškai reikšmingų šios motyvacijos skirtumų priklausomai nuo lyties nepastebėta. Atliktas tyrimas parodė, kad vertinant sutrikusio intelekto asmenų sportavimo motyvacijos tipus galima naudoti pagrindines apsisprendimo teorijos doktrinas.

Raktažodžiai: sutrikęs intelektas, sportavimas, išorinė ir vidinė motyvacija.

Gauta 2008 m. kovo 21 d.
Received on March 21, 2008

Priimta 2008 m. birželio 18 d.
Accepted on June 18, 2008

Jūratė Požerienė
Lithuanian Academy of Physical Education
(Lietuvos kūno kultūros akademija)
Sporto str. 6, LT-44221 Kaunas
Lithuania (Lietuva)
Tel +370 37 302660
E-mail j.mikelkeviciute@lkka.lt

DVIRATININKŲ ŠIRDIES SUSITRAUKIMŲ DAŽNIO PRIKLAUSOMYBĖ NUO GALIOS SUKANT VELOERGOMETRĄ SKIRTINGU TEMPU

Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Arvydas Stasiulis. Profesorius biomedicinos mokslų daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros vedėjas. Mokslinių tyrimų kryptis — sportininkų aerobinio pajėgumo tyrimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — palyginti dviratininkų širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) priklausomybę nuo galios sukant veloergometrą skirtingu tempu.

15 didelio meistriškumo dviratininkų vyrų (amžius — 23,0 (1,41) m., ūgis — 1,77 (0,04) m, svoris — 66,3 (7,1) kg) „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru tris kartus atsitiktine tvarka atliko kas minutę didinamą krūvį. Pedalų sukimo tempas — 60, 80 arba 100 apsukų per minutę. ŠSD registruotas viso krūvio ir atsigavimo metu naudojant telemetrinį ŠSD matuoklį Polar S810i (Polar, Suomija). Buvo analizuojama vidutinių ŠSD reikšmių per paskutines 10 kiekvieno krūvio sekundžių priklausomybė nuo darbo galios, surandamas ŠSD nuokrypio taškas (ŠSD_{NT}) bei jį atitinkančios ŠSD ir darbo galios reikšmės.

Nustatyta, kad ŠSD_{NT} mažėjo atliekant didinamo krūvio testą didesniu tempu, tuo tarpu ŠSD reikšmės pasiekus šią galią buvo labai panašios ir nuo pedalų sukimo tempo nepriklausė. Didžiausias didinamo krūvio metu pasiektas galingumas nesiskyrė, o maksimalus ŠSD buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. ŠSD procentinis dydis (% nuo maksimalaus) pasiekus ŠSD_{NT} taip pat buvo panašus ir siekė apie 86% maksimalaus. ŠSD dirbant submaksimaliu galingumu visada buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. Kaip rodo tiesinės regresijos koeficientai, ŠSD prieaugio tempai didėjant krūviui tiesinėje ŠSD ir galios priklausomumo dalyje nesiskyrė sukančiais pedalais skirtingu tempu.

Taigi pedalų sukimo tempas neturi poveikio dviratininkų ŠSD reikšmėms ties ŠSD_{NT} atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru, tačiau didėjant pedalų sukimo tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties ŠSD_{NT} sumažėja. Tai gali būti susiję su miokardo funkcijos reguliavimo pokyčiais pasiekus pakankamai didelį susitraukimų dažnį.

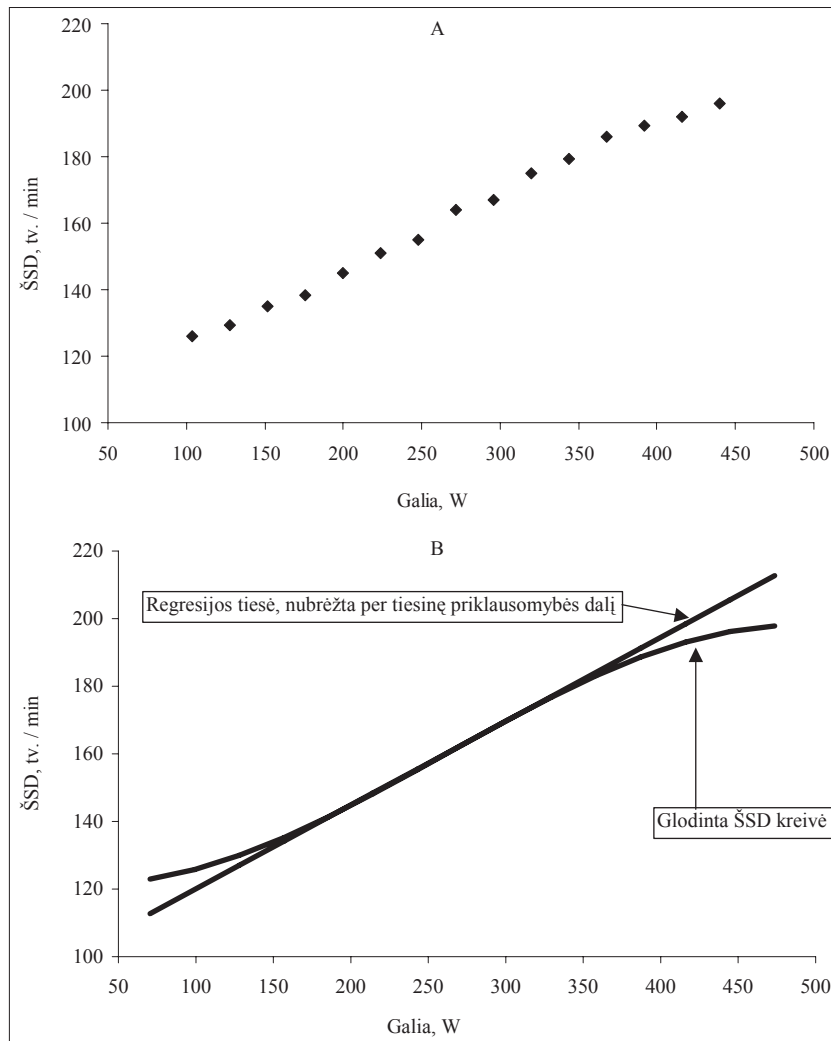
Raktažodžiai: širdies susitraukimų dažnis, širdies susitraukimų dažnio nuokrypio taškas, pedalų sukimo tempas, didinamo krūvio testas.

IVADAS

Širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) yra vienas informatyviausių rodiklių nustatant fizinio krūvio poveikį sportininko organizmui ir reakciją į judesių dažnumą bei galią. Dviratininkų tyrimo rezultatai dėl skirtingų protokolų gausos dažnai būna nepatikimi (Faria et al., 2005). Stokojama specialių tyrimų, analizuojančių dviratininkų rezultatų ir neadekvataus širdies darbo ryšį. Reikė-

tų atlikti ir tokių tyrimų, kuriais būtų išsiaiškinta, ar širdies darbas, o gal O₂ suvartojimas apriboja dviratininkų rezultatus, esant tokiam intensyviui darbui, kokį atlieka profesionalūs dviratininkai (Faria et al., 2005).

Širdies susitraukimų dažnio (ŠSD) priklausomybė nuo fizinio krūvio galios nėra visiškai tiesinė. ŠSD prieaugis nuosekliai didinamo krū-



1 pav. Vieno tiriamojo ŠSD kaita pakopomis didinamo krūvio metu (A), ŠSD ir galios priklausomumo analizės nustatant ŠSD nuokrypio tašką pavyzdys (B)

vio pabaigoje paprastai sulėtėja (Wahlund et al., 1948; Brooke et al., 1968; Conconi et al., 1982; Hofmann et al., 1994). Krūvis, virš kurio ŠSD priklausomybė nuo galios pasikeičia, vadinamas ŠSD nuokrypio tašku ($\dot{S}SD_{NT}$) (Bodner, Rhodes, 2000). Jis paprastai pasireiškia ŠSD padidėjus iki 88–94% nuo maksimalaus ((Bodner, Rhodes, 2000). $\dot{S}SD_{NT}$ būdingas daugeliui asmenų, atliekančių nuosekliai didinamą fizinį krūvį, tarp jų ir dviratininkams (Lucia et al., 1999, 2002).

Nustatyta, kad deguonies suvartojimo, širdies ir kraujagyslių sistemos funkciniai rodikliai reikšmės veloergometrinio krūvio metu priklauso nuo pedalų sukimo tempo (Moore et al., 2008). Vieni autoriai nustatė, kad sukant veloergometrą greitesniu tempu, bet ta pačia galia, ŠSD būna didesnis (Moore et al., 2008), kiti nepastebėjo reikšmingo pedalų sukimo tempo poveikio ŠSD atliekant skirtingo (Chavarren, Calbet, 1999) ar 30 min pastovaus intensyvumo krūvį (Lepers et al., 2001). Taigi duomenys apie pedalų sukimo tempo poveikį ŠSD yra prieštaringi. Nėra tyrimų, kurių metu būtų nagrinėta, kaip pedalų sukimo tempas veikia galią

ir ŠSD ties $\dot{S}SD_{NT}$ atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru.

Šio tyrimo tikslas — palyginti dviratininkų ŠSD priklausomybę nuo galios sukant veloergometro pedalus skirtingu tempu.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji. 15 didelio meistriškumo dviratininkų vyrų sutiko būti tiriami. Jų vidutinis amžius — 23,0 (1,41) m., ūgis — 1,77 (0,04) m, svoris — 66,3 (7,1) kg. Kad pratybos būtų lengvesnės, testavimo išvakarėse tiriamųjų buvo prašoma testavimo dieną visiškai nesimankštinti ir nevalgyti mažiausiai dvi valandas prieš tyrimus. Atskiri testavimai vyko panašiu paros metu, o tarp jų buvo ne mažesnė kaip dviejų dienų pertrauka.

Nenutrūkstamo pakopomis didinamo krūvio testas. Kiekvienas tiriamasis „Monark 834E“ (Švedija) veloergometru tris kartus atsitiktine tvarka atliko kas minutę didinamą krūvį. Pedalų sukimo tempas — 60, 80 arba 100 apskukų per minutę. Po vienos minutės darbo, esant nuliniam

Lentelė. ŠSD ir galios rodikliai (kvadratiniai nuokrypiai) veloergometrinio nuosekliai didinamo krūvio metu, sukant pedalus skirtingu tempu

Rodiklis	Sukimo tempas		
	60 aps. / min	80 aps. / min	100 aps. / min
ŠSD nuokrypio taškas, W	260,9 ± 49,2	255,3 ± 32,1	248,7 ± 28,9*
Santykinis ŠSD nuokrypio taškas, W / kg	3,92 ± 0,55	3,85 ± 0,31	3,76 ± 0,30*
ŠSD pasiekus nuokrypio tašką, tv. / min	168,1 ± 8,2	168,7 ± 7,1	166,9 ± 10,3
ŠSD pasiekus nuokrypio tašką, % nuo maks.	87,3 ± 2,7	85,6 ± 2,0	86,4 ± 2,9
Didžiausias pasiektas galingumas, W	388,7 ± 38,0	384,9 ± 32,0	388,0 ± 35,5
Didžiausias pasiektas galingumas, W / kg	5,90 ± 0,63	5,84 ± 0,58	5,88 ± 0,54
Maksimalus ŠSD, tv. / min	193,4 ± 5,9	197,0 ± 6,7	197,4 ± 7,5*
ŠSD 1 min po krūvio, k. / min	160,1 ± 9,4	174,8 ± 10,2*	163,2 ± 9,0* #
ŠSD 1 min po krūvio, % nuo maks.	82,8 ± 22,8	88,7 ± 4,0*	82,9 ± 22,8* #
ŠSD 5 min po krūvio, tv. / min	111,0 ± 9,6	110,9 ± 11,2	110,8 ± 9,8
ŠSD 5 min po darbo, % nuo maks.	57,3 ± 3,8	56,3 ± 5,6	56,1 ± 4,2
a	89,7 ± 20,7	90,1 ± 15,8	96,7 ± 18,7* #
b	0,300 ± 0,049	0,310 ± 0,061	0,290 ± 0,046
ŠSD, kai krūvis 150 W	134,5 ± 15,6	136,6 ± 10,5	140,7 ± 14,3*
ŠSD, kai krūvis 200 W	149,5 ± 14,3	152,1 ± 10,1	155,3 ± 13,2*
ŠSD, kai krūvis 250 W	164,4 ± 13,4	167,6 ± 10,5	169,9 ± 12,6*

Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su 60 aps. / min; # — $p < 0,05$, lyginant su 80 aps. / min; a ir b atitinkamai — ŠSD priklausomybės nuo galios tiesinę dalį aproksimuojančios tiesinės regresijos lygties laisvasis narys ir regresijos koeficientas.

smagračio pasipriešinimui, buvo nustatomas pradinis 90, 104 ar 100 W krūvis, kuris toliau kas minutę buvo didinamas 30, 24 ar 30 W (atitinkamai minant pedalus 60, 80 arba 100 aps. / min tempu). Testas buvo tęsiamas tol, kol tiriamieji nebepajėgdavo tęsti krūvio reikiamu tempu.

ŠSD registravimas ir analizė. ŠSD buvo registruojamas viso krūvio ir atsigavimo metu naudojant telemetrinį ŠSD matuoklį *Polar S810i* (*Polar*, Suomija). Vėliau užregistruoti duomenys buvo perkeltami į kompiuterio programą „Polar performance“ ir „Microsoft Excel“. Analizuota vidutinių ŠSD reikšmių per paskutines 10 kiekvieno krūvio sekundžių priklausomybė nuo darbo galios. Tuo tikslu ŠSD reikšmės buvo pavaizduojamos grafiškai kaip darbo galios funkcija, duomenys glodinami taikant 3 eilės daugialipsnę funkciją, per tiesinę priklausomybės dalį brėžiama tiesė (pritaikius tiesinę funkciją) ir surandamas ŠSD_{NT} bei jį atitinkančios ŠSD, darbo galios reikšmės (1 pav.). Pagal tiesinės regresijos lygtį buvo apskaičiuojamos ŠSD reikšmės kintant darbo galiai nuo 100 iki 225 W, norint palyginti ŠSD reikšmes, kai galia ta pati, bet skirtingas pedalų sukimo tempas.

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami duomenų vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Rodiklių reikšmės sukant pedalus skirtingu tempu palygintos Studento t kriterijų taikant priklausomoms imtims. Pasirinktas statistinio reikšmingumo lygmuo — $p < 0,05$.

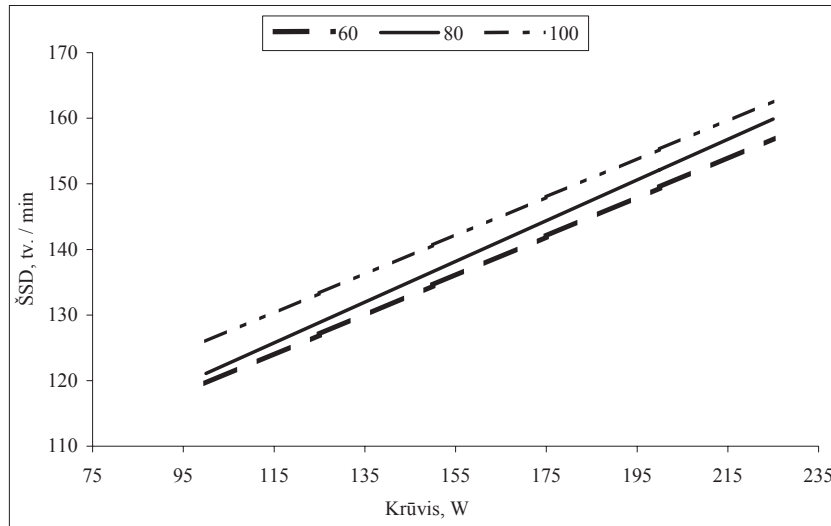
REZULTATAI

Kaip rodo lentelės duomenys, ŠSD_{NT} mažėjo atliekant didinamo krūvio testą didesniu tempu, tuo tarpu ŠSD reikšmės pasiekus šią galią buvo labai panašios ir nuo pedalų sukimo tempo nepriklausė. Didžiausias didinamo krūvio metu pasiektas galingumas nesiskyrė, o maksimalus ŠSD buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu. ŠSD procentinis dydis (% nuo maksimalaus) pasiekus ŠSD_{NT} taip pat buvo panašus ir siekė apie 86% maksimalaus. ŠSD dirbant submaksimaliu galingumu visada buvo mažiausias sukant pedalus 60 aps. / min tempu (2 pav.). Kaip rodo tiesinės regresijos koeficientai, ŠSD prieaugio tempai didėjant krūviui tiesinėje ŠSD ir galios priklausomumo dalyje, nesiskyrė sukant pedalus skirtingu dažnumu (žr. lent.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu nustatyta, kad atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru pedalų sukimo tempas neturi poveikio ŠSD reikšmėms ties ŠSD_{NT}, tačiau didėjant tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties ŠSD_{NT} sumažėja.

Tyrimo duomenys patvirtino, kad ŠSD_{NT} atliekant nuosekliai didinamą fizinį krūvį būdingas ir dviratininkams (Lucia et al., 1999, 2002).



2 pav. Vidutinės ŠSD reikšmės esant submaksimaliam darbo intensyvumui ir jų priklausomumas nuo pedalų sukimo dažnio pakopomis didinamo krūvio metu

J. L. Moore su bendraautoriais (2008) pastebėjo, kad sukančiam pedalus greitesniu tempu ŠSD padidėja esant submaksimaliam darbo galingumui (Moore et al., 2008). Tiesa, kiti autoriai nepastebėjo reikšmingo pedalų sukimo tempo poveikio ŠSD atliekant skirtingo (Chavarren, Calbet, 1999) ar 30 min pastovaus intensyvumo krūvį (Lepers et al., 2001). Manoma, kad esant didesniai pedalų sukimo tempui dėl padidėjusio deguonies poreikio padidėja ir minutės kraujo tūris, kurį savo ruožtu padidina išaugęs sistolinis kraujo tūris dėl padidėjusio veninio kraujo pritekėjimo, t. y. geresnio griaučių raumenų siurblio funkcionavimo sukančiam pedalus didesniu tempu (Gotshall et al., 1996). Visgi tikėtina, kad minutės kraujo tūris labiau arba tiek pat padidėja ir dėl ŠSD prieaugio. Tai parodė dviratininkų, dirbančių submaksimalia galia, kraujotakos tyrimo duomenys (Moore et al., 2008). Įdomu tai, kad $\dot{V}O_{2NT}$ nesikeičia nepaisant ŠSD ir galios santykio pokyčio, t. y. $\dot{V}O_{2NT}$ pasireiškia esant panašiam absoliučiam ir santykiniam ŠSD. Galima manyti, kad šio nuokrypio taško poreikis priklauso nuo didinamo krūvio metu pasiekto ŠSD, kuris daugelio asmenų siekia 88–94% maksimalaus (Bodner, Rhodes, 2000). F. Conconi ir kt. (Conconi et al., 1982, 1996) iškėlė prielaidą, kad suaktyvėjus anaerobinei ATP

resinzei palengvėja oksihemoglobino disociacija, dėl to kraujotakos veiksmingumas padidėja, ir tai sumažina didesnio ŠSD poreikį. Deja, cituojami autoriai savo prielaidą grindė tuo, kad $\dot{V}O_{2NT}$ dažnai sutampa su anaerobiniu slenksčiu, nors tai dar neįrodo šių fenomenų priežastinio ryšio. Neseniai atliktas tyrimas parodė, kad $\dot{V}O_{2NT}$ labiau susijęs su hiperkalemija, būdinga pasiekus tokį darbo intensyvumą (Lucia et al., 2002). Yra duomenų, kad $\dot{V}O_{2NT}$ gali būti susijęs su miokardo funkcija pasiekus pakankamai didelį krūvio intensyvumą ir labai padidėjus ŠSD (Pokan et al., 1993, 1999; Hofman et al., 1994; Foster et al., 1999). Manome, kad gauti duomenys labiausiai atitinka šią hipotezę, nes ŠSD dydis, o ne krūvio intensyvumas yra svarbesnis $\dot{V}O_{2NT}$ poreiškiui.

IŠVADA

Pedalų sukimo tempas neturi poveikio dviratininkų ŠSD reikšmėms ties $\dot{V}O_{2NT}$ atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru, tačiau didėjant tempui didėja ir ŠSD reikšmės submaksimalaus ir net maksimalaus intensyvumo aerobinio krūvio metu, todėl galia ties $\dot{V}O_{2NT}$ sumažėja.

LITERATŪRA

- Bodner, M. E., Rhodes, E. C., (2000) A review of the concept of the heart rate deflection point *Sports Medicine*, 30, 31–46.
- Brooke, J. D., Hamley, E. J., Thomson, H. (1968). The relationship of heart rate to physical work. *Journal of Physiology (London)*, 167, 61–63.
- Chavarren, J., Calbet, J. (1999). Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 80, 555–563.
- Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P. G. et al. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*, 152, 869–873.
- Conconi, F., Grazzi, G., Casoni, I. et al. (1996). The Conconi test: Methodology after 12 years of application. *International Journal of Sports Medicine*, 17, 509–519.
- Faria E. W., Daryl, D. L., Faria, I. E. (2005). The science of cycling: Physiology and training. Part 1. *Sports Medicine*, 35 (4), 286–312.

- Foster, C., Spatz, P., Georgakopoulos, N. (1999) Left ventricular function in relation to the heart rate performance curve. *Clinical Exercise Physiology*, 1, 29—32.
- Hofmann, P., Pokan, R., Preidler, K. et al. (1994). Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. *International Journal of Sports Medicine*, 15, 232—237.
- Lepers, R., Millet, G. Y., Maffiuletti, N. A., Hausswirth, C., Brisswalter, J. (2001). Effect of pedalling rates on physiological response during endurance cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 85 (3—4), 392—395.
- Lucía, A., Carvajal, A., Boraita, A. et al. (1999). Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 387—392.
- Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A. et al. (2002). Lactic acidosis, potassium, and the heart rate deflection point in professional road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 36, 113—117.
- Moore, J. L., Shaffrath, J. D., Casazza, G. A., Stebbins, C. L. (2008). Cardiovascular effects of cadence and workload. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 116—119.
- Pokan, R., Hofmann, P., Preidler, K. et al. (1993). Correlation between inflection of heart/rate work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 385—388.
- Pokan, R., Hofmann, P., Von Duvillard, S. P. et al. (1998). The heart rate performance curve and left ventricular function during exercise in patients after myocardial infarction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1475—1480.
- Wahlund, H. (1948). Determination of the physical working capacity. *Acta Medicine Scandinavica*, 215, 1—78.

RELATIONSHIP BETWEEN HEART RATE AND POWER IN CYCLISTS PEDALLING WITH DIFFERENT CADENCE

Arvydas Stasiulis, Gintautas Volungevičius

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the relationship between heart rate (HR) and power during the test on a cycle ergometry with increasing load test with different pedalling cadence in cyclists.

15 cyclists with high level of performance (age — 23.0 (1.41) years, height — 1.77 (0.04) m, weight — 66.3 (7.1) kg) performed a test on the „Monark 834E“ (Sweden) cycle ergometer with the load increasing every minute. On different testing days the cadence was 60, 80 or 100 rpm. HR was recorded continuously using *Polar S810i* (Polar, Finland) HR monitor. The relationship between average HR during the last 10 s of each workload and the power was analysed and HR deflection point was determined.

The results showed that HR deflection point decreased with increasing pedalling cadence, but HR values at this point remained unchanged and did not depend on pedalling cadence. Peak power during the increasing load test was also similar at all cadencies. Maximal HR was significantly higher at cadency 100 rpm. Relative HR values (expressed in percent of maximal values) were not significantly different at the cadencies performed and were approximately 86% of maximal HR. HR at submaximal work intensities was lowest at cadence of 60 rpm.

In conclusion, the HR at HR deflection point is not influenced by pedalling cadence during the cycle ergometry test with increasing load, but HR values at submaximal and maximal aerobic intensities increase with increasing pedalling cadence, so the power at HR deflection point decreases. This may be associated with the changes of myocardial function regulation when the subject's HR reaches a certain high level.

Keywords: heart rate, heart rate deflection point, pedalling cadence, increasing load test.

Gauta 2008 m. liepos 11 d.
Received on July 11, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Gintautas Volungevičius
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302671
E-mail g.volungevicius@lkka.lt

ANALYSIS OF THE KINESIOLOGY OF SKATE SKIING AND ROLLER SKIING

Jiří Suchý, Bronislav Kračmar

Charles University in Prague, Prague, Czech Republic

Jiří Suchý. PhD in Kinanthropology. Assistant at the Department of Didactics of Sport, Faculty of Physical Education and Sport, Charles University in Prague. Research interests — endurance sports, sport training.

ABSTRACT

The peak of human locomotive ontogenesis is unsupported bipedal walking. We can assume that the patterns for locomotion in sport correspond to the patterns for walking. In this study the coordination of motion in six selected key muscle groups and one control group was observed during the use of cross-country skis with ski-poles on snow (free form, skating), and compared with the coordination using roller skis with poles on asphalt. The comparison was carried out skating up a slight slope. Intraindividual analysis of these forms of locomotion was based on surface electromyography (EMG) synchronized with digital video recorded in vivo on site. The data acquired were evaluated by calculating the area under the EMG curve recorded for each muscle under observation. The probability values acquired in this way roughly show the activation and work of the monitored muscle. An ordering of local maximums within a given step cycle was established in order to judge the coordination of motion.

The measured data confirmed the phenomenon of triple extension in the lower limbs as well as the phenomenon of pelvic stabilisation in the frontal plane in the single-support position. This stabilisation is ensured by the musculus gluteus medius, which was the only muscle measured to show a different ordering of local EMG curve maximums (timing) when comparing the whole cycle of skiing locomotion on asphalt and on snow. The peaks of activity for this muscle were localised outside the activity peaks of the musculus latissimus dorsi, which is considered the deciding muscle for locomotion realised through the shoulder girdle, but which also performs a stabilising function. Thus both muscles alternate in ensuring stability.

The results of the pilot study described demonstrate sufficient kinesiological correspondence between locomotion on skis and on roller skis with poles to confirm the suitability of regular use of roller skis as a specific training instrument for skiing.

Keywords: human locomotion, electromyography, skating on cross-country skis and on roller skis.

INTRODUCTION

In the course of the postural and locomotive ontogenesis of man, there is a functional maturing of the locomotive system in cranial and caudal development. In locomotion, the shoulder girdle is initially engaged, followed by the pelvic girdle. The combination of the functional maturing of the pelvic girdle and the acral part of the lower limb — the leg — facilitates standing upright and bipedal walking. The hand develops in preparati-

on for its future grasping function. The shoulder girdle does not lose its locomotive function, but, as Vojta demonstrates (Vojta, Peters, 1995), that function merely becomes secondary to the primary functions of manipulation and grasping (Véle, 2006).

The forms of locomotion in civilised man are primarily reduced to walking and standing upright, and infrequently running. Walking is a locomotive

activity that is directly facilitated solely by the pelvic girdle (its relation to the point of support), with a complementary balancing motion of the upper limbs. We find the shoulder girdle directly engaged in locomotion in selected sporting activities — climbing an artificial wall, paddling a canoe, the use of poles in cross-country skiing (skating and the classic technique), Nordic walking, and in swimming, in the front crawl and the backstroke (Kračmar, 2002).

To determine the postural muscles, Janda et al. (1996) sought the typical hominid posture or movement. He formulated bipedal walking for the pelvic girdle. The locomotive model of the pelvic girdle does not correspond to the locomotive model of man's closest biological relatives, the primates and the apes, where we do not find the perfect capacity to stand upright for bipedal locomotion (Vacková, 2004; Vančata, 1996). Fully upright bipedal walking is therefore specific to the human species.

Véle (2006) lists manipulation and grasping as the typical functions of the shoulder girdle. We tried to find an equivalent for the locomotive function of the shoulder girdle (i.e. for a function that is atypical in ordinary life). We designated the progress of motion during Vojta's reflexive crawling as a typically human locomotive movement in the shoulder girdle (Kračmar, 2001; Vacková, 2004).

In terms of ontogeny, we find certain similarities and differences between walking and skating on cross-country skis. The main difference is the engagement of the muscle groups for the work of the upper limbs during skating on cross-country skis; it is as though the skier has returned to quadrupedality by creating a place of support for the upper limbs. We anticipate muscular coordination in the shoulder girdle, which has its equivalent in the ontogenetic forms of human locomotion (Vojta, Peters, 1995). However, we see the quadrupedal character of locomotion as having specific features resulting from the vertical posture of the body, inducing the function of the body's stability system. That stability system was not activated for the horizontal posture of the body in the early stages of hominid locomotive ontogenesis (Schmalhausen, 1968; Véle, 2006).

Gliding posture and push.

The gliding posture on skis naturally does not provide the sensation of postural stability. The stereotype of walking is reinforced daily, on firm surfaces, where the tarsus 'grasps', is supported

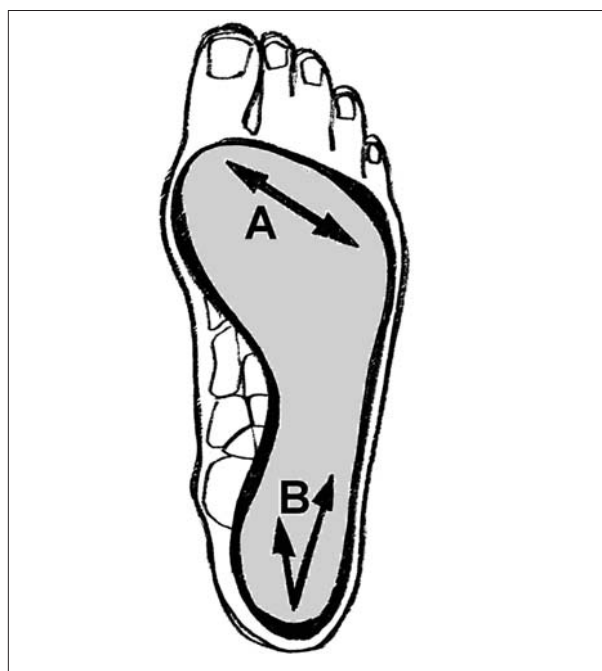


Figure 1. Trajectory of the median across the support base while standing on one leg (according to Kapandji)

by and deflects from a firm and stable place of support. In ordinary life, man avoids gliding. In gaining optimal postural stability while gliding on one ski, the forces acting on the skier (with an advanced technique) become balanced, and postural stability increases to the point that it resembles the sensation of standing at rest on a firm (i.e. non-slip) surface.

I. Vařeka (2004) demonstrated the localisation of the trajectory of the median across the support base when standing on one leg. He alternately applied a load to the front and rear parts of the foot, thereby simulating the dynamics of walking. He elaborated a static, three-point model of the foot according to A. J. Kapandji (1987) — Figure 1.

The trajectory of the median across the support base copies that three-point model. When the foot makes contact with a firm base, support begins at the heel, continues along the outer edge of the foot, there is then pronation, and in the course of the step the push moves forwards to the medial edge of the tarsus and finishes with the toes. That progress of support is substantiated by the structure of the foot. We find the most massive bone structure on the heel. The most massive bones in the toes are the medial metatarsi and the phalanges of the hallux. The push then proceeds from the sole of the foot at the heel, along its outer edge, and as it moves forward it shifts to the inner side of the foot, which corresponds to the progress of support and pushing when skating on cross-country skis. Standing on one foot and the push

from the inner side of the foot during skating on cross-country skis therefore have features that are defined in the ontogeny of postural stability. Maintaining posture on the sole of the foot and its inner edge also corresponds to the bipedal arrangement of the lower limbs in the frontal plane. In postural instability while standing, the base is extended, and the weight of the body is transferred to the inner edges of the feet. When novices skate on cross-country skis, we see that they cannot keep the skis flat while gliding, and proceed on the inner edges of the skis.

For reasons of stability, the most demanding technique for skating on cross-country skis, single-poling skating, was chosen for monitoring. For each pole there is one push by one lower limb. The interval between two pushes with the right leg, i.e. one step with the left leg, one step with the right leg and two poles with the arms working in synchrony, was defined as one motion cycle.

The choice of single-poling skating for monitoring was not random. Training in skating on cross-country skis begins with single-poling skating (Gnad, Psotová, 2005). The present competitive form of that skating technique is used to an ever-greater extent.

METHODS

Skating on cross-country skis and skating on roller skis with poles were chosen for monitoring locomotion through the pelvic girdle. Electromyographic (EMG) measurement was carried out in the field; we do not have any reports of similar field monitoring in the Czech Republic or abroad.

The subject is a top league competitive cross-country skier. He has trained and competed in cross-country skiing for 15 years, he is 29 years of age, with no medical complications. We worked on the assumption that the kinesiology of his locomotive motion on cross-country skis is in accordance with the principles of human motor ontogenesis. If that were not so, the long-term performance of that locomotive activity would have led to the stressing and pathology of the structures involved. That claim is supported by the fact that the subject has never suffered serious injury throughout his career in sport, despite the high volume and intensity of training (approximately 700—1 000 hours of training in his annual training cycle). A kinesiological analysis did not reveal any pathological changes that could have been caused by his sporting activities.

Measuring was conducted without any change to the sensitivity of the channels recording EMG potentials. There was a difference between both sets of measurements in the density of sampling during that recording, which resulted in a difference in the smoothness of the curves for both sets of measurements (details are available from the authors). Surface electromyography was carried out on six accessible muscles involved in engaging the pelvic girdle and lower limbs in locomotion (for reasons of space, the exact localisation is in a periodical available from the authors), and one muscle was monitored as the marker for evidence of engagement in the crossed locomotive pattern:

1. m. gluteus maximus dx.
2. m. gluteus medius dx.
3. m. tibialis anterior dx.
4. m. quadriceps femoris dx, vastus medialis
5. m. adductor longus dx.
6. m. gastrocnemius dx., cap. medialis
7. m. latissimus dorsi sin.

M. latissimus dorsi, as the only contralateral muscle, was monitored for its possible engagement in the quadrupedal crossed locomotive pattern. It represents the muscle group on the rear side of the torso. It begins at the humerus (sin), continuing through the processi spinosi and the m. fasciae latae (dx.), m. gluteus maximus (dx.), m. biceps femoris (dx.) to the fibula.

The timing of the inception and decline of EMG potentials was monitored, which helped to create a kinesiological chart of motion, a kind of 'coordination map'.

A portable KAZE5 measuring instrument (developed at the Charles University in Prague, Faculty of Physical Education and Sport) was used, with seven channels for recording EMG potentials, and one working channel for synchronising the video recording. The weight of the instrument, with batteries and including a belt bag fastened around the waist of the research subject, was 1.4 kg. Sensitivity regulation is 0.05—2 mV, the adjustable measurement duration was 5 seconds — 4 minutes 50 seconds. Following the completion of a series of 1—7 measurements, a record from the instrument's internal memory was transferred to a laptop, processed by the KAZE5 software and exported into the latest version of Microsoft Excel. There was also a synchronised video recording. In the analysis there was an attempt to achieve the highest level of regularity in the EMG potentials recorded.

The research subject's equipment consisted of Rollerski Jeseník roller skis, Salomon SNS bindings and boots, Fischer skis, and Salomon Pilot bindings and boots. For both tests we used Swix poles with PCC handles and Velcro fasteners.

In evaluating the results, the emphasis was placed on the timing of the inception and decline of EMG potentials for the muscles monitored. Monitoring was intraindividual. Measurements were taken for the same sportsman at an interval of two months. Before the first session on roller skis on October 19, 2007, the research subject had had no significant specific training. Training for the winter season (running, cycling, weight training) included roller skiing, with a weekly training session of approximately 90 minutes. By the time of the session on skis on December 21, 2007, the subject had completed approximately 900 training kilometres on snow, focusing on the regeneration of his technique and developing special aerobic capacities.

Specific features of the locomotive activity monitored

The start and end of the cycle monitored, i.e. a double step, is defined as the moment at which the pushing foot (here the right foot) leaves the ground.

The muscles, which are only engaged laterally, work only once during each cycle — m. gluteus medius (dx). and m. gastrocnemius (dx) — positions 1 and 10. The positions are shown in figures 4 and 4. M. gluteus maximus (dx). and m. latissimus dorsi (sin)., m. adductor longus (dx)., abd m. vastus medialis (dx). are muscles that facilitate both steps by the lower limb, and have two significant peaks during the cycle monitored — positions 1, 6 and 10.

RESULTS

Figure 2 shows the process during skating on snow; Figure 3 shows the timing of the muscles monitored. The different positions in Figure 2 are numbered 1—11, and are also shown in Figure 3. Skating on roller skis is presented in the same way in Figures 4 and 5.

For the purposes of simplicity, one 'step' with the lower right limb is analysed, i.e. from the moment the right foot leaves the ground to the same moment in the following cycle, positions 1 and 11. For reasons of the phasic shift in the activity of certain muscles, the related parts of the auxiliary steps are also depicted.

The nature of single-poling skating results in poling before the push by the lower limb. Poling is represented by the contralateral m. latissimus dorsi (sin) — positions 4 and 9. It is part of the muscle group on the rear side of the torso.

The sequence for the activation of the muscles monitored is as follows: m latissimus dorsi (sin.) is activated before position 1, followed by m. gluteus maximus (dx.) just before position 1, almost simultaneously with m. vastus medialis (dx.) — position 1. The wave of activation to complete the push continues to m. gastrocnemius (dx.) — position 1. We simultaneously observe a decline in the activity of m. tibialis anterior (dx.) — positions 1 and 11, which allows the leg a position for tarsal flexion (i.e. the push). We find here then the phenomenon of the triple extension of the joints of the pushing (right) lower limb. That phenomenon is present

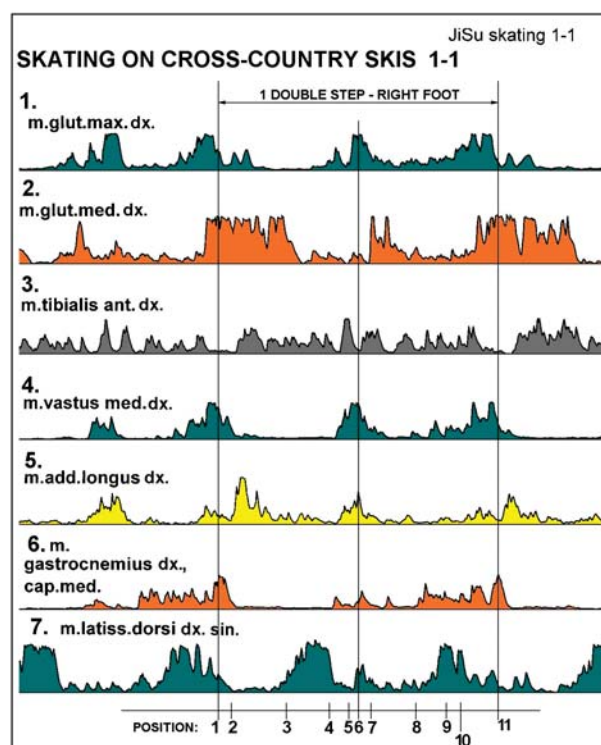


Figure 2. Process of skating on cross-country skis

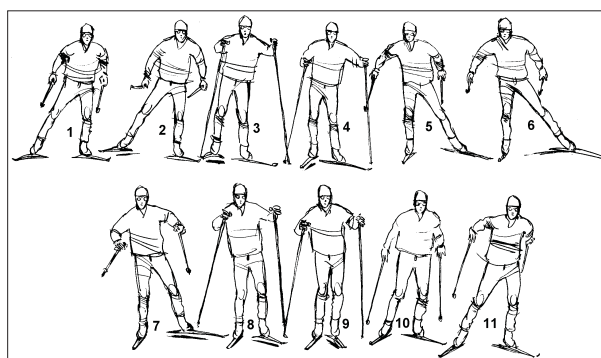


Figure 3. Timing of the monitored muscles (on cross-country skis)

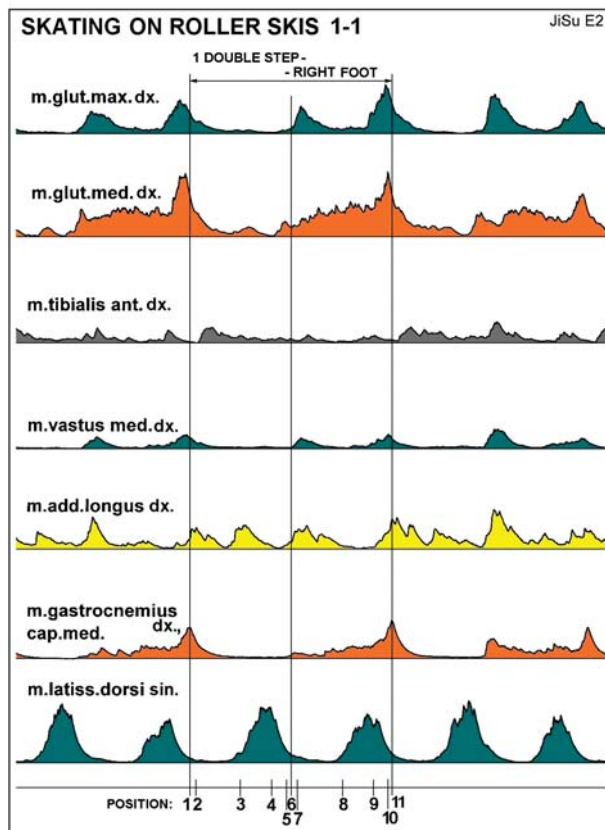


Figure 4. Process of skating on roller skis

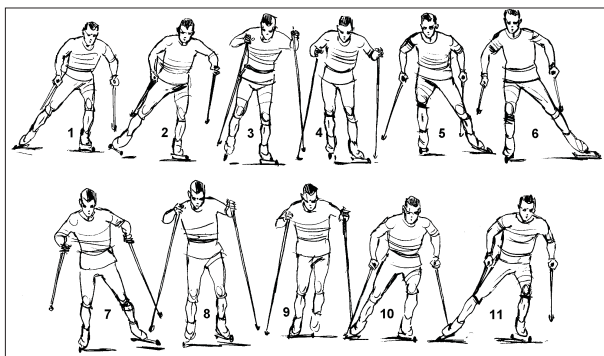


Figure 5. Timing of the monitored muscles (on roller skis)

in the locomotion of the majority of quadrupedal tetrapods (Romer, 1966; Shubin, Alberch, 1986; Young, 1981), and is phylogenetically conditioned. There is then the activation of *m. adductor longus* (dx.) — position 2, which adducts the lower limb to the standing limb for effective gliding on one leg. *M. adductor longus* (dx.) is clearly activated while travelling on the other, i.e. the left, ski. It works almost symmetrically during travelling on each ski — positions 2, 3, 7, 11.

M. gluteus maximus (dx.) also displays a second significant peak — position 7.

That shows the entire pelvis in retroversion during the completion of the push. The unequal distances between the peaks in the activation of that muscle (the position before 1, 7, 10) during al-

ternating extension in the pelvis on the side of the pushing and gliding leg illustrate the slight rotation of the pelvis around a vertical axis, always towards the gliding ski. A reversed shift on the other side can be expected for the contralateral *m. gluteus maximus* sin., which was not measured.

The second peak for the activation of *m. gluteus maximus* (dx.) is not part of the triple extension — position 7. The simultaneous activation of the ipsilateral *m. tibialis anterior* (dx.) corresponds to the position of the standing leg in the gliding posture, where the position of the knee and ankle joints (position 7) does not correspond to the phenomenon of triple extension. Here the muscle supports the retroversion of the pelvis during the push with the second lower limb (i.e. the requirement to move both hips forward at the completion of the push). A variable that was not monitored, and which could influence the function of *m. tibialis anterior* (dx.), could be the use of different bindings during the measurements for roller skis and on snow. There is a slight difference in the way SNS and Pilot bindings influence the motion in the ankle joint in the sense of dorsal and tarsal flexion.

The contralateral *m. latissimus dorsi* (sin.) also has a two-peak activation cycle — the positions before 1, 4 and 9, when its engagement in the muscle group facilitates poling during the push of each lower limb. In comparison with the activation of *m. gluteus maximus* (dx.), the peaks for its activation are regular. That corresponds to the optimal direction for the vector for poling, with arms and poles moving forwards in the direction of travel. The different placing of the peak activation of *m. adductor longus* (dx.) — positions 2, 7 and 11 — has a cause similar to that of *m. gluteus maximus* (dx.). It works following the push — positions 1 and 10, when it helps return the lower limb from abduction to adduction, and the second peak is when it works on the standing (gliding) lower limb to maintain the gliding posture on one leg — position 7.

The activation of *m. gluteus medius* (dx.) rises and peaks at the moment of the push. The push is depicted as the peak activation of *m. gluteus maximus* (dx.) — the position before 1 and 10.

A further comparison of the activation of the muscles monitored during skating on snow and skating on roller skis reveals that the timing of the inception and completion of the activation of the muscles monitored is identical in both types of sport.

DISCUSSION

The validity of the results is derived from the nature of the research project — a case study. The shortcomings of this kind of research are ameliorated by the selection of the research subject, a competitive skier with a relatively stable advanced technique that has been assessed by experts over a five-year period.

A variable that was not monitored, and which could influence the function of m. tibialis anterior (dx.), could be the use of different bindings during the measurements for roller skis and on snow. There is a slight difference in the way SNS and Pilot bindings influence the motion in the ankle joint in the sense of dorsal and tarsal flexion.

In one place — the activation of m. gluteus medius (dx.) — the ‘coordination maps’ of both types of skating monitored diverge: positions 2 and 11 in Figure 3, and the position before 1 and 10 in Figure 5. Moreover, in skating on snow we find another activity peak — the position between 7 and 8 in Figure 3. On snow, the dominant activity peak is shifted further in time than when skating on roller skis. M. gluteus medius (dx.) maintains the stability of the pelvis in the frontal plane, so that the future pushing leg does not descend to the ground prematurely — the position before 1 — 3. On snow, where the variability of the ground is somewhat greater than on asphalt, that control of the stability of the pelvis is evidently longer and more emphatic. The longer control of the position of the pelvis may correspond to the greater coordination of the motion of the sportsman following the completion of 900 kilometres of training on snow. M. gluteus medius (dx.) helps to control the

more fluid placing of the ski on the snow in the direction of the future glide of the ski. In that way, the ski does not descend to the ground.

CONCLUSION

Field EMG monitoring has allowed the coordination of the human motion monitored to be objectified and specified *in vivo*. The outcome of that measuring is a ‘coordination map’, or a kinesiology of motion in the technique of an advanced cross-country skier. For skating on skis, the phenomenon of the triple extension of the pushing lower limb was described, and the stabilisation effect of m. gluteus medius was discovered for the pelvic region. The timing described between the muscle group and the muscles of the pelvis and lower limb are an indicator for a description of an effective technique for skate skiing. They are simultaneously evidence of the nature of the work of the monitored part of the locomotive system in quadrupedal locomotion. Evidence of that is the timing of activation from m. latissimus dorsi (sin.) to m. gastrocnemius (dx.).

The sole difference in the coordination of motion between skating on snow and on roller skis was discovered in the timing of the engagement of m. gluteus medius. Only a different methodology in a subsequent measuring session, excluding the one variable not monitored, can determine the cause of that phenomenon. Either that is a specific aspect of both activities monitored, or the change is influenced by the completion of substantial training between the two sessions.

This research is supported by GAUK112/2006 and MSM0021620864.

REFERENCES

- Gnad, T., Psotová, D. (2005). *Běh na lyžích*. Praha: Karolinum.
- Janda, V., Poláková, Z., Věle, F. (1996). *Funkce hybného systému*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Kapandji, A. I. (1987). *The physiology of the Joints. Volume Two (Lower Limb)*. Edinburg: Churchill Livingstone.
- Kračmar, B. (2001). Exploitation of reflexive locomotion theory by qualitative analysis of sports activity. *Acta Universitatis Carolinae Kinantropologica*, 37, 38—46.
- Kračmar, B. (2002). *Kineziologická analýza sportovního pohybu*. Praha: Triton.
- Romer, A. S. (1966). *Vertebrate Paleontology*. Chicago, London: The University of Chicago Press. P. 248—252.
- Schmalhausen, I. I. (1968). *The Origin of Terrestrial Vertebrates*. New York: Academic Press. P. 187—195.
- Shubin, N., Alberch, P. (1986). A morphogenetic approach to the origin and basic organisation of the tetrapod limb. *Evolutionary Biology*, 20, 319—387.
- Vacková, P. (2004). *Fylogenetické souvislosti sportovní lokomoce*. Praha: Thesis.
- Vančata, V. (1996). Ontogeny of Primate Locomotion and the Origin of Hominid Bipedality. *Folia Primatologica*, 67, 213—214.
- Vářeka, I. (2004). Dynamický model „tříbodové“ opory nohy. *Rehabilitácia*, 41, 132—136.
- Věle, F. (2006). *Kineziologie*. Praha: Triton. P. 190—193.
- Vojta, V., Peters, A. (1995). *Vojtův princip*. Praha: Grada Publishing.
- Young, J. Z. (1981). *The Life of Vertebrates*. Oxford: Clarendon Press. P. 328—331.

SLYDIMO LENKTYNINĖMIS SLIDĖMIS IR RIEDSLIDĖMIS KINEZIOLOGIJOS YPATYBIŲ ANALIZĖ

Jiří Suchý, Bronislav Kračmar
Praha Karlo universitetas, Praha, Čekija

SANTRAUKA

Žmogaus judėjimo ontogenezės kulminacinis taškas yra vaikščiojimas ant dviejų kojų be atramos. Galima manyti, kad judėjimas sportuojant atitinka vaikščiojimo modelį. Šio tyrimo metu buvo stebima judesių koordinacija analizuojant šešių svarbiausių raumenų grupių darbą tiriamiesiems slystant lenktyninėmis slidėmis su lazdomis (laisvuju čiuožimo stiliumi), o rezultatai palyginti su koordinacijos rodikliais riedant riedslidėmis su lazdomis ant asfalto. Tyrimas atliktas sportininkams slystant į nedidelę įkalnę. Kiekvieno asmens judėjimas buvo analizuojamas naudojantis elektromiografija (EMG) ir skaitmeniniais vaizdo įrašais, užfiksuotais natūralioje aplinkoje. Gauti duomenys įvertinti apskaičiuojant plotą po kiekvieno stebimo raumens EMG kreivę. Tokiu būdu gauti patikimumo rodikliai rodo tiriamojo raumens aktyvumą ir darbą. Maksimalių reikšmių išsidėstymas per vieno žingsnio ciklą leido įvertinti judesių koordinaciją.

Gauti matavimai patvirtino kojų raumenų trejopo įtempimo ir dubens stabilumo priekinėje plokštumoje vienatraminės padėties reiškinį. Ši stabilumą garantuoja išmatuotas *musculus gluteus medius*, rodantis kitokią maksimalių reikšmių išsidėstymą EMG kreivėje, lyginant visus slidininkų judesius ant asfalto ir ant sniego. Šio raumens aktyvumo didžiausi rodikliai buvo nustatyti už *musculus latissimus dorsi* aktyvumo kulminacinių taškų, todėl galima manyti, kad šis raumuo lemia judėjimo kokybę ir atlieka stabilizavimo funkciją. Šitaip kaitaliodamiesi abu raumenys garantuoja stabilumą.

Šio tyrimo rezultatai parodė, kad judesių slystant slidėmis ir riedslidėmis su lazdomis kineziologijos ypatybės yra panašios. Vadinas, riedslides galima reguliariai naudoti kaip specifinę slidinėjimo pratybų priemonę.

Raktažodžiai: žmogaus judėjimas, elektromiografija, slydimas lenktyninėmis slidėmis ir riedslidėmis.

Gauta 2008 m. kovo 6 d.
Received on March 6, 2008

Priimta 2008 m. birželio 18 d.
Accepted on June 18, 2008

Jiří Suchý
Charles University in Prague
(Praha Karlo universitetas)
Josef Martího 31, 162 52 Prague 8211, Veleslavín
Czech Republic (Čekijos Respublika)
Tel +420 608 117 536
E-mail email@jirisuchy.cz

5—6 KLASIŲ MOKINIŲ NEFORMALŲJŲ FIZINĮ UGDYMĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI

Asta Šarkauskienė, Eugenija Adaškevičienė
Klaipėdos universitetas, Klaipėda, Lietuva

Asta Šarkauskienė. Socialinių mokslų (edukologijos) doktorantė. Klaipėdos universiteto Kūno kultūros katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — neformalusis vaikų fizinis ugdymas.

SANTRAUKA

Modernizuojant švietimo sistemą Lietuvoje ir siekiant bendrų Europos Sąjungos užsibrėžtų tikslų ypatinga vieta tenka mokinių neformaliajam švietimui. Valstybinėse švietimo strategijos 2003—2012 metų nuostatose numatoma plėtoti neformalųjį ugdymą, kad būtų užtikrinta vaikų ugdymo kokybė.

Tyrimo tikslas — nustatyti veiksnius, lemiančius 5—6 klasių mokinių (jaunųjų paauglių) dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme.

Tyrimas buvo vykdomas 2007 m. gegužės mėn. Apklausoje metu naudotos 4 rūšių anketos:

1. Mokiniams, kurie nedalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme.

2. Mokiniams, kurie dalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme:

- bendrojo lavinimo mokyklose;
- neformaliojo švietimo institucijose (sporto mokyklose ir centruose, sporto klubuose, turizmo centruose, jaunimo laisvalaikio centruose ir kt.);
- ir bendrojo lavinimo mokyklose, ir kitose neformaliojo švietimo institucijose.

Tyrimo rezultatai gauti anoniminės anketinės apklausos metodu apklausus šešių bendrojo lavinimo mokyklų, esančių įvairiose Lietuvos vietose ir skirtingų dydžių miestuose (Vilniuje, Klaipėdoje, Alytuje, Šilutėje, Gargžduose), 672 jaunuosius paauglius.

Tyrimu nustatyta, kad neformaliajame fiziniame ugdyme dalyvauja mažiau nei pusė (41,7%) 5—6 klasių mokinių: mokykloje — 5,7%, už mokyklos ribų — 16,9% ir apie penktadalis jaunųjų paauglių lanko sporto būrelius ir mokykloje, ir kitose neformaliojo ugdymo įstaigose. Norinčių dalyvauti neformaliojo fizinio ugdymo veikloje mokykloje buvo 9,6% mažiau negu norinčių tęsti treniruotes kitose neformaliojo fizinio ugdymo įstaigose ($\chi^2 = 17,563$; $p < 0,005$).

Literatūros šaltinių analizė ir atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad jaunųjų paauglių sportinės veiklos pasirinkimui įtakos turi įvairūs veiksniai. Nustatyta, kad 5—6 klasių mokinių pasirinkimą dalyvauti neformaliajame fiziniame ugdyme labiausiai lemia motyvaciniai veiksniai — noras būti stipriu ir sveiku (68,3%) bei saviraiškos (savirealizacijos) poreikis — tikėjimas realizuoti savo gebėjimus (38,4%). Šie duomenys sutampa su kitų autorių (Zuožienė, 1998; Blauzdys, Jasiūnas, 2000; Čid, 2002; Bagdonienė, Blauzdys, 2005) gautaisiais. Svarbūs ir socialiniai veiksniai: draugų įtaka, trenerių, mokytojų bei tėvų skatinimas.

Pagrindinė nedalyvavimo neformaliajame fiziniame ugdyme priežastimi apie pusę respondentų (54,4%) nurodė laiko trūkumą. Dalis mokinių (13,9%) teigė, kad jie nedalyvauja šioje veikloje, nes nemėgsta sportuoti.

Raktažodžiai: neformalusis fizinis ugdymas, neformalųjį fizinį ugdymą lemiantys veiksniai, ankstyvoji paauglystė.

IVADAS

Vykstant globalizacijos procesams, integruojantis mokslo, technologijų, kultūros, socialinėms dimensijoms, mokinys turi būti pajėgus savarankiškai ir kartu su kitais spręsti savo, visuomenės gyvenimo problemas, visaverčiai dalyvauti vykstančiuose procesuose, būti pasirengęs sparčiai kintančio pasaulio iššūkiams. Tam būtini esminiai Lietuvos švietimo sistemos pokyčiai, kurie padėtų didinti švietimo sistemos

veiksmingumą, išplėsti švietimo prieinamumą, užtikrinti europinius standartus ir šiuolaikinės Lietuvos visuomenės poreikius atitinkančią švietimo kokybę (*Dėl Valstybinės švietimo strategijos 2003—2012 metų nuostatų*, 2003).

Modernizuojant švietimo sistemą Lietuvoje ir siekiant bendrų Europos Sąjungos užsibrėžtų tikslų ypatinga vieta tenka mokinių neformaliajam švietimui. Tačiau iki 2002 metų neformalusis

vaikų švietimas nebuvo aiškiai apibrėžtas. Dažniausiai jis buvo įvardijamas kaip viena iš naujai atsiradusių darbo su jaunimu sričių. Lietuvos Respublikos švietimo įstatymo pakeitimo įstatyme (2003) iki tol buvusi „papildomojo ugdymo“ sąvoka papildyta ir apibrėžta kaip neformalusis vaikų švietimas. Neformaliojo vaikų švietimo koncepcijoje (*Dėl neformaliojo vaikų švietimo koncepcijos patvirtinimo*, 2005) suformuluotas tikslas — „per kompetencijų ugdymą formuoti asmenį, sugebantį tapti aktyviu visuomenės nariu, sėkmingai veikti visuomenėje, padėti tenkinti pažinimo, lavinimosi ir saviraiškos poreikius“.

Įvairius neformaliojo švietimo klausimus nagrinėjo tiek užsienio, tiek Lietuvos mokslininkai. D. Festeu, B. Humberstone (2006) pabrėžia, kad neformalusis švietimas turi būti sutelktas į ugdymą ir mokymąsi, pabrėžiant socialinį kontekstą, žinių naudingumą ir asmenybės augimo tikslus, socialinius pokyčius ir integraciją į visuomenę. L. Siurala (2007) kaip pagrindinį neformaliojo švietimo uždavinį nurodo vaikų ir jaunimo ugdymą atsakingais piliečiais bei gebėjimą rasti ir išsaugoti darbą. V. Jankauskas (2008) pažymi, kad neformaliojo švietimo tikslas — parengti vaiką sėkmingai gyventi nuolat besikeičiančioje visuomenėje, ugdyti asmeninius gebėjimus, visuomeninį aktyvumą, kad taptų visaverte, kūrybiška asmenybe.

Neformalusis vaikų ugdymas, kaip reikšminga pedagoginė problema, Lietuvos mokslininkų nagrinėta įvairiais aspektais. Turiningo laisvalaikio svarbą pagrindė I. Ramanekienė (1998), M. Barauskaitė (2001), B. Bitinas (2004), Z. Bajoriūnas (2004). Papildomojo ugdymo reikšmę asmenybės socializacijai tyrinėjo L. Jovaiša (1995), J. Vaitkevičius (1998), turinį ir formas nagrinėjo S. Dapkienė (1998), S. Dzenuškaitė (1991), J. Ratkus (2000), mikro ir makroaplinkos įtaką asmenybės raidai, jos vertybinių nuostatų formavimuisi atskleidė L. Jovaiša (1995), E. Adaškevičienė (2004), V. Aramavičiūtė (2005), P. Tamošauskas (2006) ir kt. S. Šukys ir A. Bagdonas (2007) nustatė moksleivių sportavimo ir fizinio aktyvumo sąsajas su socialiniais ekonominiais veiksniais. R. Maureen ir Ph. D. Weiss (2000), I. Smalinskaitė (2002), N. Lipscombe ir kt. (2002), L. F. Cid (2002) tyrė įvairaus amžiaus mokinių dalyvavimo ir nedalyvavimo sportinėje veikloje motyvus.

Visgi dar stokojama tyrimų, atskleidžiančių jaunųjų paauglių neformalųjį fizinį ugdymą lemiančius veiksniai. Tai suponuoja šio straipsnio mokslinį naujumą ir leidžia formuluoti mokslinę problemą: kokie veiksniai lemia 5—6 klasių

mokinių neformaliojo fizinio ugdymo veiklos pasirinkimą?

Tyrimo objektas — veiksniai, lemiantys 5—6 klasių mokinių (jaunųjų paauglių) dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme.

Tikslas — nustatyti veiksniai, lemiančius 5—6 klasių mokinių (jaunųjų paauglių) dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme.

Metodai:

1. Mokslinės literatūros analizė.
2. Anketinė apklausa.
3. Statistinė analizė: procentinė grafinė analizė, *chi* kvadrato (χ^2) testas.

Tyrimo organizavimas. Tyrimas buvo vykdomas 2007 m. gegužės mėnesį. Jame dalyvavo šešios bendrojo lavinimo mokyklos, esančios įvairiose Lietuvos vietose ir skirtingų dydžių miestuose: Vilniuje, Klaipėdoje, Alytuje, Šilutėje, Gargžduose. Anoniminės anketinės apklausos metodu buvo apklausti 672 5—6 klasių mokiniai.

Atlikus neformaliojo fizinio ugdymo teorinę analizę, buvo parengtos anketos. Klausimyną sudarė 3 dalys: I dalis (6 klausimai) skirta informacijai apie respondentą; II dalis (10 klausimų) — apie jaunųjų paauglių neformalųjį fizinį ugdymą(si); III dalis (6 klausimai) — apie jų laisvalaikį.

Kad klausimai ir atsakymų variantai būtų tikslingai išdėstyti, respondentams suprantami ir jų nevargintų, buvo sudarytos 4 rūšių anketos:

1. Mokiniais, kurie nedalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme.
2. Mokiniais, kurie dalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme:
 - bendrojo lavinimo mokyklose;
 - neformaliojo švietimo institucijose (sporto mokyklose ir centruose sporto klubuose, turizmo centruose, jaunimo laisvalaikio centruose ir kt.);
 - ir bendrojo lavinimo mokyklose, ir kitose neformaliojo švietimo institucijose.

Visų anketų I ir III dalies klausimai buvo tie patys, o II dalies — skirtingi, nes buvo orientuoti konkrečiai tikslinei respondentų grupei.

TYRIMO REZULTATAI

Nustatyta, kad iš viso neformaliajame fiziniame ugdyme dalyvauja 41,7% jaunųjų paauglių. Nors bendrojo lavinimo mokyklose organizuojami neformaliojo fizinio ugdymo užsiėmimai, tačiau juos lanko tik 5,7% respondentų. Beveik tris kartus daugiau (16,9%) 5—6 klasių mokinių dalyvauja kitų institucijų organizuojamoje neformaliojo

Lentelė. 5—6 klasių mokinių dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme lemiantys veiksniai (%)

Mokinių pasiskirstymas	Mokykloje ir už jos ribų	Tik mokykloje	Tik už mokyklos ribų	Visų mokinių	χ^2 kriterijus ir patikimumo lygmuo (p)
Veiksniai					
Motyvaciniai					
Nori būti stiprus ir sveikas	78,0	60,5	66,4	68,3	6,16 $p < 0,05$
Tikisi realizuoti savo gebėjimus	40,2	39,5	35,4	38,4	0,61 $p > 0,05$
Nori, kad labiau gerbtų draugai	1,6	5,3	1,8	2,9	2,02 $p > 0,05$
Socialiniai					
Lanko draugai	9,4	7,9	9,7	9,0	0,12 $p > 0,05$
Patinka trenerio / mokytojo asmenybė	10,2	5,3	9,7	8,4	0,89 $p > 0,05$
Skatina tėvai sportuoti	7,9	0	10,6	6,2	4,40 $p > 0,05$
Skatina treneris / mokytojas sportuoti	1,6	10,5	0	4,0	15,30 $p < 0,001$
Kita	7,9	13,2	29,2	16,8	19,56 $p < 0,001$

fizinio ugdymo veikloje. Penktadalis mokinių (19,1%) dalyvauja ir bendrojo lavinimo mokyklų, ir dar papildomai kitų institucijų organizuojamoje neformaliojo fizinio ugdymo veikloje (sporto mokyklose, sporto klubuose, turizmo centruose, jaunimo laisvalaikio centruose ir kt.).

Mokslininkai teigia, kad vaikams augant jų fizinis aktyvumas turi tendenciją mažėti (Trost et al., 2002; Šukys, Bagdonas, 2007; Verstraete et al., 2007). Tyrimu siekėme nustatyti jaunųjų paauglių dalyvavimo neformaliajame fiziniame ugdyme kaitą. Nors paauglystės amžiaus tarpsniu mokiniai yra fiziškai aktyvūs, visgi akivaizdžiai mažėja mokinių, dalyvaujančių neformaliajame fiziniame ugdyme, skaičius. Nustatyta, kad neformaliajame fiziniame ugdyme nedalyvavo 37,7% 5 klasių mokinių, o 6 klasėse tokių buvo 62,3% ($\chi^2 = 15,048$; $p < 0,005$). Reikšmingas skirtumas nustatytas ir lyties aspektu: organizuotų sporto pratybių po pamokų nelankė 43,1% berniukų ir 56,9% mergaičių ($\chi^2 = 37,58$; $p < 0,001$).

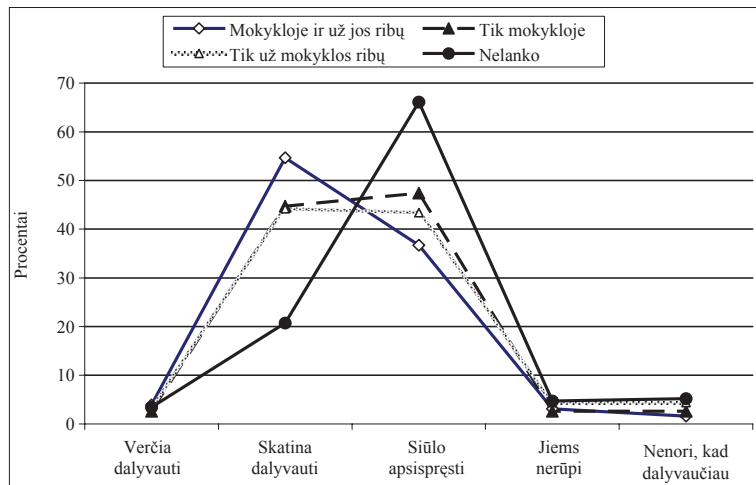
Daugiau kaip pusė mokinių (68,8%), kurie lankė sporto užsiėmimus už mokyklos ribų, pareiškė, kad jie norėtų lankyti juos ir ateityje. Tačiau norinčių toliau lankyti sporto būrelius mokykloje buvo 9,6% mažiau negu norinčių tęsti treniruotes kitose neformaliojo fizinio ugdymo įstaigose ($\chi^2 = 17,563$; $p < 0,005$).

Tyrimu nustatyta, kad mokinių dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme labiausiai lemia

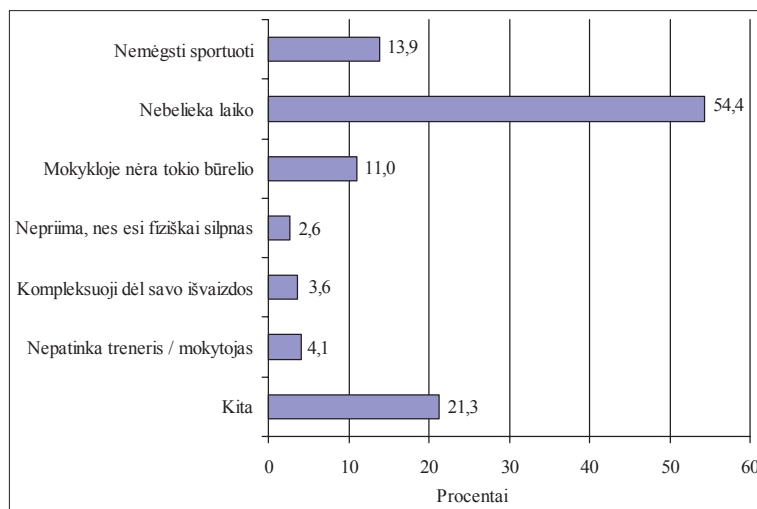
motyvaciniai veiksniai. Noras būti stipriu ir sveiku svarbiausia yra mokiniams, kurie sportuoja ne tik savo mokykloje, bet ir už jos ribų (78,0%). Šis motyvas mažiau svarbus sportuojantiems kitose neformaliojo fizinio ugdymo institucijose (66,4%) ir lankantiems sporto būrelius mokykloje (60,5%) ($\chi^2 = 6,162$; $p < 0,05$) (žr. lent.). Kitas svarbus veiksnys, kuris skatina paauglius sportuoti yra mokinių noras realizuoti savo gebėjimus: šį veiksnį įvardijo 38,4% respondentų ($p > 0,05$).

Mokinius dalyvauti neformaliajame fiziniame ugdyme skatina ne tik motyvaciniai, bet ir socialiniai veiksniai. 9,0% respondentų nurodė, kad jie dalyvauja neformaliojo fizinio ugdymo veikloje todėl, kad šią veiklą yra pasirinkę jų draugai. Dalį respondentų (6,1%) dalyvauti neformaliojo fizinio ugdymo veikloje paskatino tėvai ir treneriai arba mokytojai (4,0%). Nustatytas reikšmingas skirtumas tarp grupių ($\chi^2 = 15,30$; $p < 0,001$): mokytojo skatinimas dalyvauti neformaliojo fizinio ugdymo veikloje labiausiai turėjo įtakos paaugliams, kurie lanko sporto būrelius mokykloje (10,5%), ir visai neturėjo įtakos mokiniams, sportuojantiems už mokyklos ribų.

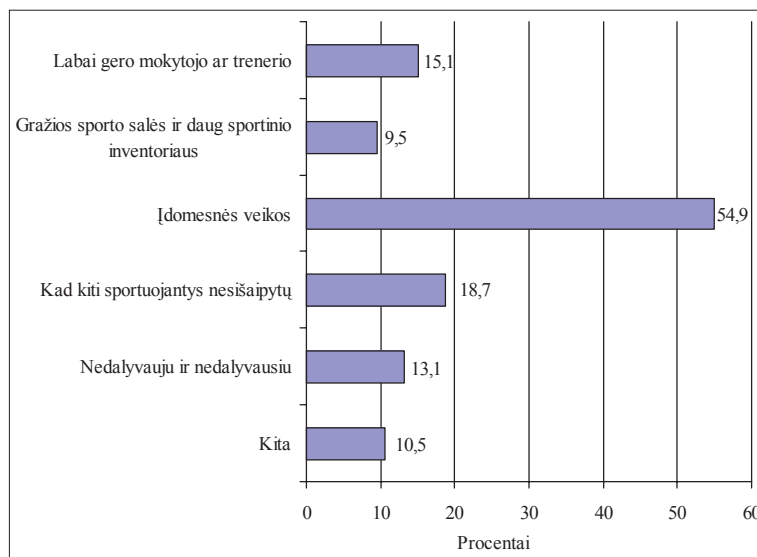
Trenerio ir mokytojo asmenybė taip pat turi įtakos paauglių laisvalaikio praleidimo formos pasirinkimui. 10,2% paauglių, kurie sportuoja ir mokykloje, ir už jos ribų, bei 9,3% sportuojančių vien tik kitose ugdymo įstaigose teigė besitreniruoiantys todėl, kad jų treneris yra labai geras.



1 pav. Tėvų požiūrio į vaikų dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme procentinis skirstinys



2 pav. Jaunųjų paauglių nedalyvavimo neformaliajame švietime priežastys (%)

3 pav. Jaunųjų paauglių atsakymų į klausimą *Ko reikėtų, kad Tu dalyvautum neformaliajame fiziniame ugdyme?* procentinis skirstinys

Kūno kultūros mokytojo asmenybė turėjo įtakos ugdytinių laisvalaikio praleidimo formos pasirinkimui tikrai 5,3% respondentams.

Bandėme išsiaiškinti ir tėvų požiūrį į mokinių dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme (1 pav.). Beveik pusė respondentų nurodė, kad tėvai jiems siūlo apsispręsti patiems (48,4%), o mažiau nei pusė (41,1%) skatina dalyvauti nefor-

maliąjo fizinio ugdymo veikloje. Nustatytas esminis skirtumas tarp grupių ($\chi^2 = 71,752$; $p < 0,001$): labiausiai tėvų yra skatinami tie mokiniai, kurie dalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme mokykloje ir už jos ribų (54,7%). Lankančių sporto būrelius vien tik mokykloje ar vien už jos ribų atsakymai buvo panašūs: beveik pusė tėvų skatina dalyvauti, kita pusė — siūlo apsispręsti patiems.

Tačiau ir 20,7% mokinių, kurie nedalyvauja popamokinėje sportinėje veikloje, taip pat teigė, kad juos tėvai skatina papildomai sportuoti, neapsiriboti vien kūno kultūros pamokomis, tačiau dėl tam tikrų priežasčių jie to nedaro.

Tyrimu atskleidėme priežastis, trukdančias jauniems paaugliams dalyvauti neformaliajame fiziniame ugdyme (2 pav.). 54,4% mokinių nurodė, kad jie negali sportuoti, nes nebelieka laiko, 13,9% tiesiog nemėgsta sporto, 11,0% respondentų teigė, kad jų mokykloje nėra tokio sporto būrelio, kurį jie norėtų lankyti. Kadangi daugiau kaip pusė mokinių nurodė, kad jiems nepakanka laiko sportuoti, paanalizavome jų dalyvavimą neformaliajame švietime. Nustatyta, kad daugiau nei pusė mokinių (57,2%), kurie nedalyvauja neformaliajame fiziniame ugdyme, iš viso nedalyvauja ir neformaliajame švietime.

Bandėme nustatyti, ko reikėtų, kad paaugliai dalyvautų neformaliajame fiziniame ugdyme. 54,9% respondentų nurodė, kad jie norėtų įdomesnės veiklos, 18,7% tiriamųjų svarbu, kad iš jų nesišaipytų kiti sportuojantys asmenys ir 15,1% pageidavo labai gero mokytojo ar trenerio. Tačiau net 13,1% pažymėjo, kad sporto būreliai nelanko ir nelankys nenurodydami jokios priežasties (3 pav.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimu nustatyta, kad neformaliajame fiziniame ugdyme dalyvauja mažiau nei pusė (41,7%) 5–6 klasių mokinių. Kitų mokslininkų tyrimai rodo, kad popamokinėje sportinėje veikloje dalyvauja apie 30,0–56,3% jaunųjų paauglių. 2002 m. Kūno kultūros ir sporto departamento (KKSD) inicijuotu tyrimu „Lietuvos 7–80 metų amžiaus gyventojų požiūris į kūno kultūros pratybas ir dalyvavimas jose“ (2002) buvo apklausti 1143 7–18 metų mokiniai ir nustatyta, kad organizuotas sporto pratybas po pamokų lanko daugiau mokinių, t. y. 56,33%. Panašūs duomenys gauti ir 2003 m. Švietimo ir mokslo ministerijos (ŠMM) „Popamokinės veiklos veiksmingumo“ (2003) tyrimu. Nustatyta, kad sporto būrelius lanko 55,0% mokinių ir jie yra vieni iš populiariausių bei aktyviai lankomų mokykloje ir už jos ribų. Tačiau kiti autoriai pateikia mažesnę dalyvaujančių neformaliojo fizinio ugdymo veikloje mokinių skaičių: D. Mockevičienė (2002) nustatė, kad po pamokų organizuotas sporto pratybas lanko 45,9% mokinių, M. Barkauskaitė (2004) — 30,0%. Minėto KKSD tyrimo „Lietuvos 7–80 metų amžiaus gyventojų požiūris į kūno kultūros pratybas ir dalyvavimas jose“ duomeni-

mis, net 44,1% lanko pratybas sporto mokymo įstaigose ir 25,5% — papildomojo fizinio ugdymo būrelius mokykloje.

Literatūros šaltinių analizė atskleidė, kad jaunųjų paauglių fizinį aktyvumą lemia įvairūs aplinkos veiksniai. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad negalime išskirti vieno veiksnio, nes paprastai veikia visas kompleksas tarpusavyje susijusių. V. Volbekienė ir kt. (2007) teigia, kad „naujausiais tyrimų duomenimis, fizinio pasyvumo ir aktyvumo kilmė yra nulemta biologiškai“. Daugelio autorių (Levickienė, Kardelis, 1999; Nevil, 2006; Šukys, Bagdonas, 2007) ir institucijų (KKSD, ŠMM) inicijuotų sociologinių tyrimų duomenimis, berniukai yra fiziškai aktyvesni ir jie dažniau renkasi įvairius sporto būrelius. Mūsų tyrimu taip pat nustatyta, kad berniukų statistiškai reikšmingai ($\chi^2 = 37,58$; $p < 0,001$) daugiau nei mergaičių dalyvauja neformaliojo fizinio ugdymo veikloje.

Dalyvavimą neformaliajame fiziniame ugdyme labiausiai lemia motyvaciniai veiksniai, t. y. vidinė motyvacija — noras būti stipriu ir sveiku (68,3%) bei saviraiškos (savirealizacijos) poreikis — tikėjimas realizuoti savo gebėjimus (38,4%). Šie duomenys sutampa su kitų autorių (Zuožienė, 1998; Blauzdys, Jasiūnas, 2000; Bagdonienė, Blauzdys, 2005) gautaisiais. Tuo tarpu 2002 metais KKSD tyrimu nustatyta, kad didžiosios dalies (72,6%) mokinių pagrindiniai mankštinimosi ir sportavimo motyvai yra noras tobulinti savo fizinę galias, gerinti sveikatą, didinti darbingumą.

Kitų šalių tyrėjai (Maureen, Weiss, 2000; Lipscombe et al., 2002; Turman, 2007) išskiria socialinės aplinkos — tėvų, trenerių ir bendraamžių įtaką skatinant vaikų fizinį aktyvumą. L. P. Cid (2002) nurodo, kad treneriai, šeima ir draugai yra svarbūs, bet mažiau turi įtakos jaunųjų paauglių sportinės veiklos pasirinkimui. Tyrimu nustatėme, kad Lietuvos paaugliams socialiniai veiksniai (draugų įtaka, trenerių, mokytojų ir tėvų skatinimas) taip pat turi įtakos, tačiau jie nėra pagrindiniai.

Anot J. E. Bois ir kt. (2005), yra stiprus ryšys tarp tėvų nuomonės, jų elgsenos ir vaikų fizinio aktyvumo lygio. Mūsų tyrimu taip pat nustatyta, kad net pusė respondentų, kurie dalyvauja neformaliojo fizinio ugdymo veikloje, ir toliau tėvų yra skatinami joje dalyvauti. Tik penktadalis nedalyvaujančių sportinėje veikloje mokinių teigia, kad juos tėvai skatina dalyvauti popamokinėje sportinėje veikloje.

Svarbiausia nedalyvavimo neformaliajame fiziniame ugdyme priežastimi moksleiviai nurodė laiko stoką (54,4%) ir tai, kad jie nemėgsta sportuoti (13,9%). Lyginant šiuos respondentų atsakymus su

kitų tyrėjų duomenimis matyti, kad priežastys panašios: KKSD tyrimo metu (2002) moksleiviai taip pat nurodė, kad nedalyvauja popamokinėje sportinėje veikloje, nes domisi kitomis laisvalaikio praleidimo formomis ir tai, kad jiems trukdo didelis mokymosi krūvis. Beveik trečdalis prisipažino, kad sportuoti neturi noro, stokoja energijos ir valios. Švietimo ir mokslo ministerijos 2003 metais inicijuotu tyrimu „Popamokinės veiklos veiksmingumas“ buvo nustatyta, kad pagrindinė nedalyvavimo organizuotoje popamokinėje veikloje priežastis yra laiko trūkumas.

IŠVADOS

1. Neformaliajame fiziniame ugdyme dalyvauja mažiau nei pusė (41,7%) Lietuvos jaunųjų pauglių. Daugiau moksleivių sportuoja kitose

neformaliojo ugdymo įstaigose nei bendrojo lavinimo mokyklos organizuotoje popamokinėje sportinėje veikloje.

2. 5—6 klasių mokinių pasirinkimą dalyvauti neformaliajame fiziniame ugdyme labiausiai lemia motyvaciniai veiksniai, t. y. vidinė motyvacija — noras būti stipriu ir sveiku bei saviraiškos poreikis — tikėjimas realizuoti savo gebėjimus. Mažiau svarbūs yra socialiniai veiksniai: draugų įtaka ir trenerių, mokytojų, tėvų skatinimas. Įtakos turi ir biologiniai veiksniai (mokinių lytis).
3. Pagrindine nedalyvavimo neformaliajame fiziniame ugdyme priežastimi apie pusę respondentų (54,36%) nurodė laiko trūkumą. Dalis mokinių (13,9%) teigė, kad jie nedalyvauja šioje veikloje, nes nemėgsta sportuoti.

LITERATŪRA

- Adaškevičienė, E. (2004). *Vaikų fizinės sveikatos ir kūno kultūros ugdymas*. Klaipėda: Klaipėdos universiteto leidykla.
- Aramavičiūtė, V. (2005). *Auklėjimas ir dvasinė asmenybės branda*. Vilnius: Gimtasis žodis.
- Bagdonienė, L., Blauzdys, V. (2005). V—VI klasių mokinių intereso kūno kultūrai lygių kaita. *Sporto mokslas*, 4 (58), 3—9.
- Bajoriūnas, Z. (2004). *Šeimos ugdymo mokslas ir praktika: studijų knyga*. Vilnius: Kronta.
- Barkauskaitė, M. (2004). Moksleivių dorinis ugdymas popamokinėje veikloje. *Pedagogika*, 72, 20—25.
- Barkauskaitė, M. (2001). *Paaugliai: sociopedagoginė dinamika: monografija*. Vilnius: VPU.
- Bitinas, B. (2004). *Hodegetika: auklėjimo teorija ir technologija*. Vilnius: Kronta.
- Blauzdys, V., Bagdonienė, L. (2007). *Mokinių teigiamo požiūrio į kūno kultūrą kaip mokymosi dalyką ugdymas, didinant jo prasmingumą*. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla.
- Blauzdys, V., Jasiūnas, M. (2000). 11—12 klasių miesto ir kaimo moksleivių požiūris į kūno kultūros pamokas. *Sporto mokslas*, 4, 57—62.
- Bois, J. E., Sarrazin, P. G., Brustad, R. J., Cury, F., Trouilloud, D. O. (2005). Elementary schoolchildren's perceived competence and physical activity involvement: The influence of parents' role modeling behaviors and perceptions of their child's competence. *Psychology of Sport and Exercise*, 6, 381—397.
- Cid, L. F. (2002). Alteração dos motivos para a prática desportiva das crianças e jovens. *Revista Digital, Buenos Aires*, 55. [Žiūrėta 2007-10-25]. Prieiga internetu: www.efdeportes.com
- Dapkienė, S. (1998). *Papildomojo ugdymo formos*. Šiauliai: UAB „Litera“.
- Dėl neformaliojo vaikų švietimo koncepcijos patvirtinimo. (2005). Nr. ISAK-2695. [Žiūrėta: 2006-01-05]. Prieiga internetu: http://www.smm.lt/teisine_baze/isakymai.htm
- Dėl Valstybinės švietimo strategijos 2003—2012 metų nuostatų. (2003). *Valstybės žinios*, 71, 3216.
- Dzenuškaitė, S. (1991). *Mokinių nepamokinės veiklos tobulinimas*. Vilnius: PMTI.
- Festeu, D., Humberstone, B. (Ed.). (2006). *Non-formal Education through Outdoor Activities Guide: A European funded project*. Cumbria: European Institute for outdoor Adventure Education and Experiential Learning.
- Jankauskas, V. (2008). *Ar prieinamas neformalusis vaikų švietimas Lietuvoje?* [žiūrėta 2008-05-07]. Prieiga internetu: www.zebra.lt/svietimas
- Jovaiša, L. (1995). *Hodegetika: auklėjimo mokslas*. Vilnius: Agora.
- Levickienė, G., Kardelis, K. (1999). Moksleivių fizinės savivugdos komponentų bei socialinių ir edukacinių veiksmų sąsaja. *Socialiniai mokslai*, 4, 91—98.
- Lietuvos 7—80 metų amžiaus gyventojų požiūris į kūno kultūros pratybas ir dalyvavimas jose. *Sociologinio tyrimo rezultatai*. (2002). [žiūrėta 2007-10-25]. Prieiga internetu: <http://www.kksd.lt>
- Lietuvos Respublikos švietimo įstatymo pakeitimo įstatymas. (2003). *Valstybės žinios*, 63, 2853.
- Lipscombe, N., Robinson, L., Sadler, J. (2002). *Influences on Competitive Sports Participation for Primary School Children in Wodonga, Victoria*. [žiūrėta 2007-12-01]. Prieiga internetu: <http://www.ausport.gov.au/fulltext/2002/ach-per/Sadler.pdf>
- Maureen R. Weiss, Ph. D. (2000). Motivating Kids in Physical Activity. *Research Digest*, 11, 1—8.
- Mockevičienė, D. (2002). Socialinio pedagogo vaidmuo gerinant vaikų užimtumą ir laisvalaikį. *Pedagogika*, 64, 47—52.
- Nevil, M. (2006). *Increasing demand for sport and physical activity for adolescent girls in Scotland*. [žiūrėta 2008-03-28]. Prieiga internetu: <http://www.sportscotland.org.uk>
- Popamokinės veiklos veiksmingumas. Tyrimo ataskaita. (2003). Vilnius. [žiūrėta 2007-12-05]. Prieiga internetu: http://www.smm.lt/svietimo_bukle/docs/tyrimas_5.doc
- Ramaneckienė, I. (1998). *Papildomasis ugdymas*. Šiauliai: Šiaurės Lietuva.
- Ratkus, J. (2000). *Ugdymas ir popamokinė pasaulio pažinimo veikla*. Šiauliai: Litera.
- Siurala, L. (2007). Foreign experts show Dutch youth policy omission. *Youth Policy*, 3, 151—160.

Smalinskaitė, I. (2002). 7—12 klasių moksleivių dalyvavimo ir nedalyvavimo sporto pratybose motyvai. *Sporto mokslas*, 2, 54—57.

Šukys, S., Bagdonas, A. (2007). Moksleivių sportavimo ir fizinio aktyvumo laisvalaikio sąsajos su socialiniais ekonominiais veiksniais. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1, 44—50.

Trost, S. G., Pate, R. R., Sallis, J. F. et al. (2002). Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34, 350—355.

Turman, P. D. (2007). Parental sport involvement: Parental influence to encourage young athlete continued sport participation. *Journal of Family Communication*, 3, 151—175.

Vaitkevičius, J. (1998). *Moksleivių mokymosi ir laisvalaikio problemos*. Vilnius: Mokslo.

Verstraete, S. J. M., Cardon, G. M., Clercq, D. R. L., Bourdeaudhuij, J. M. M. (2007). Effectiveness of a two-year health-related physical education in Elementary Schools. *Journal of Teaching Physical Education*, 26, 20—34.

Volbekienė, V., Gričiūtė, A., Gažauskienė, A. (2007). Lietuvos didžiųjų miestų 5—11 klasių moksleivių su sveikata susijęs fizinis aktyvumas. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2, 71—77.

Zuožienė, I., J. (1998). *Kūno kultūros ir sveikos gyvensenos žinių įtaka moksleivių fiziniam aktyvumui: daktaro disertacija*. Kaunas: LKKA.

FACTORS DETERMINING 5TH—6TH FORM PUPILS' NON-FORMAL PHYSICAL EDUCATION

Asta Šarkauskienė, Eugenija Adaškevičienė
Klaipėda University, Klaipėda, Lithuania

ABSTRACT

In the process of the modernization of the educational system in Lithuania and achieving the common goals of the European Union, non-formal education takes a special place. Regulations of the National Education Strategy for the years 2003—2012 foresee development of non-formal education, aiming at the high quality of children's education.

The aim of the research was to identify the factors determining the 5th—6th form pupils' (junior adolescents) participation non-formal physical education.

The research was carried out in May, 2007. Questionnaires of four types were used for this purpose. They were intended for the pupils who do not participate in after-school physical activities and who: 1) participate only in after-school physical activities; 2) do not participate in after-school physical activities, but attend sports clubs; 3) participate in both: after-school and other physical activities.

The data were gathered with the help of anonymous questionnaires which were filled in by 672 junior adolescents from six secondary schools in different towns of Lithuania (Vilnius, Klaipėda, Alytus, Silute, Gargzdai).

It was established that less than one half (41.7%) of the 5th—6th formers participated in the non-formal physical education, where: 5.7% of them participated in after-school physical activities, 16.9% — in after-school physical activities and approximately one fifth of the adolescents participated in both. There were 9.6% fewer pupils who were going to attend after-school physical activities in the near future than those who wanted to continue attending physical activities in other institutions ($\chi^2 = 17.563$; $p < 0.005$).

Analysis of the literature sources and our research have shown that the choice of physical activities by junior adolescents is influenced by different factors where one main factor cannot be excluded as a whole complex of interdependent factors condition it. It was established that the choice of 5th—6th formers' participation in physical activities was mainly determined by their intrinsic motivation — the wish to be strong and healthy (68.3%) and the need of self-expression — the hope to implement the skills (38.4%). These data concur with the research results of other authors (Zuožienė, 1998; Blauzdys, Jasiunas, 2000; Cid, 2002; Bagdonienė, Blauzdys, 2005). Social factors are important as well: influence of friends, encouragement by the coach / teacher and parents, although these are not the main factors.

The main reason for not participating in non-formal physical education for one half of the respondents (54.4%) was the lack of time. Some of the pupils (13.9%) claimed that they did not take part in those activities because they did not like to do sport.

Keywords: non-formal physical education, factors determining non-formal physical education, early adolescence.

Gauta 2008 m. balandžio 21 d.
Received on April 21, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Asta Šarkauskienė
Klaipėdos universitetas
(Klaipėda University)
S. Nėries g. 5, LT-92227 Klaipėda
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 8 680 72393
E-mail asta.sarkauskiene@gmail.com

SKIRTINGO AMŽIAUS IR MEISTRIŠKUMO LIETUVOS JAUNŲJŲ DVIRATININKŲ AEROBINIS PAJĖGUMAS

Gintautas Volungevičius, Arvydas Stasiulis, Pranas Mockus
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Gintautas Volungevičius. Biomedicinos mokslų magistras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros biomedicinos mokslų doktorantas. Mokslinių tyrimų kryptis — jaunųjų dviratininkų aerobinio pajėgumo tyrimas.

SANTRAUKA

Iš nuosekliai didinamo krūvio metu pastebimų kvėpavimo ir dujų apykaitos, laktato kaupimosi slenksčio (LKS), didžiausios darbo galios (N_{max}), maksimaliojo deguonies suvartojimo (VO_{2max}), darbo veiksmingumo, maksimalios La koncentracijos dirbant pastoviosios būklės sąlygomis, I tipo raumenų skaidulų procento vastus lateralis raumenyje rodiklių galima prognozuoti dviratininkų varžybų rezultatus (Mujika, Padilla, 2001).

Elito plento dviratininkai yra skirtingų antropometrinių duomenų (Swain et al., 1987), tačiau visų jų aerobiniai rodikliai aukšti: maksimalusis darbo galingumas siekia 370—570 W, VO_{2max} — nuo 4,4 iki 6,4 l/min, o galingumas pasiekus LKS — nuo 300 iki 500 W (Padilla et al., 1999; Lucia et al., 2000). Literatūroje šykštu duomenų apie jaunesnio amžiaus dviratininkų aerobinio pajėgumo rodiklius ir jų kaitą per treniruotes.

Tyrimo tikslas — palyginti jaunučių ir jaunimo grupių dviratininkų aerobinio pajėgumo rodiklius atliekant nuosekliai didinamą krūvį veloergometru, kai pedalai sukami plento lenktynėms būdingu 90 aps./min (Lucia et al., 2001) dažniu. Buvo tiriami aštuoni 15—16 m. jaunučių grupės (treniravimosi stažas 2—3 m.) ir aštuoni 19—23 m. jaunimo grupės (treniravimosi stažas 5—8 m.) dviratininkai. Norint nustatyti aerobinį pajėgumą, tiriamasis po pramankštos veloergometru „Ergoline“ atliko nenutrūkstamą kas 5 s nuosekliai po 2 W didinamą krūvį. Viso tyrimo ir atsigavimo metu naudojant nešiojamą įrangą „Oxycon Mobile“ (Jaeger, Vokietija) buvo registruojami dujų apykaitos rodikliai ir širdies susitraukimų dažnis, vėliau pagal jų kaitą priklausomai nuo krūvio nustatomi aerobinio pajėgumo rodikliai. Jaunimo grupės dviratininkų absoliučios VO_{2max} , ventiliacinių slenksčių, didžiausios darbo galios, submaksimalios plaučių ventiliacijos rodikliai buvo reikšmingai didesni negu jaunučių grupėje. Santykiniai aerobinio pajėgumo rodikliai (VO_{2max} , ventiliaciniai slenksčiai vienam kūno masės kg), submaksimalios ir maksimalios ŠSD reikšmės, darbo veloergometru veiksmingumas buvo panašūs skirtingose amžiaus grupėse. Tyrimo rezultatai rodo, kad atliekant nuosekliai didinamą fizinį krūvį veloergometru vyresnių ir didesnio meistriškumo jaunųjų dviratininkų geresni tik absoliučius aerobinės galios rodikliai.

Raktažodžiai: maksimalusis deguonies suvartojimas, ventiliaciniai slenksčiai, aerobinis pajėgumas, jaunųjų dviratininkų amžius.

IVADAS

Iš nuosekliai didinamo krūvio metu pastebimų kvėpavimo ir dujų apykaitos, laktato kaupimosi slenksčio (LKS), didžiausios darbo galios (N_{max}), maksimaliojo deguonies suvartojimo (VO_{2max}), darbo veiksmingumo, maksimalios La koncentracijos dirbant pastoviosios būklės sąlygomis, taip pat I tipo raumenų skaidulų procento vastus lateralis raumenyje rodiklių galima

prognozuoti dviratininkų varžybų rezultatus (Mujika, Padilla, 2001). Elito plento dviratininkai yra skirtingų antropometrinių duomenų (Swain et al., 1987), tačiau visų jų aerobiniai rodikliai aukšti: maksimalusis galingumas siekia 370—570 W, VO_{2max} — nuo 4,4 iki 6,4 l/min, o galingumas pasiekus LKS — 300 iki 500 W (Padilla et al., 1999; Lucia et al., 2000). A. Lucia ir kt. (2001 a)

Giro d'Italia, *Tour de France* ir *Vuelta a Espana* didžiųjų daugiadienių lenktynių metu pastebėjo, kad profesionalai galėjo išlaikyti darbo intensyvumą, artimą antram ventiliaciniam slenksčiui (VeS2) arba deguonies suvartojimą, lygų 90% nuo VO_{2max} , apie 60 min. Aukštas VeS2 yra svarbus dviratininkui, lenktyniaujančiam kalnuose, nes tenai 30–60 min reikia dirbti VeS2 arba LKS artimu intensyvumu (Lucia et al., 1998). Ko gero, dėl to labiausiai skiriasi geriausių mėgėjų ir elito dviratininkų submaksimalūs aerobinio pajėgumo rodikliai, ypač prie VeS2, nors VO_{2max} yra panašūs (Lucia et al., 1998). Vieną profesionalų komandą paprastai sudaro skirtingos specializacijos dviratininkai, kurie sąlygiškai skirstomi į lygumų, kalnų, laiko lenktynių specialistus, finišo meistrus ir universalus (Mujika, Padilla, 2001). Tai lemia dviratininkų antropometrinių, fiziologinių ir kūno masės rodiklių santykis. Pažymėtina, kad atskirose lenktynėse gerai lenktyniaujantys dviratininkai geba puikiai važiuoti lygumų ir kalnų trasose, taip pat individualiose bendrojo starto bei komandinėse lenktynėse (Mujika, Padilla, 2001). Per asmenines laiko lenktynes (ALL) darbo galingumas, artimas LKS, siekia 400–420 W (trumpesnėse ALL), o ilgesnėse jis artimas individualiam laktatiniam slenksčiui (LS) ir siekia 370–390 W. Pulso dažnis (PD) būna aukštas, bet pastovus. Grupinėse lenktynėse elito dviratininkai įveikia 200 km ir daugiau, todėl darbo intensyvumas būna dar mažesnis: lygumoje vidutiniškai jis siekia 210 W, kalnuose — 270 W (Lucia et al., 2000).

Tyrimų su jaunesnio amžiaus dviratininkais pasaulyje (Tsunawake et al., 1993) ir Lietuvoje atlikta nedaug. Šykštu duomenų apie jaunųjų dviratininkų aerobinio pajėgumo rodiklius sukančiomis pedalais skirtingu dažniu. Jeigu elito dviratininkai dažnesnį pedalų sukimą gali kompensuoti didesne galia (pasirinkdami didesnę pavarą), tai 13–14 m. (vaikų), 15–16 m. (jaunučių), 17–18 m. (jaunių) dviratininkų varžybose didžiausios pavaros yra draudžiamos. Todėl rezultatus šiose amžiaus grupėse dažniausiai lemia geresnis aerobinis pajėgumas, esant didesniam pedalų sukimo dažniui. Jaunimo (19–23 m.) grupės ir elito dviratininkai gali važiuoti bet kuria pvara. Varžybinės veiklos tyrimai (Lucia et al., 2001 b) rodo, kad plento lenktynėse sportininkai vidutiniškai pedalus suka 90 aps. / min, treko lenktynėse — 110 aps. / min ir tik įveikdami kalnuotus plento lenktynių nuotolius pasirenka pedalų sukimo dažnį, artimą 70 aps. / min. Mūsų tyrimas leistų išaiškinti kiekvieno dviratininko rezultatą ribojančius aerobinio

pajėgumo rodiklius, išskirti rungčių, kuriai sportininkas labiausiai tinka. Tai padėtų tiksliau vykdyti gabių sportininkų atranką, orientuoti dviratininkus pasirenkant sportinę specializaciją, prognozuoti konkrečių sportininkų rengimo kryptis siekiant geriausių sportinių rezultatų.

Tyrimo tikslas — palyginti jaunučių ir jaunimo grupių dviratininkų aerobinio pajėgumo rodiklius atliekant nuosekliai didinamą krūvį велоergometru, kai pedalai sukami plento lenktynėms būdingu 90 aps. / min dažniu.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji. Buvo tiriami aštuoni 15–16 m. jaunučių grupės (treniravimosi stažas 2–3 m.) dviratininkai (amžius — $15,5 \pm 0,5$ m., ūgis — $175 \pm 6,2$ cm, kūno masė — $63,6 \pm 10,7$ kg) ir aštuoni 19–23 m. jaunimo grupės (treniravimosi stažas 5–8 m.) dviratininkai (amžius — $19,0 \pm 1,1$ m., ūgis — $184,9 \pm 4,2$ cm, kūno masė — $75,3 \pm 3,6$ kg).

Nuosekliai didinamo krūvio testas (NDK). Norint nustatyti aerobinį pajėgumą, tiriamasis po pramankštos велоergometru „Ergoline“ atliko nenutrūkstamą kas 5 s nuosekliai po 2 W didinamą krūvį. Krūvis buvo atliekamas sukančiomis pedalus 90 ± 2 aps. / min dažniu. Pradinis 20 W krūvis buvo didinamas tol, kol dviratininkas nebegebėjo išlaikyti reikiamo dažnio ar dėl nuovargio atsiskaidavo testą. Tada tiriamasis 5 min ilsėjosi gulėdamas.

Kraujo laktato koncentracijos nustatymas. Kapiliarinio kraujo mėginiai buvo imami iš piršto praėjus 5 ir 20 min po NDK. Laktato koncentracija buvo nustatoma naudojant „Accutrend Lactate“ (Vokietija) analizatorių.

Dujų apykaitos registravimas ir analizė. Viso tyrimo ir atsigavimo metu naudojant nešiojamą įrangą „Oxycon Mobile“ (Jaeger, Vokietija) buvo registruojami dujų apykaitos rodikliai: deguonies suvartojimas (VO_2), anglies dioksido išskyrimo greitis (VCO_2), kvėpavimo dažnis, kvėpavimo tūris ir plaučių ventiliacija (Ve). Iš jų vėliau buvo apskaičiuojami išvestiniai rodikliai, reikalingi ventiliaciniam slenksčiui nustatyti: ventiliaciniai O_2 ir CO_2 ekvivalentai, kvėpavimo koeficientas. Pirmu ventiliaciniu slenksčiu (VeS1) buvo laikomas darbo intensyvumas, virš kurio atliekant NDK pradėdavo didėti ventiliacinis O_2 ekvivalentas, o VeS2 — darbo intensyvumas, virš kurio atliekant NDK pradėdavo didėti ventiliacinis CO_2 ekvivalentas, taip pat dar labiau pagreitinėdavo ventiliacinio O_2 ekvivalento

prieaugis. VO_{2max} buvo laikomas didžiausias NDK metu per 15 s pasiektas VO_2 . Santykinis VO_{2max} buvo apskaičiuojamas absoliutų rodiklį l / min padalijus iš tiriamojo kūno masės. Taip pat buvo analizuojami absoliutūs ir santykiniai (% nuo didžiausių) Ve , VO_2 ir ŠSD rodikliai. Pastarasis rodiklis buvo registruojamas naudojant pulso matuoklį su atmintimi *Polar S810* (Suomija).

Tyrimo organizavimas. Tyrimai atlikti LKKA Sporto fiziologijos laboratorijoje. Kiekvienas tiriamasis prieš NDK testą atlikdavo pramankštą (10 min krūvį 50 W galingumu). Paskui uždėjus ŠSD ir dujų apykaitos registravimo įrangą buvo atliekamas NDK, po kurio tiriamasis gulėdavo 5 min. Praėjus 5 ir 20 min po NDK, buvo imamas kapiliarinis kraujas iš piršto laktato koncentracijai nustatyti.

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami duomenų aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai

nuokrypiai. Tiriamųjų grupių duomenys buvo palyginami taikant neparametrinius metodus. Statistinių hipotezių patikimumui nustatyti pasirinktas $p < 0,05$ lygmuo. Apskaičiavimai atlikti naudojantis kompiuterinėmis programomis „Microsoft Excel“ ir „Statistika for Windows“.

REZULTATAI

Tyrimo rezultatai pateikti lentelėje.

Jaunimo grupės dviratininkų ventiliacinių slenksčių ir didžiausios testo metu pasiektos galios absoliučios reikšmės buvo statistiškai reikšmingai didesnės negu jaunučių (1 pav.).

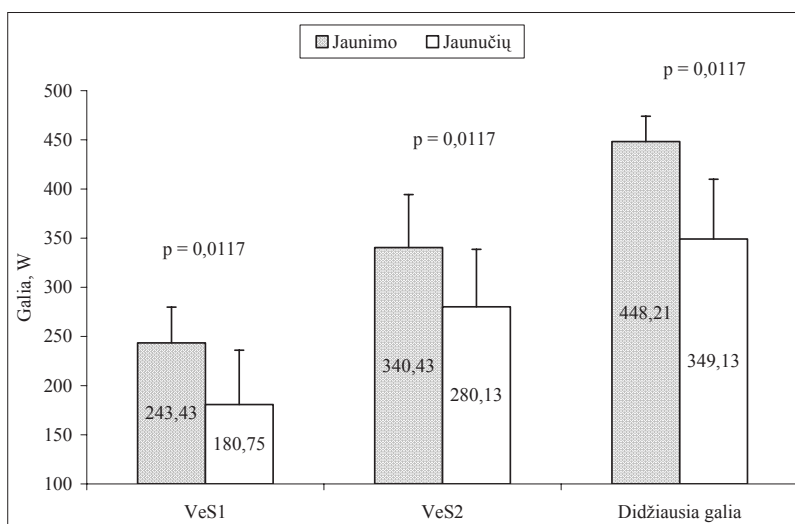
Santykinės šių rodiklių reikšmės tarp grupių nesiskyrė (2 pav.).

Maksimalios ir submaksimalios ŠSD reikšmės taip pat buvo panašios abiejose dviratininkų amžiaus grupėse (3 pav.).

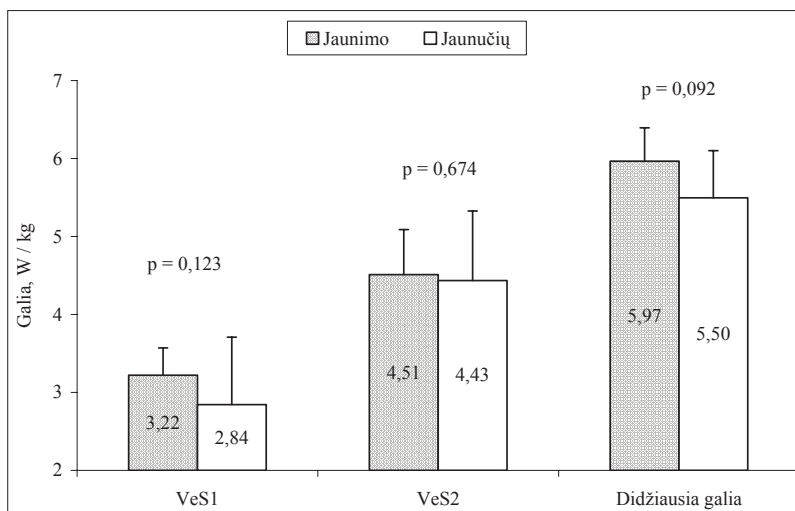
Rodikliai	Tiriamieji	Jaunimas		Jaunučiai	
		Vidurkis	St. nuokr.	Vidurkis	St. nuokr.
Amžius, m.		19,14	1,17	15,75	1,04
Ūgis, cm		184,43	3,83	175,75	6,09
Svoris, kg		75,29	5,13	63,75	10,99
1 ventiliacinis slenkstis, W		243,43	36,44	180,75	55,32
2 ventiliacinis slenkstis, W / kg		3,22	0,35	2,84	0,87
Ventiliacija ($VeS1$), l / min		66,29	10,50	56,21	15,21
ŠSD ($VeS1$), tv. / min		155,24	8,49	149,08	20,17
ŠSD ($VeS1$) % nuo maks., tv. / min		78,39	2,63	76,82	7,31
$O_2 VeS1$, l / min		3,21	0,34	2,62	0,60
$O_2 VeS$, % VO_{2max}		63,50	7,71	62,53	12,11
Veiksmingumas ties $VeS1$, ml / W		9,87	0,71	9,75	1,19
2 ventiliacinis slenkstis, W		340,43	53,95	280,13	58,48
2 ventiliacinis slenkstis, W / kg		4,51	0,58	4,43	0,89
Ventiliacija ($VeS2$), l / min		98,05	21,80	93,79	23,70
ŠSD ($VeS2$), tv. / min		178,38	9,22	179,00	8,99
ŠSD ($VeS2$) % nuo maks., tv. / min		90,25	3,37	92,57	3,35
$O_2 VeS2$, l / min		4,11	0,62	3,62	0,61
$O_2 VeS2$, % VO_{2max}		81,09	11,39	86,70	8,77
Veiksmingumas ties $VeS2$, ml / W		9,01	2,40	8,49	2,93
VO_{2max} , l / min		5,07	0,40	4,18	0,55
VO_{2max} , ml / kg / min		67,45	6,44	66,42	8,15
ŠSD _{max} , tv. / min		197,57	6,41	193,56	11,57
VE_{max} , l / min		171,17	13,79	145,56	39,94
KD_{max} , k. / min		52,76	8,55	55,96	10,55
Didžiausia galia, W		448,21	25,83	349,13	60,76
Didžiausia galia, W / kg		5,97	0,43	5,50	0,60
O_2 — pulsas maksimalus		26,61	2,33	22,14	2,58
O_2 — pulsas maksimalus / m ²		12,99	2,19	12,52	1,44
Maks. kvėpavimo koeficientas		1,25	0,12	1,22	0,09
Laktatas po 5 min, mmol / l		11,47	3,31	11,74	4,73
Laktatas po 20 min, mmol / l		5,56	2,54	4,35	2,69
Laktatas po 20 min, %		49,92	19,47	39,64	22,63

Lentelė. Nenutrūkstamo nuosekliai didinamo велоergometrinio krūvio rodikliai

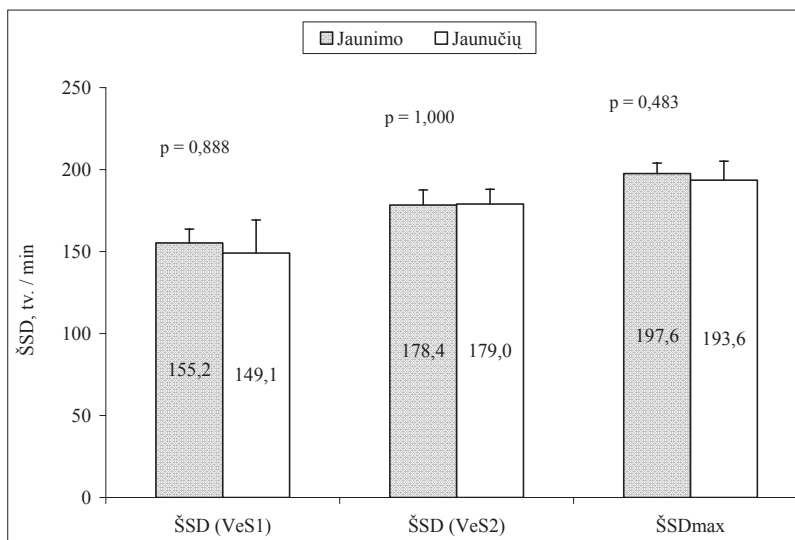
1 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų absoliutūs aerobinio pajėgumo rodikliai



2 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų santykiniai aerobinio pajėgumo rodikliai

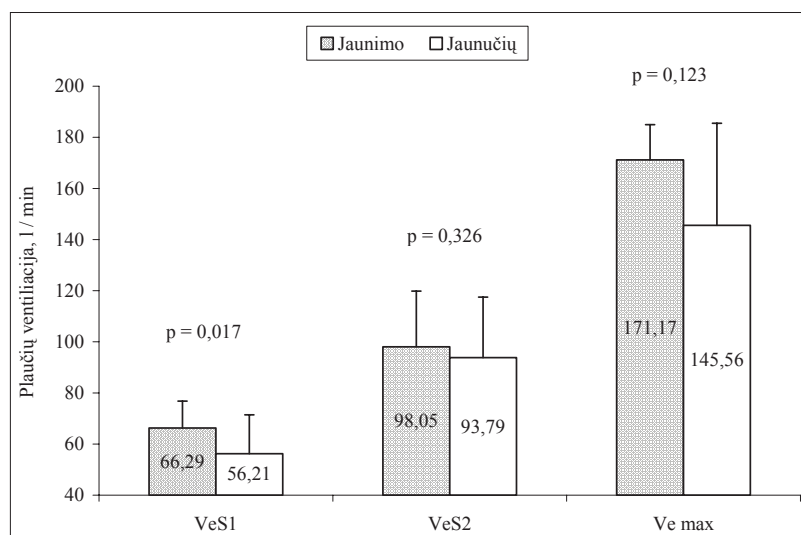


3 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų ŠSD rodikliai nuosekliai didinamo велоergometrinio krūvio metu

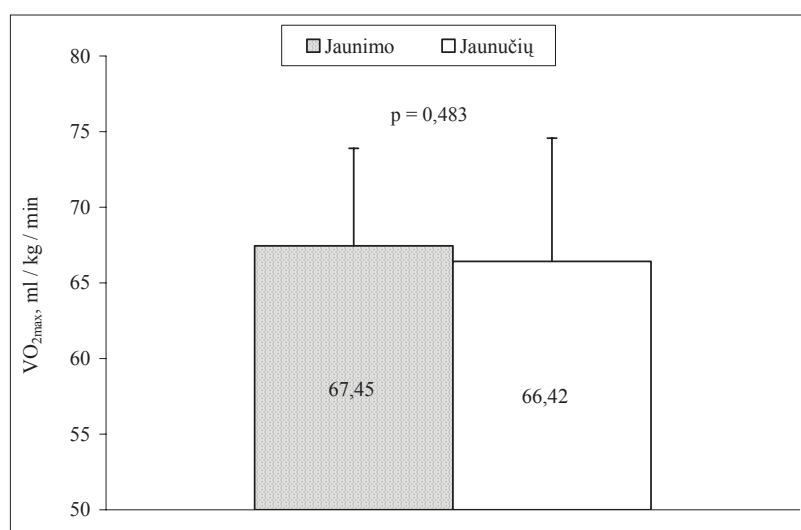


Plaučių ventiliacijos maksimalios ir submaksimalios reikšmės buvo didesnės jaunimo grupėje, nors statistiškai reikšmingai skyrėsi tik plaučių ventiliacijos rodikliai ties VeS1 (4 pav.). Absoliučios maksimaliojo deguonies suvartojimo reikšmės buvo reikšmingai didesnės jaunimo grupėje, o santykinės nesiskyrė (5 ir 6 pav.). Darbo велоergome-

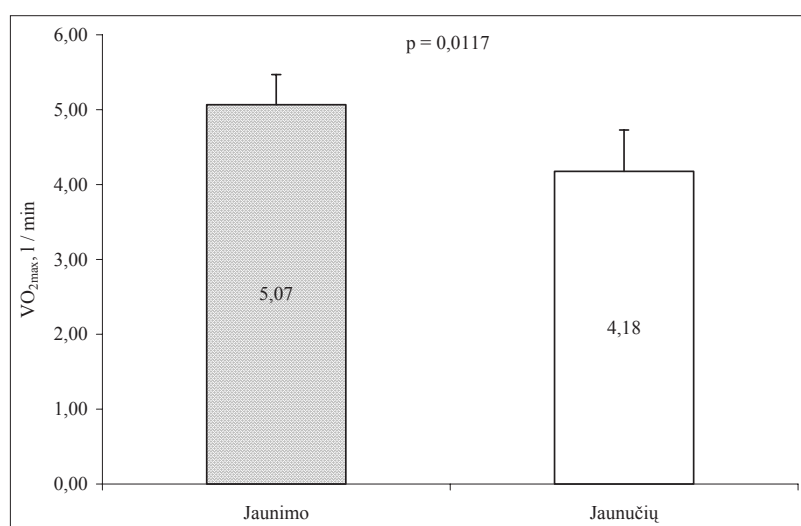
tru mechaninis veiksmingumas buvo panašus tirtoje grupėje (7 pav.), kraujo laktato koncentracija po krūvio taip pat nesiskyrė (8 pav.). Deguonies suvartojimas ties VeS1 ir VeS2, išreikštas procentais nuo VO_{2max} , statistiškai reikšmingai nesiskyrė, nors šis rodiklis ties VeS2 buvo didesnis jaunučių grupėje (9 pav.).



4 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriškumo dviratininkų plaučių ventilacijos rodikliai nuosekliai didinamo велоergometrinio krūvio metu



5 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriškumo dviratininkų santykinis VO_{2max}



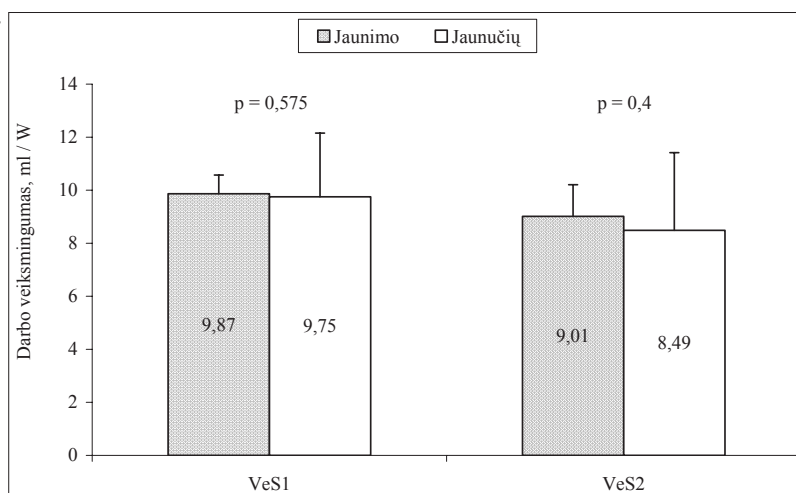
6 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriškumo dviratininkų absoliutus VO_{2max}

REZULTATŲ APTARIMAS

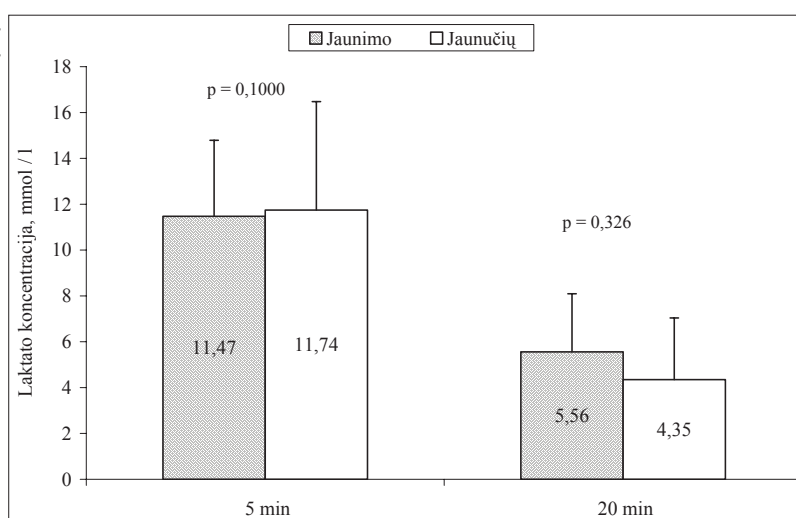
Šiuo tyrimu nustatėme jaunučių ir jaunimo grupės Lietuvos jaunųjų dviratininkų fiziologinius skirtumus, kurie pasireiškia atliekant NDK велоergometru laboratorinėmis sąlygomis. Svar-

biausias skirtumas tarp skirtingo meistriškumo ir amžiaus dviratininkų buvo pastebimas, lyginant absoliučius aerobinio pajėgumo rodiklius. Tarp aukštesnių, sunkesnių ir vyresnių bei daugiau metų sportavusių jaunimo grupės dviratininkų nustatytas didesnis absoliutus VO_{2max}, didesni absoliutūs

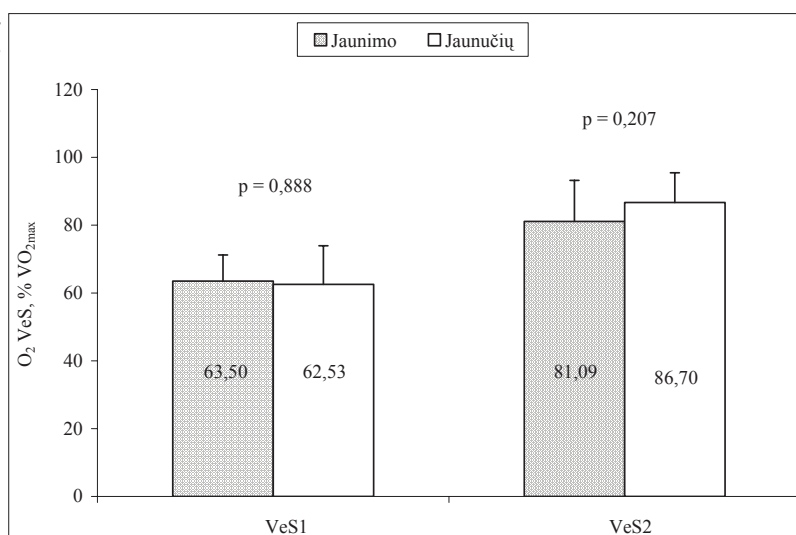
7 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų darbo veiksmingumo rodikliai



8 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų kraujo laktato koncentracija po nuosekliai didinamo велоergometrinio krūvio



9 pav. Skirtingo amžiaus ir meistriskumo dviratininkų santykinis maksimalusis deguonies suvartojimas ties pirmu ir antru ventiliaciniu slenksčiu



ventiliaciniai slenksčiai, testo metu jie pasiekė didesnę absoliučią galią ir jų plaučių ventiliacija buvo didesnė. Palyginus minėtuosius rodiklius kūno masės atžvilgiu, skirtumas tarp grupių nebuvo statistiškai reikšmingas.

Literatūroje neaptikome tyrimų, kurių metu būtų palyginami skirtingo amžiaus jaunųjų dviratininkų fiziologiniai rodikliai. A. Lucia ir kt.

(Lucia et al., 1998) palygino geriausių mėgėjų ir elito dviratininkų fiziologinius rodiklius atliekant NDK testą. Jie taip pat nepastebėjo aerobinio pajėgumo rodiklių skirtumo tarp grupių, tačiau geriausių elito dviratininkų ventiliacinio slenksčio rodikliai buvo didesni, išreiškus jų dydį procentais nuo VO_{2max}. Mūsų tyrimo minėti rodikliai skirtingo amžiaus ir meistriskumo

jaunųjų dviratininkų grupėse nesiskyrė, nors jaunesniųjų grupėje šis rodiklis buvo pastebimas didesnis ties antru ventiliaciniu slenksčiu. Lyginant minėtame straipsnyje pateiktus ir mūsų gautus aerobinio pajėgumo rodiklius matyti, kad abiejų amžiaus grupių Lietuvos jaunieji dviratininkai atsilieka santykiniais VO_{2max} , o jaunučių grupės dviratininkai — ir absoliučiais VO_{2max} rodikliais. Mūsų dviratininkų rodikliai mažesni už daugelyje tyrimų nustatytas geriausių dviratininkų santykinės VO_{2max} reikšmės, kurios siekia 70–80 ml / kg / min (Burke, 1980; Mujika, Padilla, 2001; Saltin, Astrand, 1967). Minėtu A. Lucia ir kt. (1998) tyrimu nustatytos kur kas didesnės plaučių ventiliacijos ties antru ventiliaciniu slenksčiu ir didžiausios plaučių ventiliacijos NDK metu reikšmės negu mūsų tirtų dviratininkų. Tiesa, mūsų vyresnių dviratininkų minėto rodiklio reikšmės buvo panašios kaip geriausių A. Lucia tirtų mėgėjų. Taigi ryškėja svarbiausi NDK metu pastebimi ir su meistriškumu susiję rodikliai: aukšti absoliutūs ir santykiniai

VO_{2max} , labai dideli plaučių ventiliacijos rodikliai, ypač dirbant ties antru ventiliaciniu slenksčiu ir maksimaliu aerobiniu intensyvumu, didesnės santykinės deguonies suvartojimo reikšmės pasiekus ventiliacinius slenksčius. Mūsų tyrimo metu pastebėtas absoliutaus VO_{2max} skirtumas jaunų dviratininkų amžiaus grupėse yra daugiau kiekybinio pobūdžio, t. y. jį lėmė didesnė absoliuti vyresnių dviratininkų kūno masė, bet kokybinis raumenų gebėjimas vartoti deguonį krūvio metu, matyt, nesiskiria.

IŠVADA

Atliekant nuosekliai didinamą fizinį krūvį велоergometru, vyresnių ir didesnio meistriškumo jaunųjų dviratininkų absoliutūs aerobinės galios rodikliai (absoliučios VO_{2max} ir absoliučios ventiliacinių slenksčių reikšmės) yra geresni. Santykiniai aerobinio pajėgumo rodikliai (padalyti iš kūno masės) yra panašūs jaunučių ir jaunimo dviratininkų grupėse.

LITERATŪRA

- Burke, E. R. (1980). Physiological characteristics of competitive cyclists. *Physician Sports Medicine*, 8, 79–84.
- Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J. L. (2001 a). Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine*, 31, 325–337.
- Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J. L. (2001 b). Preferred pedalling cadence in professional cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1361–1366.
- Lucia, A., Hoyos, J., Pe'Rez, M., Chicharro, J. L. (2000). Heart rate and performance parameters in elite cyclists: A longitudinal study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1777–1782.
- Lucia, A., Pardo, J., Duránte, A., Hoyos, J., Chicharro, J. L. (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 19 (5), 342–348.
- Mujika, I., Padilla, S. (2001). Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine*, 31, 479–487.
- Saltin, B., Astrand, P. O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 23, 353–358.
- Swain, D. P., Coast, J. R., Clifford, P. S. et al. (1987). Influence of body size on oxygen consumption during bicycling. *Journal of Applied Physiology*, 62, 668–672.
- Tsunawake, N., Tahara, Y., Yukawa, K., Senju, H. (1993). Body composition, VO_{2max} and O_2 debt max in elite senior high school male cyclists. *The Annals of Physiological Anthropology*, 12 (6), 351–362.

AEROBIC CAPACITY OF LITHUANIAN YOUNG CYCLISTS OF DIFFERENT AGE AND PERFORMANCE LEVEL

Gintautas Volungevičius, Arvydas Stasiulis, Pranas Mockus
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the study was to compare aerobic capacity of young Lithuanian cyclists of different age and performance level by means of increasing cycling exercise with cadence of 90 rpm. (Lucia et al., 2001). Eight 15—16 year old (training experience — 2—3 years) and eight 19—23 year old (training experience — 5—8 years) cyclists participated in the study. They performed increasing ramp cycling exercise until voluntary exhaustion on the cycle ergometer “Ergoline”. Gas exchange parameters and the heart rate were continuously recorded using a portable analyser „Oxycon Mobile“ (Jaeger, Germany), aerobic capacity parameters were determined later. Absolute values of maximum oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$), ventilatory thresholds, peak test power, pulmonary ventilation were significantly higher in the older group. However, relative $\text{VO}_{2\text{max}}$ and ventilatory threshold values (expressed per kg of body mass) as well as work efficiency and HR values were not significantly different between the groups investigated. The results showed that the only advantage of the older group and their better performance during increasing cycling was associated with the parameters of higher absolute aerobic capacity.

Keywords: maximum oxygen uptake, ventilatory threshold, aerobic capacity, age of young cyclists.

Gauta 208 m. liepos 7 d.
Received on July 7, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Gintautas Volungevičius
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302671
E-mail g.volungevicius@lkka.lt

JUOSMENS IR DUBENS SRITIES PROPRIOCEPCIJOS VERTINIMAS

Vidmantas Zaveckas, Alfonsas Vainoras, Algė Daunoravičienė
Kauno medicinos universitetas, Kaunas, Lietuva

Vidmantas Zaveckas. Visuomenės sveikatos magistras. Kauno medicinos universiteto Kineziologijos ir sporto medicinos katedros asistentas. Mokslinių tyrimų kryptis — biopsichosocialinis lėtinio skausmo modelis, nugaros skausmas, segmentinio stuburo nestabilumo diferencinė diagnostika.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — įvertinti apatinės nugaros dalies skausmą patiriančių ir sveikų asmenų juosmens ir dubens propriocepcijos ypatumus.

Tirti 38 asmenys. Tiriamąją grupę sudarė 12 asmenų, besiskundžiančių apatinės nugaros dalies skausmu. Pagal medicininę diagnozę 45% besiskundžiančių turėjo radikulopatiją, 55% — disko išvaržą. Kontrolinę grupę sudarė 26 skausmo nejaučiantys sveiki asmenys. Skausmą patiriančių ir sveikų asmenų propriocepcijai vertinti frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis, buvo naudota kompiuterizuota platforma „LIBRA“ (93 / 42 / CEE, 2002). Skirtumas tarp testavimo rezultatų, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis, buvo laikomas propriocepcijos nepakankamumu.

Apatinės nugaros dalies skausmo pagal vaizdinės analogijos skalę (VAS, mm) vidurkis siekė $6,3 \pm 1,3$.

Skausmą apatinėje nugaros dalyje patiriančių asmenų juosmens ir dubens propriocepcijos įvertinimas frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje, tiriamiesiems esant atmerktomis akimis, buvo geresnis nei užsimerkus ($p < 0,05$). Frontaliajoje plokštumoje rezultatų skirtumas didesnis kaip pusantro karto, sagitalioje — du kartus.

Sveikų asmenų juosmens ir dubens propriocepcijos įvertinimo palyginimas frontaliajoje plokštumoje, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis, statistiškai patikimai nesiskyrė ($p > 0,05$). Reikšmingo skirtumo nenustatyta ir sagitalioje plokštumoje.

Skausmą apatinėje nugaros dalyje patiriančių asmenų juosmens ir dubens srities propriocepcijos nepakankamumas frontaliajoje plokštumoje beveik tris kartus, o sagitalioje — daugiau kaip du kartus didesnis nei sveikų asmenų.

Atlikus tyrimą galima teigti, kad asmenų, patiriančių apatinės nugaros dalies skausmą, propriocepcijos rezultatai frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje, tiriamiesiems esant užsimerkus blogesni nei atsimerkus. Sveikų, nejaučiančių skausmo asmenų juosmens ir dubens srities propriocepcijos rezultatai, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis, frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje nesiskyrė.

Tarp asmenų, patiriančių apatinės nugaros dalies skausmą, nustatytas kur kas didesnis propriocepcijos nepakankamumas frontaliajoje ir sagitalioje plokštumose nei tarp sveikų asmenų.

Raktažodžiai: skausmas, apatinė nugaros dalis, propriocepcija, vertinimas.

ĮVADAS

Propriocepcijos kaip sensomotorinės sistemos silpnosios grandies ir kinestezijos pojūčio lavinimas užima svarbią vietą nugaros skausmo reabilitacijos metu (O’Sullivan et al., 1997). Visgi nugaros propriocepcijos vertinimas iki šiol lieka diskutuotinas, nes tyrimų metu naudojama skirtinga įranga ir metodika, sudėtinga surinkti homogenišką imtį. Sunku palyginti ir skirtingų tyrimų rezultatus (Riemann et al., 2002).

Kai kurių autorių duomenimis (Newcomer et al., 2000), nėra statistiškai reikšmingo juosmens ir dubens srities propriocepcijos rezultatų skirtumo tarp skausmą patiriančių ir nepatiriančių asmenų.

Egzistuoja trys pagrindiniai propriocepcijos vertinimo metodai (Riemann et al., 2002) — sąnario padėties jutimo (statestezijos), judesio jutimo (kinestezijos) ir raumenų įsitempimo intensyvumo jutimo vertinimai.

Pastaruoju metu sparčiai populiarėja states-tezijos vertinimo metodas sprendžiant apatinės nugaros dalies propriocepcijos problematiką. Vertinamas padėties atkartojo tikslumas, t. y. kaip tiksliai tiriamasis geba grįžti į pradinę padėtį. Testuojant šia metodika, tiriamieji juda maksimalia judesio amplitude (iki fiziologinės ribos), tačiau kasdieniame gyvenime didžiąją laiko dalį juosmens judesių amplitudė yra daug mažesnė. Taigi states-tezijos jutimas gali būti vertinamas aktyviai ir pasyviai, taip pat užimant atviras bei uždaras kūno kinematinio grandžių padėtis. Juosmeninės stuburo dalies padėtį tiriamieji tiksliau atkartoja stovėdami nei sėdėdami ar būdami keturpėstai (Ryan, 1994).

Kiti propriocepcijos vertinimo metodai, skirtingi, pavyzdžiui, čiurnos propriocepcijai vertinti, naudoja stabilią posturometrinę platformą, kai tiriamasis stovi viena koja (Isakov, Mizrahi, 1997) ant nestabilios platformos (Ryan, 1994), išlaiko pusiausvyrą stovėdamas atmerktomis ir užmerktomis akimis (Perrin et al., 1997). Kiekvienas šių vertinimo metodų turi savo trūkumų — nepašalina regėjimo ir vestibulinio aparato poveikio, dėl ypač mažo atramos ploto nesudaro sąlygų staiga netekti pusiausvyros, taip pat dėl kitų sąnarių galimos raumenų kontrolės poveikio tiriamam segmentui (Boyle, Negus, 1998).

Šio tyrimo metu naudojamos metodikos naujumas tas, kad juosmens ir dubens propriocepcija atskirai vertinama sagitalioje ir frontaliaje plokštumoje.

Pasirinkta propriocepcijos vertinimo metodika, naudojant elektroninę nestabilią propriocepcijos vertinimo ir lavinimo platformą su programine įranga, Lietuvoje taikoma pirmą kartą. Kitų šalių publikuojamų duomenų apie šios įrangos naudojimą rasti nepavyko.

Tyrimo tikslas — įvertinti apatinės nugaros dalies skausmą patiriančių ir sveikų asmenų juosmens ir dubens srities propriocepcijos ypatumus.

METODIKA

Visi tiriamieji (38 vyrai ir moterys) buvo suskirstyti į dvi grupes:

1. Tiriamosios grupės ($n = 12$) narių amžiaus vidurkis 40 metų. Kūno masės indekso vidurkis $24,2 \text{ kg} / \text{m}^2$. Skirstinys pagal lytį — 4 vyrai ir 8 moterys. Grupę sudarė asmenys, besiskundžiantys apatinės nugaros dalies skausmu.
2. Kontrolinės grupės ($n = 26$) narių amžiaus vidurkis 35 metai. Kūno masės indekso vidurkis:

$20 \text{ kg} / \text{m}^2$. Skirstinys pagal lytį — 8 vyrai ir 18 moterų. Grupę sudarė asmenys, nesiskundžiantys apatinės nugaros dalies skausmu.

Skausmo intensyvumas tiriamojoje grupėje vertintas naudojant vaizdinės analogijos skalę (VAS, mm). Tiriamųjų buvo prašoma įvertinti skausmo intensyvumą esamu momentu ir pažymėti tai specialioje linuotėje. Kitoje, nematomoje linuotės pusėje centimetrinė juostelė rodo skaitinę skausmo intensyvumo reikšmę milimetrų tikslumu. Šis metodas yra tinkamas naudoti vertinant skausmą mokslinių tyrimų metu (Quinn, 1999).

Tiriamųjų ir sveikų asmenų propriocepcijai vertinti naudota elektroninė nestabili propriocepcijos vertinimo ir lavinimo platforma su programine įranga „LIBRA“ (Italija, 2002, 93 / 42 / CEE), kurios techninė charakteristika tokia:

- judėjimo amplitudė: $-15, +15$ laipsnių;
- maksimali matavimo paklaida: $0,2$ laipsnių.

Vertinant juosmens ir dubens srities propriocepciją, tiriamieji užėmė sėdimą padėtį, nes taip nebejaučiamas apatinių galūnių kinematinės grandies poveikis, kuris ypač padidėja stovint šiek tiek sulenktomis kojomis (Allison, Fukushima, 2003). Stovėjimas visiškai tiesiomis kojomis yra sunkiai kontroliuojamas testavimo metu, todėl tiriamieji, užimdami šią padėtį, taip pat nebuvo testuojami norint visiškai standartizuoti visų tiriamųjų pradinės sąlygas.

Testavimas truko 1 minutę: 30 sekundžių tiriamiesiems esant atmerktomis akimis ir 30 sekundžių — užsimerkus. Vertinta propriocepcija frontaliaje ir sagitalioje plokštumoje. Vertinimo matavimo vienetai — santykiniai dydžiai (balai). Suminio vertinimo intervalas — nuo 0 iki 100 balų. Suminis vertinimo balas apskaičiuojamas pagal programinėje įrangoje esantį algoritmą, palyginus kairės ir dešinės kūno pusės nuokrypio nuo vidurinės linijos rezultatus. Suminio vertinimo balo interpretacija: žemesnis suminio vertinimo balas rodo geresnę propriocepciją.

Pagal „Tarptautinę funkcionavimo, neįgalumo ir sveikatos klasifikaciją“ (2004) propriocepcija yra priskiriama jutimo funkcijų ir skausmo grupei. Propriocepcija — tai kūno dalių savitarpio išsidėstymo jutimo funkcijos, apimančios states-teziją (padėties jutimą) ir kinesteziją (judesio jutimą) (Riemann et al., 2002). Šio tyrimo metu nagrinėjamas states-tezijos funkcijos skirtumas tarp tiriamojo būsenos atmerktomis ir užmerktomis akimis. Šis skirtumas vadinamas propriocepcijos nepakankamumu.

Analizuojant tyrimo rezultatus, naudotasi *MS EXCEL* paketu. Pasirinkus klaidos tikimybę (p) 0,05 (5%), buvo formuluojamos hipotezės apie pokyčių (Δ) lygybę priklausomų ir nepriklausomų imčių atvejais.

Priklausomų imčių (lyginami atskiros grupės rezultatai, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis):

H_0 : atmerktomis akimis = užmerktomis akimis;
 $p \geq 0,05$;

H_a : atmerktomis akimis $\neq$ užmerktomis akimis;
 $p < 0,05$.

Nepriklausomų imčių (lyginami tiriamųjų grupių rezultatai):

H_0 : Δ frontaliajoje plokštumoje = Δ frontalinėje plokštumoje; $p \geq 0,05$;

H_a : Δ sagitalioje plokštumoje $\neq$ Δ sagitalioje plokštumoje; $p < 0,05$,

čia Δ — skirtumas tarp rezultatų frontaliajoje arba sagitalioje plokštumoje, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis.

Jei H_0 hipotezė priimama, tai tarp Δ frontaliajoje ir Δ sagitalioje plokštumoje nėra statistiškai reikšmingo skirtumo ($p \geq 0,05$). Jei H_0 hipotezė atmetama, priimama H_a hipotezė, ir skirtumas tarp Δ frontaliajoje plokštumoje ir Δ sagitalioje plokštumoje yra statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$).

TYRIMO REZULTATAI

Tiriamųjų apatinės nugaros dalies skausmo pagal VAS (mm) vidurkis siekė $6,3 \pm 1,3$.

Palyginome tiriamųjų apatinėje nugaros dalyje patiriančių skausmą, ir kontrolinės grupės — neįsijaučiančių skausmo liemens ir dubens propriocepcijos frontaliajoje ir sagitalioje plokštumose testavimo rezultatus, jiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis (žr. lent.).

Tarp sveikų kontrolinės grupės asmenų nebuvo nustatyta statistiškai reikšmingo rezultatų skirtumo, tiriamiesiems esant atmerktomis akimis ir užsimerkus. Tuo tarpu palyginus tiriamųjų grupės atitinkamus rezultatus, pastebėtas statistiškai pa-

tikimas skirtumas ($p < 0,05$). Propriocepcija frontaliajoje plokštumoje, tiriamosios grupės nariams esant atmerktomis akimis, daugiau kaip pusantro (1,66), o sagitalioje plokštumoje — du kartus geresnė nei užmerktomis akimis.

Tarp tiriamosios ir kontrolinės grupės judesių rezultatų frontaliajoje plokštumoje pastebėtas propriocepcijos nepakankamumo skirtumas (balais) yra statistiškai reikšmingas (1 pav.). Patiriančių skausmą propriocepcijos nepakankamumas buvo beveik tris kartus (2,9) didesnis nei kontrolinės grupės.

Nustatytas tiriamosios ir kontrolinės grupės rezultatų sagitalioje plokštumoje propriocepcijos nepakankamumo skirtumas (balais) statistiškai patikimas (2 pav.). Skausmą patiriančių asmenų propriocepcijos nepakankamumas buvo didesnis nei kontrolinės grupės daugiau nei du kartus (2,2).

REZULTATŲ APTARIMAS

Juosmens ir dubens srities propriocepcijos vertinimo tyrimai rodo, kad propriocepcijos nepakankamumas gali atsirasti dėl skausmo, traumos arba degeneracinių stuburo pokyčių (Koumantakis et al., 2002).

Kai kurių autorių duomenimis, propriocepcijos nepakankamumas, pasireiškiantis kaip sutrikęs ar nepakankamas aferentinės informacijos perdavimas iš proprioceptorių į centrinę nervų sistemą (CNS), labiau atsiskleidžia testuojant aktyvius judesius maksimalios amplitudės viduriniame trečdalyje (Gardner-Morse et al., 1995). Taip yra dėl to, kad informacija iš proprioceptorių labiausiai lemia būtent mažos amplitudės neutralios padėties judesių kontrolę, kuomet aferentacija dar neįsitraukia iš pasyvios stuburą stabilizuojančios sistemos (raiščių).

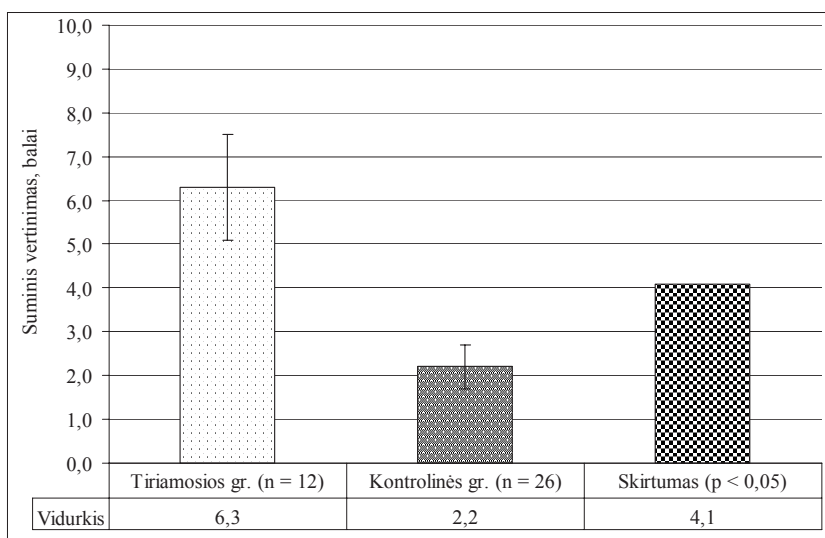
Lentelėje pateikti duomenys rodo, koks aki-vaizdas propriocepcijos skirtumas, tiriamiesiems esant užmerktomis akimis, lyginant su atmerktomis, apatinėje nugaros dalyje skausmą patiriančių asmenų. A. Radebold (2001), tyrinėjęs laikysenos kontrolę, tiriamiesiems sėdint ant nestabilios plat-

Grupė	Judesio plokštuma	Atmerktomis akimis	Užmerktomis akimis	Reikšmingumo lygmuo
Tiriamoji	Frontali	$9,3 \pm 1,8$	$15,5 \pm 1,3$	$p < 0,05$
	Sagitali	$5,4 \pm 1,0$	$10,7 \pm 1,5$	$p < 0,05$
Kontrolinė	Frontali	$2,4 \pm 1,1$	$4,5 \pm 1,2$	$p \geq 0,05$
	Sagitali	$2,6 \pm 1,3$	$4,9 \pm 1,6$	$p \geq 0,05$

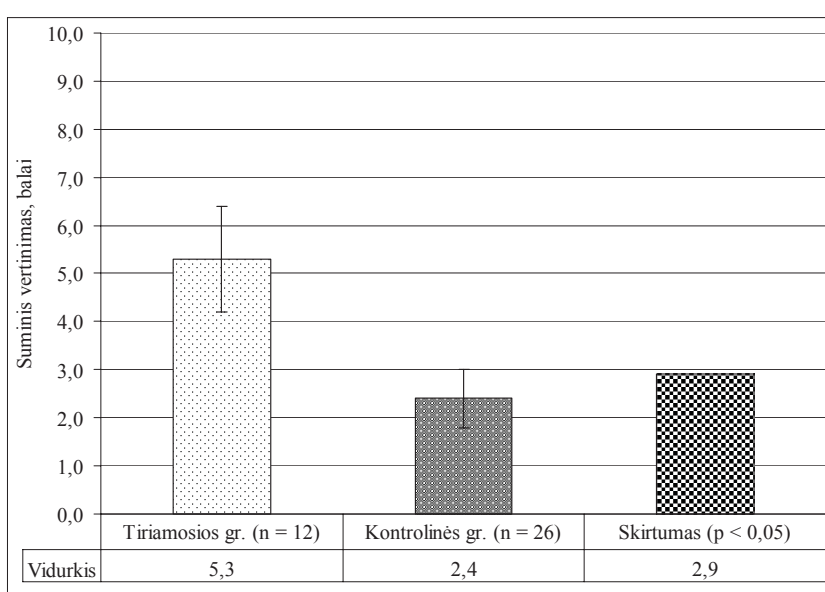
Lentelė. Juosmens ir dubens propriocepcijos frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje rezultatai tiriamajam esant atmerktomis ir užmerktomis akimis (aritmetinis vidurkis ir jo vidutinė kvadratinė paklaida ($X \pm SEM$))

Pastaba. Didesnis skaičius reiškia blogesnę propriocepciją.

1 pav. Juosmens ir dubens propriocepcijos nepakankamumo rezultatai frontaliajoje plokštumoje



2 pav. Juosmens ir dubens propriocepcijos nepakankamumo rezultatai sagitaliojoje plokštumoje



formos atmerkтомis ir užmerkтомis akimis, taip pat teigia, kad daug prastesni rezultatai užregistruoti tarp skausmą patiriančių tiriamųjų. Sumažėjus grįžtamajam ryšiui dėl regos analizatoriaus nebuvimo, blogėja laikysenos dinaminė kontrolė, nes reikšmingai pailgėja liemens raumenų atsako laikas (latentinis laikotarpis) į staigų jėgos pokytį (Byl, Sinnoft, 1991; Magnusson et al., 1996; Wilder et al., 1996; Mientjes, Frank, 1999). Taigi atliekant dinaminės laikysenos kontrolės reikalaujančias užduotis ir esant nepakankamam informacijos srautui iš regos analizatoriaus, perkraunama ir taip dėl skausmo sutrikdyta propriocepacinė sistema (Luoto et al., 1999).

1 ir 2 pav. pavaizduoti rezultatai patvirtina kitų autorių panašius duomenis, kad nugaros skausmą patiriančių asmenų propriocepcija yra prastesnė nei sveikų, nejaučiančių skausmo (O'Sullivan et al., 1997, 2003; Brumagne et al., 2004; Descarreaux et al., 2005).

Anksčiau minėtą reikšmingai didesnę nugaros skausmą patiriančių asmenų propriocepcijos nepakankamumą galėtų paaiškinti elektromiografiniai tyrimai. Kai kurie iš jų rodo didesnę juosmens ir dubens srities raumenų įtempimo laipsnį, lyginant su skausmo nepatiriančių asmenų (Flor et al., 1990; Sihvonen et al., 1991; Flor, Birkbaumer, 1994). Taigi padidėjusi raumenų įtampa veikia propriocepciją, juosmens ir dubens srities judesių valdymą (Gill, Callaghan, 1998; Matre et al., 1998; Zedka et al., 1999).

Rezultatus sunku palyginti su kitų autorių gautaisiais, nes buvo taikyta skirtinga vertinimo metodika.

Kai kurių autorių duomenimis (Henry et al., 2006), nugaros skausmas lemia judesio stereotipo sutrikimus, pablogėjusią juosmens ir dubens raumenų kontrolę. Todėl geresnis juosmens ir dubens judesių valdymo supratimas ir kiekybinis įvertinimas leistų adekvačiau stebėti atsigavimo

procesą ir būtų galima individualiau parinkti atgaunamąsias priemones tiems asmenims, kurie skundžiasi skausmu apatinėje nugaros dalyje. Tai ypač aktualu prognozuojant sportininkų apatinės nugaros dalies traumų atsiradimą ir stebint atsigavimą po jų.

IŠVADOS

1. Vertinant juosmens ir dubens srities propriocepciją, tikslinga atlikti testavimą, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis.
2. Asmenų, skausmą patiriančių apatinėje nu-

garos dalyje, propriocepcija frontaliajoje ir sagitalioje plokštumoje, tiriamiesiems esant užsimerkus, buvo blogesnė nei atsimerkus. Nejaučiančių skausmo asmenų juosmens ir dubens srities propriocepcijos rezultatai, tiriamiesiems esant atmerktomis ir užmerktomis akimis, frontaliajoje ir sagitalioje plokštumose nesiskyrė.

3. Apatinėje nugaros dalyje skausmą patiriančių tiriamųjų juosmens ir dubens srities propriocepcijos nepakankamumas tiek frontaliajoje, tiek sagitalioje plokštumose buvo reikšmingai didesnis nei nejaučiančių skausmo.

LITERATŪRA

- Allison, G. T., Fukushima, S. (2003). Estimating three-dimensional spinal repositioning error: The impact of range, posture and number of trials. *Spine*, 28 (22), 2510—2516.
- Boyle, J., Negus, V. (1998). Joint position sense in the recurrently sprained ankle. *Australian Journal of Physiotherapy*, 44, 159—163.
- Brumagne, S., Cordo, P., Verschueren, S. (2004). Proprioceptive weighting changes in persons with low back pain and elderly persons during upright standing. *Neuroscience Letter*, 366 (1), 63—66.
- Byl, N., Sinnott, P. L. (1991). Variations in balance and body sway in middle-aged adults. Subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine*, 16, 325—330.
- Descarreaux, M., Blouin, J. S., Teasdale, N. (2005). Repositioning accuracy and movement parameters in low back pain subjects and healthy control subjects. *European Spine Journal*, 14 (2), 185—191.
- Flor, H., Birkbaumer, N. (1994). Acquisition of chronic pain: Psychophysiological mechanisms. *American Pain Society Journal*, 3, 119—127.
- Flor, H., Birkbaumer, N., Turk, D. C. (1990). The psychobiology of chronic pain. *Advances in Behavioral Research and Therapy*, 12, 47—84.
- Gardner-Morse, M. G., Stokes, I. A. F., Laible, L. P. (1995). Role of muscles in lumbar spine stability in maximum extensor efforts. *Journal of Orthopedic Resource*, 13, 802—808.
- Gill, K. P., Callaghan, M. J. (1998). The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. *Spine*, 23, 371—377.
- Henry, S. M., Hitt, J. R., Jones, S. L., Bunn, J. Y. (2006). Decreased limits of stability in response to postural perturbations in subjects with low back pain. *Clinical Biomechanics*, 21 (9), 881—892.
- Isakov, E., Mizrahi, J. (1997). Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *British Journal of Sports Medicine*, 31, 65—67.
- Koumantakis, G. A., Winstanley, J., Oldham, J. A. (2002). Thoracolumbar proprioception in individuals with and without low back pain: Intratester reliability, clinical applicability and validity. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 32 (7), 27—35.
- Luoto, S., Taimela, S., Hurri, H. (1999). Mechanisms explaining the association between low back trouble and deficits in information processing. A controlled study with follow-up. *Spine*, 24, 255—261.
- Magnusson, M. L., Aleksiev, A., Wilder, D. G. (1996). Unexpected load and asymmetric posture as etiologic factors in low back pain. *Europe Spine Journal*, 5, 23—35.
- Matre, D. A., Sinkjaer, T., Svensson, P. (1998). Experimental muscle pain increases the human stretch reflex. *Pain*, 75, 331—339.
- Mientjes, M. I., Frank, J. S. (1999). Balance in chronic back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clinical Biomechanics*, 14, 710—716.
- Newcomer, K., Laskowski, E. R., Yu, B., Larson, D. R., An, K. N. (2000). Repositioning error in low back pain. Comparing trunk repositioning error in subjects with chronic low back pain and control subjects. *Spine*, 25 (2), 245—250.
- O'Sullivan, P. B., Burnett, A., Floyd, A. N. et al. (2003). Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine*, 28 (10), 1074—1079.
- O'Sullivan, P. B., Twomey, L., Allison, G. (1997). Evaluation of specific stabilising exercise in the treatment of chronic low back pain with radiological diagnosis of spondylolysis and spondylolisthesis. *Spine*, 15 (24), 2959—2967.
- Perrin, P. P., Benet, M. C., Perrin, C. A., Durupt, D. (1997). Ankle trauma significantly impairs posture control: A study in basketball players and controls. *Internal Journal of Sports Medicine*, 18, 387—392.
- Quinn, R. N. (1999). Assessment of pain. *Pain*, 10, 1315.
- Radebold, A. (2001). Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26 (7), 724—730.
- Riemann, B. L., Myers, J. B., Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of Athletic Training*, 37 (1), 85—98.
- Ryan, L. (1994). Mechanical stability, muscle strength and proprioception in the functionally unstable ankle. *Australian Journal of Physiotherapy*, 40, 41—47.
- Sihvonen, T., Partanen, J., Hanninen, O. (1991). Electric

behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72, 1080—1087.

Tarptautinė funkcionavimo, negalumo ir sveikatos klasifikacija. (2004). PSO, Ženeva. Albinas Bagdonas. Vertimas iš anglų k. *Jutimo funkcijos ir skausmas*. Vilnius: VU specialiosios psichologijos laboratorija. P. 75—83.

Wilder, D. G., Aleksiev, A. R., Magnusson, M. L. (1996). Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine*, 21, 2628—2639.

Zedka, M., Prochazka, A., Knight, B. (1999). Voluntary and reflex control of human back muscles during induced pain. *Journal of Physiology*, 520, 591—604.

ASSESSMENT OF PROPRIOCEPTION OF LUMBOPELVIC AREA

Vidmantas Zaveckas, Alfonsas Vainoras, Algė Daunoravičienė
Kaunas University of Medicine, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the present research was to assess peculiarities of proprioception of lumbopelvic area in patients with low back pain and healthy control subjects.

Research participants were 38 persons: 12 of them were patients with low back pain and 26 were control subjects. 45% of patients had diagnosis of radiculopathy and 55% had disc herniation. Pain intensity was assessed using the Visual Analog Scale (VAS). Proprioception of the of lumbo — pelvic area was evaluated in frontal and sagittal planes with open and closed eyes separately, using high-tech proprioceptive wobble board „LIBRA“ (93 / 42 / CEE, 2002). The difference between the results of the proprioception tests performed with open and close eyes was treated as proprioceptive deficiency.

The findings of the research showed that low back pain intensity was 6.3 ± 1.3 by VAS (visual analog scale).

The lumbopelvic proprioception of persons with low back pain in sagittal and frontal planes with close eyes was worse than with open eyes ($p < 0.05$). In frontal plane the difference was greater than one and half, in sagittal — two times.

The lumbopelvic proprioception of healthy subjects in sagittal and frontal planes with open and close eyes was without significant changes ($p > 0.05$).

The lumbopelvic proprioception deficiency of patients with low back pain in frontal plane was three time greater and in sagittal plane — two time greater than in healthy subjects.

We can draw a conclusion that the lumbopelvic proprioception of healthy subjects in sagittal and frontal planes with opened and closed eyes was without significant changes. The lumbopelvic proprioception of persons with low back pain in sagittal and frontal planes with close eyes was worse than with open eyes.

Persons with low back pain had significantly higher proprioceptive deficiency in frontal and sagittal planes than the control subjects without pain.

Keywords: pain, low back, proprioception, assessment.

Gauta 2007 m. vasario 7 d.
Received on February 7, 2007

Priimta 2007 m. lapkričio 15 d.
Accepted on November 15, 2007

Vidmantas Zaveckas
Kauno medicinos universitetas
(Kaunas University of Medicine)
A. Mickevičiaus g. 9, LT-44307 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 685 09881
E-mail vidmantas.zaveckas@gmail.com

REIKALAVIMAI AUTORIAMŠ

1. BENDROJI INFORMACIJA

- 1.1. Žurnale spausdinami originalūs straipsniai, kurie nebuvo skelbti kituose mokslo leidiniuose (išskyrus konferencijų tezių leidiniuose). Mokslo publikacijoje skelbiama medžiaga turi būti nauja, teisinga, tiksli (eksperimento duomenis galima pakartoti, jie turi būti įvertinti), aiškiai ir logiškai išanalizuota bei aptarta. Pageidautina, kad publikacijos medžiaga jau būtų nagrinėta mokslinėse konferencijose ar seminaruose.
- 1.2. Originalių straipsnių apimtis — iki 10, apžvalginių — iki 20 puslapių. Autoriai, norintys spausdinti apžvalginius straipsnius, jų anotaciją turi iš anksto suderinti su redaktorių kolegija.
- 1.3. Straipsniai skelbiami lietuvių arba anglų kalba su išsamiais santraukomis lietuvių ir anglų kalbomis.
- 1.4. Straipsniai recenzuojami. Kiekvieną straipsnį recenzuoja du redaktorių kolegijos nariai arba jų parinkti recenzentai.
- 1.5. Autorius (recenzentas) gali turėti slaptos recenzijos teisę. Dėl to jis įspėja vyriausiąjį redaktorių laiške, atsiųstame kartu su straipsniu (recenzija).
- 1.6. Du rankraščio egzemplioriai ir diskelis siunčiami žurnalo „Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas“ redaktorių kolegijos atsakingajai sekretorei šiuo adresu:
Žurnalo „Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas“ atsakingajai sekretorei Daliai Mickevičienei
Lietuvos kūno kultūros akademija, Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
- 1.7. Žinios apie visus straipsnio autorius — trumpas curriculum vitae. Autoriaus adresas, elektroninis adresas, faksas, telefonas.
- 1.8. Gaunami straipsniai registruojami. Straipsnio gavimo paštu data nustatoma pagal Kauno pašto žymeklį.

2. STRAIPSNIO STRUKTŪROS REIKALAVIMAI

- 2.1. **Titulinis lapas.**
- 2.2. **Santrauka** (ne mažiau kaip 2000 spaudos ženklų, t. y. visas puslapis) lietuvių ir anglų kalba. Santraukose svarbu atskleisti mokslinę problemą, jos aktualumą, tyrimo tikslus, uždavinius, metodus, pateikti pagrindinius tyrimo duomenis, jų aptarimą (lyginant su kitų autorių tyrimų duomenimis), išvadas.
- 2.3. **Raktažodžiai.** 3—5 informatyvūs žodžiai ar frazės.
- 2.4. **Įvadinė dalis.** Joje nurodoma tyrimo problema, jos ištirtumo laipsnis, sprendimo naujumo argumentacija (teorinių darbų), pažymimi svarbiausi tos srities mokslo darbai, tyrimo tikslas, objektas.
- 2.5. **Tyrimo metodai.** Šioje dalyje turi būti pagrįstas konkrečios metodikos pasirinkimas. Jei taikomi tyrimo metodai nėra labai paplitę ar pripažinti, reikia nurodyti priežastis, skatinusias juos pasirinkti. Aprašomi originalūs metodai arba pateikiamos nuorodos į literatūroje aprašytus standartinius metodus, nurodoma aparatūra (jei ji naudojama). Tyrimo metodai ir organizavimas turi būti aiškiai ir logiškai išdėstyti. Straipsnyje neturi būti informacijos, pažeidžiančios tiriamų asmenų anonimiškumą.
- 2.6. **Tyrimo rezultatai.** Tyrimo rezultatai turi būti pateikiami nuosekliai ir logiškai (pageidautina pateikti ne daugiau kaip 3—4 lenteles ar 4—5 paveikslus), pažymimas jų statistinis patikimumas.
- 2.7. **Tyrimo rezultatų aptarimas.** Šioje dalyje pateikiamos tik autoriaus tyrimų rezultatais paremtos išvados. Tyrimo rezultatai ir išvados lyginami su kitų autorių skelbtais atradimais, įvertinami jų tapatumai ir skirtumai. Reikia vengti kartoti tuos faktus, kurie pateikti tyrimų rezultatų dalyje. Išvados turi būti formuluojamos aiškiai ir logiškai, vengiant tuščiažodžiavimo.
- 2.8. **Padėka.** Dėkojama asmenims arba institucijoms, padėjusiems atlikti tyrimus. Nurodomos organizacijos ar fondai, finansavę tyrimus (jei tokie buvo).
- 2.9. **Literatūra.** Cituojami tik publikuoti mokslo straipsniai (išimtis — apgintų disertacijų rankraščiai). Į sąrašą įtraukiami tik tie šaltiniai, į kuriuos yra nuorodos straipsnio tekste. Pageidautina nurodyti ne daugiau kaip 30 šaltinių.

3. STRAIPSNIO ĮFORMINIMO REIKALAVIMAI

- 3.1. Straipsnio tekstas turi būti išspausdintas kompiuteriu vienoje standartinio (210 × 297 mm) formato balto popieriaus lapo pusėje, intervalas tarp eilučių 6 mm (1,5 intervalo), šrifto dydis 12 pt. Paraštės: kairėje ir dešinėje — 2 cm, viršuje — 2 cm, apačioje — 1,5 cm. Puslapiai numeruojami viršutiniame dešiniajame krašte, pradedant titulinio puslapiu, kuris pažymimas pirmu numeriu (1).
- 3.2. **Straipsnis turi būti suredaguotas, spausdintas tekstas patikrintas.** Pageidautina, kad autoriai vartotų tik standartinius sutrumpinimus bei simbolius. Nestandartinius galima vartoti tik pateikus jų apibrėžimus toje straipsnio vietoje, kur jie įrašyti pirmą kartą. Visi matavimų rezultatai pateikiami tarptautinės SI vienetų sistemos dydžiais. Straipsnio tekste visi skaičiai iki dešimt imtinai rašomi žodžiais, didesni — arabiškais skaitmenimis.
- 3.3. Tituliname straipsnio puslapyje pateikiama: a) trumpas ir informatyvus straipsnio pavadinimas; b) autorių vardai ir pavardės; c) institucijos bei jos padalinio, kuriame atliktas darbas, pavadinimas ir adresas; d) autoriaus, atsakingo už korespondenciją, susijusią su pateiktu straipsniu, vardas, pavardė, adresas, telefono (fakso) numeris, elektroninio pašto numeris. Jei autorius nori turėti slaptos recenzijos teisę, pridedamas antras titulinis lapas, kuriame nurodomas tik straipsnio pavadinimas. Tituliname lape turi būti visų straipsnio autorių parašai.
- 3.4. Santraukos lietuvių ir anglų (rusų) kalbomis pateikiamos atskiruose lapuose. Tame pačiame lape surašomi raktažodžiai.
- 3.5. Lentelė turi turėti eilės numerį (numeruojama ta tvarka, kuria pateikiamos nuorodos tekste) bei trumpą antraštę. Visi paaiškinimai turi būti straipsnio tekste arba trumpame priede, išspausdintame po lentelę. Lentelėse vartojami simboliai ir sutrumpinimai turi sutapti su vartojamais tekste. Lentelės vieta tekste turi būti nurodyta kairėje paraštėje (pieštuku).
- 3.6. Paveikslai sužymimi eilės tvarka arabiškais skaitmenimis. Pavadinimas rašomas po paveikslu, pirmiausia pažymint paveikslo eilės numerį, pvz.: 1 pav. Paveikslo vieta tekste turi būti nurodyta kairėje paraštėje (pieštuku).
- 3.7. Literatūros sąrašas šaltiniai nenumerojami ir vardinami abėcėlės tvarka pagal pirmojo autoriaus pavardę. Pirmą vardinami šaltiniai lotyniškais rašmenimis, paskui — rusiškais.

Pateikiant žurnalo (mokslo darbų) straipsnį, turi būti nurodoma: a) autorių pavardės ir vardų inicialai (po pavardės); b) žurnalo išleidimo metai; c) tikslus straipsnio pavadinimas; d) pilnas žurnalo pavadinimas; e) žurnalo tomas, numeris; f) atitinkami puslapių numeriai. Jeigu straipsnio autorių daugiau kaip penki, pateikiamos tik pirmų trijų pavardės priduriant „ir kt.“.

Aprašant knygą, taip pat pateikiamas knygos skyriaus pavadinimas ir jo autorius, knygos leidėjas (institucija, miestas).

Jeigu to paties autoriaus, tų pačių metų šaltiniai yra keli, būtina literatūros sąrašas ir straipsnio tekste prie metų pažymėti raidės, pvz.: 1990 a, 1990 b ir t. t.

Literatūros aprašo pavyzdžiai:

Gikys, V. (1982). *Vadovas ir kolektyvas*. Vilnius: Žinija.

Jucevičienė, P. (Red.) (1996). *Lyginamoji edukologija*. Kaunas: Technologija.

Miškinis, K. (1998). *Trenerio etika: vadovėlis Lietuvos aukštųjų mokyklų studentams*. Kaunas: Šviesa.

Ostasevičienė, V. (1998). Ugdymo teorijų istorinė raida. A. Dumčienė ir kt. (Red. kol.) *Ugdymo teorijų raidos bruožai: teminis straipsnių rinkinys* (pp. 100—113). Kaunas: LKKI.

Šveikauskas, Z. (1995). Šuolių technikos pagrindai. J. Armonavičius, A. Buliuolis, V. Butkus ir kt. *Lengvoji atletika: vadovėlis Lietuvos aukštųjų m-klių studentams* (pp. 65—70). Kaunas: Egalda.

Večkienė, N., Žalienė, I., Žalys, L. (1998). Ekonominis švietimas — asmenybės ugdymo veiksnys. *Asmenybės ugdymo edukologinės ir psichologinės problemos: respublikinės moksl. konferencijos medžiaga* (pp. 159—163). Kaunas: LKKI.

Vitkienė, I. (1998). Kai kurių mikroelementų pokyčiai lengvaatlečių kraujyje fizinio krūvio metu. *Sporto mokslas*, 1 (10), 12—13.

INFORMATION TO AUTHORS

1. GENERAL INFORMATION

- 1.1. All papers submitted to the journal should contain original research not previously published (except abstracts, preliminary report or in a thesis). The material published in the journal should be new, true to fact and precise. The methods and procedures of the experiment should be identified in sufficient detail to allow other investigators to reproduce the results. It is desirable that the material to be published should have been discussed previously at conferences or seminars.
- 1.2. Original articles — manuscripts up to 10 printed pages, review articles — manuscripts up to 20 printed pages. Review articles describe current topics of importance, primarily, though not always they are submitted by invitation. Individuals who wish to write a review article should correspond with the Editors regarding the appropriateness of the proposed topic and submit a synopsis of their proposed review before undertaking preparation of the manuscript.
- 1.3. Articles will be published in the Lithuanian or English languages with comprehensive resumes in English and Lithuanian.
- 1.4. All papers, including invited articles, undergo the regular review process by at least two members of the Editorial Board or by expert reviewers selected by the Editorial Board.
- 1.5. The author (reviewer) has the option of the blind review. In this case the author should indicate this in his letter of submission to the Editor-in-Chief. This letter is sent along with the article (review).
- 1.6. Two copies of the manuscript and floppy disk should be submitted to the Executive Secretary of the journal to the following address:

Dalia Mickevičienė, Executive Secretary of the journal "Education. Physical Training. Sport"
Lithuanian Academy of Physical Education
Sporto str. 6, LT-44221, Kaunas, LITHUANIA
- 1.7. Data about all the authors of the article — short Curriculum Vitae. The address, e-mail, fax and phone of the author.
- 1.8. All papers received are registered. The date of receipt by post is established according to the postmark of the Kaunas post-office.

2. REQUIREMENTS SET FOR THE STRUCTURE OF THE ARTICLE

- 2.1. **The title page.**
- 2.2. **The abstract** (not less than 2000 print marks, i.e. the complete page) in English or (and) Lithuanian. It is important to reveal the scientific problem, its topicality, the aims of the research, its objectives, methods, to provide major data of the research, its discussion (in comparison with the research data of other authors) and conclusions.
- 2.3. **Keywords:** from 3 to 5 informative words and / or phrases which do not repeat themselves in the title of the article.
- 2.4. **The introductory part.** It should contain a clear statement of the problem of the investigation, the extent of its solution, the new arguments for its solution (for theoretical papers), most important papers on the subject, the purpose of the study and the object of the study.
- 2.5. **The methods of the investigation.** In this part the methods of the investigation should be stated. If the methods of the investigation used are not well known and widely recognised the reasons for the choice of a particular method should be stated. References should be given for all non-standard methods used. The methods, apparatus and procedure should be identified in sufficient detail. Appropriate statistical analysis should be performed based upon the experimental design carried out. Do not include information that will identify human subjects.
- 2.6. **Results of the study.** Findings of the study should be presented logically in the text, tables (not exceeding 3 or 4), or figures (not exceeding 4 or 5). The statistical significance of the findings when appropriate should be denoted.
- 2.7. **Discussion of the results of the study.** The discussion section should emphasise the original and important features of the study, and should avoid repeating all the data presented within the results section. Incorporate within the discussion the significance of the findings, and relationship(s) and relevance to published observations. Authors should provide conclusions that are supported by their data. The conclusions provided should be formulated clearly and logically avoiding excessive verbiage.

- 2.8. **Acknowledgements.** Authors are required to state on the Acknowledgement Page all funding sources, and the names of companies, manufacturers, or outside organizations providing technical or equipment support (in the case such a support had been provided).
- 2.9. **References.** Only published material (with the exception of dissertations) and sources referred to in the text of the article should be included in the list of references. As a general rule, there should not be more than 30 references for original investigations.

3. REQUIREMENTS FOR THE PREPARATION OF MANUSCRIPTS

- 3.1. Manuscripts must be typed on white standard paper no larger than 210 × 297 mm with the interval between lines 6 mm (1,5 line spaced), with a character size at 12 points, with 2 cm margins on the left and on the right, with a 2 cm margin at the top and a 1,5 cm margin at the bottom of the page. Pages are numbered in the upper right-hand corner beginning with the title page numbered as page 1.
- 3.2. The manuscript should be brief, clear and grammatically correct. The typed text should be carefully checked for errors. It is recommended that only standard abbreviation and symbols be used. All abbreviations should be explained in parentheses after the full written-out version of what they stand for on their first occurrence in the text. Non-standard special abbreviations and symbols need only to be defined at first mention. The results of all measuring and symbols for all physical units should be those of the System International (S.I) Units. In the text of the article all numbers up to ten are to be written in words and all numbers starting from eleven on — in Arabic figures. Be sure that all references and all tables and figures are cited within the text.
- 3.3. The title page should contain: a) a short and informative title of the article; b) the first names and family names of the authors; c) the name and the address of the institution and the department where the work has been done; d) the name, address, phone and fax number, E-mail number, etc. of the author to whom correspondence should be sent. If a blind review is requested a second title page that contains only the title is needed. The title page should be signed by all authors of the article.
- 3.4. Resumes in the Lithuanian and English languages are supplied on separate sheets of paper. This sheet also should contain keywords.
- 3.5. Every table should have a short subtitle with a sequential number given above the table (the tables are numbered in the same sequence as that of references given in the text). All explanations should be in the text of the article or in a short footnote added to the table. The symbols and abbreviations given in the tables should coincide with the ones used in the text. The location of the table should be indicated in the left-hand margin.
- 3.6. All figures are to be numbered consecutively giving the sequential number in Arabic numerals, e.g., Figure 1. The location of the figure should be indicated in the left-hand margin of the manuscript.
- 3.7. References should be listed in alphabetical order taking account of the first author.

For journal articles the following information should be included: a) author names (surnames followed by initials), b) the date of publication, c) the title of the article with the same spellings and accent marks as in the original, d) the journal title, e) the volume number, f) inclusive page numbers. When five or more authors are named, list only the first three adding “et al.”.

In the case when there are several references of the same author published at the same year, they must be marked by letters, e. g. 1990 a, 1990 b, etc. in the list of references and in the article, too.

For books the chapter title, chapter authors, editors of the book, publisher's name and location should be also included. Examples of the correct format are as follows:

Bergman, P. G. (1993). Relativity. In *The New Encyclopedia Britannica* (Vol. 26, pp. 501—508). Chicago: Encyclopedia Britannica.

Bjork, R. A. (1989). Retrieval inhibition as an adaptive mechanism in human memory. In H. L. Roediger III & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of Memory & Consciousness* (pp. 309—330). Hillsdale, N J: Erlbaum.

Deci, E. L., Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. Di-entsbier (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38. Perspectives on Motivation* (pp. 237—228). Lincoln: University of Nebraska Press.

Gibbs, J. T., Huang, L. N. (Eds.). (1991). *Children of Color: Psychological Interventions With Minority Youth*. San Francisco: Jossey—Bass.

Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Lexell, J. (1995). Submaximal-exercise-induced impairment of human muscle to develop and maintain force at low frequencies of electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 294—300.

Town, G. P. (1985). *Science of Triathlon Training and Competition*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.