

VYRŲ RAUMENŲ NUOVARGIO YPATUMAI ATLIEKANT FIKSUOTĄ VELOERGOMETRINĮ KRŪVĮ

Daiva Bulotienė, Albertas Skurvydas, Dalia Mickevičienė, Marius Brazaitis, Gediminas Mamkus
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Daiva Bulotienė. Biomedicinos mokslų doktorantė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Jungtinės sporto šakų ir rekreacijos katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — skirtingų fizinių krūvių įtaka raumenų nuovargiui ir atsigavimui.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — patikrinti žmogaus raumenų mažų dažnių nuovargio (MDN) atsiradimo metabolinę hipotezę. Buvo tiriama sveiki aktyviai nesportuojantys vyrai, kurių amžiaus vidurkis — $24,1 \pm 3,1$ m. Tyrimo metu raumenų pažeida sukelta atliekant dvi veloergometrinių krūvių serijas. Prieš krūvį buvo daroma pramankšta — 10 minučių dviračio pedalų mynimas 50—60 aps. / min dažnumu. Fizinis krūvis — 2 veloergometrinių krūvių serijos 110% MDS (maksimalusis deguonies suvartojimas) intensyvumu. Darbas nutraukiamas tada, kai tiriamasis nebegali minti pedalų 60 aps. / min dažnumu (poilsis tarp serijų — 1 min). Prieš krūvį buvo atliekami kontroliniai matavimai — registruojama raumenų susitraukimo jėga, sukelta šių elektrostimuliacijos režimų: 1 Hz (Pt), 10 Hz (P 10), 15 Hz (P 15), 20 Hz (P 20) ir 50 Hz (P 50) (stimuliacijos trukmė — 1 s, poilsio intervalai tarp stimuliacijų — 5 s). Nustatoma raumens atsipalaidavimo trukmė iki pusės P 20 ir P 50 jėgos, atitinkamai RTP 20 ir RTP 50, maksimalioji valinga keturgalvio šlaunies raumens susitraukimo jėga (MVJ), laktato koncentracija kraujyje (La), dinaminio darbo išvermė, kuri buvo vertinta atliekamo darbo trukme (T).

Gauti rezultatai parodė, kad po veloergometrinių krūvių raumenyse ypač pasireiškė mažų dažnių nuovargis ir neišnyko per 30 minučių po krūvio. Sulėtėjo raumens atsipalaidavimas, tačiau per 30 minučių po krūvio jis atsigavo iki pradinio lygio. Tai rodo, kad atsiradus mažų dažnių nuovargiui raumens atsipalaidavimas nėra sumažėjęs.

Raktažodžiai: griauciu raumenys, veloergometrinis fizinis krūvis, mažų dažnių nuovargis, atsigavimas.

IVADAS

Metabolinis nuovargis atsiranda dirbant maksimaliu ar submaksimaliu intensyvumu, kol nebeįmanoma atlikti darbo. Jo metu sumažėja ATP hidrolizės bei resintezės greitis, energinių medžiagų kiekis raumenyse ir miofibrilių jautrumas kalcio jonams (Fitts, 1994; Sahlin et al., 1998; Westerblad, Allen, 2002). Susikaupę metabolitai blokuoja miozino skersinių tiltelių darbą, dėl to mažėja raumens susitraukimo jėga ir atsipalaidavimo greitis. Po tokio darbo raumuo atsigauna lėtai. Nustatyta, kad raumenų MDN dažniausiai atsiranda atliekant neįprastus

ilgos trukmės fizinius pratimus (Edwards et al., 1977). Pagrindinė raumenų MDN atsiradimo priežastis — sumažėjęs išmetamų iš sarkoplazminio tinklo kalcio jonų (Ca^{2+}) kiekis ir mechaninė sarkomerų pažeida (Westerblad et al., 1993). Įrodyta, kad mažų dažnių nuovargis atsiranda dėl glikogeno koncentracijos sumažėjimo raumenyse. Pasirinkome tokį veloergometrinių krūvių, kurio metu ypač sumažėja raumenų glikogeno kiekis. Manome, kad MDN po tyrimo metu atlikto veloergometrinių krūvių galėjo atsirasti dėl glikogeno koncentracijos sumažėjimo. Keliami

tokia hipotezė: sumažėjus raumenų glikogeno koncentracijai, sumažėja ATP, esančio šalia kalcio jonų kanalų, kiekis, ir dėl tos priežasties pablogėja kalcio jonų išmetimas iš sarkoplazminio tinklo.

Tyrimo tikslas — patikrinti žmogaus raumenų mažų dažnių nuovargio (MDN) atsiradimo metabolinę hipotezę.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji — savanoriai aktyviai nesportuojantys fiziškai sveiki vyrai ($n = 10$, amžius — $24,1 \pm 3,1$ m., ūgis — $176,7 \pm 5,8$ cm, svoris — $74,9 \pm 4,9$ kg). Jie buvo supažindinti su tyrimo eiga. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno regioniniame biomedicininų tyrimų etikos komitete.

Tyrimas atliktas Lietuvos kūno kultūros akademijos žmogaus motorikos laboratorijoje. Tiriamieji buvo testuojami prieš krūvį ir praėjus 3, 30 minučių po jo.

Veloergometrinis krūvis. Norint sukelti raumenų metabolinį nuovargį, buvo naudojamas anaerobinio pajėgumo testavimas (Inbar et al., 1996). Jis buvo atliekamas *Monark 834E* veloergometru, leidžiančiu matuoti darbo galinumą ir mynimo dažnumą viso testo metu (5 sekundžių intervalais). Tiriamieji, sėdėdami ant veloergometro, didžiausiomis pastangomis mynė pedalus 2 kartus po 30 sekundžių (poilsio pertrauka tarp mynimų — 1 min). Krūvio intensyvumas atitiko 110% MDS. Pedalų mynimo dažnumas — 80 aps. / min. Darbas buvo nutraukiamas, kai tiriamieji nebegalėjo minti veleorgometro pedalus 60 aps. / min dažnumu. Viso testo metu jie buvo skatinami palaikyti kuo didesnę mynimo dažnumą. Mechaninis veloergometro pasipriešinimas buvo parinktas kiekvienam tiriamajam individualiai ir sudarė 7,5% jo kūno masės. Prieš testą buvo daroma 10 minučių pramankšta, kurios metu tiriamasis mynė pedalus tolygiai 50—60 aps. / min dažnumu, pabaigoje atlikdamas 3 labai trumpus pagreitėjimus. Kiekvieno tiriamojo MDS buvo nustatomas individualiai.

Raumenų stimuliavimas. Keturgalvis šlaunies raumuo buvo stimuliuojamas dviem elektros stimulatoriaus (MG 440, *Medicor*) paviršiniaisiais elektrodais (9×18 cm). Stimuliavimo įtampa parenkama tokia, kad sukeltų didžiausią rau-

mens susitraukimo jėgą (nuo 120 iki 150 V). Stačiakampio formos stimulo trukmė — 1 ms. Tiriamieji buvo sodinami į specialų krėslą, jų dešinė koja fiksuojama per kelio sąnarį 135° (mažas raumens ištempimo ilgis) kampu. Specialiais prietaisais registruojama raumens susitraukimo jėga izometriniu režimu. Jėgos signalas apdorojamas IBM AT486 tipo kompiuteriu, pastaruoju taip pat buvo valdomi ir stimuliavimo režimai.

Registruojama raumenų jėga, sukelta šių elektrostimuliavimo režimų: 1 Hz (P 1), 10 Hz (P 10), 15 Hz (P 15), 20 Hz (P 20), 50 Hz (P 50) (stimuliavimo trukmė — 1 s, poilsio pertrauka tarp stimuliavimo seansų — 5 s).

Maksimaliosios valingos jėgos (MVJ) registravimas. Tiriamieji buvo sodinami į specialų krėslą, jų dešinė koja fiksuojama per kelio sąnarį 135° (mažas raumens ištempimo ilgis) kampu. Raumenų valingų susitraukimų jėgai registruoti buvo naudojama tokia pat techninė ir programinė įranga kaip ir nevalingų (stimuliuojamų elektra) susitraukimų metu. Tiriamieji turėjo kiek įmanoma greičiau pasiekti maksimaliąją valingą jėgą (MVJ) ir ją išlaikyti 2—3 s. Atlikus 3 bandymus, tarp kurių buvo 1—2 minučių pertrauka, buvo apskaičiuojami to bandymo, kurio metu išugdoma didžiausia jėga, rezultatai. Jos dydis apskaičiuojamas pagal kompiuterinę kreivę.

Laktato koncentracijos kraujyje nustatymas. Laktato koncentracija kraujyje nustatoma pagal Y. U. Kulis ir kt. (1988) metodiką. Specialiomis vienkartinėmis priemonėmis iš rankos piršto, prieš tai odą dezinfekavus, buvo imamas 0,1 ml kapiliarinio kraujo mėginys, iš kurio nustatoma laktato koncentracija naudojant gliukozės analizatorių *Exan—G*. Modifikuotu analizatoriumi (jame įmontuota membrana su fermentu laktato oksidaze) galima nustatyti 0,8—25 mmol / l laktato koncentraciją (Kulis et al., 1988). Prieš kiekvieną testavimą analizatorius buvo kalibruojamas standartiniu 5 mmol / l laktato tirpalu.

Pagal tyrimo protokolą nustatoma laktato koncentracija kraujyje prieš krūvį bei praėjus 3 ir 30 minučių po jo.

Tyrimo eiga. Prieš krūvį paimamas tiriamojo kapiliarinio kraujo mėginys laktato koncentracijai nustatyti. Paskui jis sodinamas į specialią kėdę bei nustatoma keturgalvio šlaunies raumens

susitraukimo jėga ir maksimalioji valinga jėga, koją per kelį fiksuojant 135° kampu. Tiriamasis 10 minučių daro pramankštą, t. y. mina veloergometrą 50–60 aps. / min dažnumu. Po pramankštos atlieka veloergometrinių fizinių krūvių — 2 kartus mina veloergometrą maksimaliu intensyvumu (poilsio intervalas tarp mynimų — 1 min). Dinaminio darbo ištvermė buvo vertinama atliekamo darbo trukme (T).

Po krūvio praėjus 3 ir 30 minučių, buvo testuojama keturgalvio šlaunies raumens susitraukimo jėga (P), maksimalioji valinga jėga (MVJ). Laktato koncentracija kraujyje (mmol / l) nustatoma 3 ir 30 minutę tokia pat seka kaip ir prieš krūvį. Elektrostimuliacija sukeltos raumens jėgos matuojamos, kai kojos per kelius — 135° kampu. Be to, buvo nustatoma raumens atsipalaidavimo trukmė iki pusės P 20 ir P 50 jėgos, atitinkamai RTP 20 ir RTP 50.

Statistiniai skaičiavimai. Apskaičiavome aritmetinį vidurkį, standartinę kvadratinę nuokrypį, koreliacinį ryšį. Rezultatų patikimumas buvo apskaičiuojamas pagal Stjudento *t* kriterijų, pasirenkant porinį būdą, nes tyrimo metu buvo testuojami tie patys tiriamieji. Skaičiavimai atlikti naudojant statistinį paketą „Microsoft® Excel 2000“.

REZULTATAI

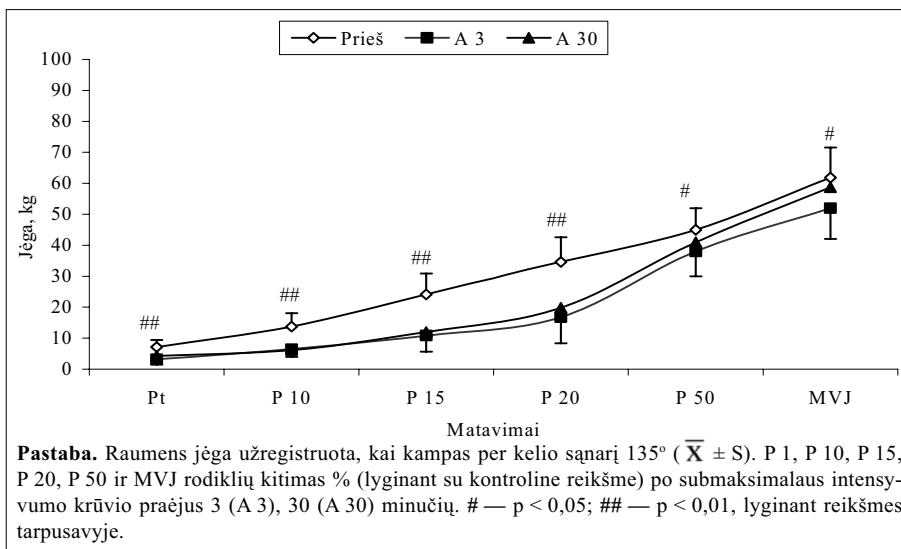
Po veloergometrinių krūvių, kurio abiejų serijų trukmės suma buvo 404 ± 59 s, statistiškai patikimai ($p < 0,05$) sumažėjo visų stimuliavimo dažnių sukelta jėga ir MVJ (1 pav.). Be to, raumens susitraukimo jėga, sukelta stimuliuojant raumenį

mažais dažniais (10–20 Hz), sumažėjo daugiau negu didelių stimuliavimo dažnių (50 Hz) sukelta jėga (1 pav.). Praėjus 30 minučių po krūvio, MVJ atsigavo iki pradinio lygio, tačiau įvairių stimuliavimo dažnių sukelta jėga nepakito. Po krūvio reikšmingai padidėjo ($p < 0,05$) RTP 20 ir RTP 50 reikšmė, praėjus 30 minučių po krūvio ji atsigavo, o RTP 50 buvo net mažesnė negu prieš krūvį (2 pav.). Tyrimo rezultatai parodė, kad nėra glaudaus koreliacinio ryšio tarp atliekamo krūvio trukmės ir raumenų nuovargio dydžio.

Analizuodami tyrimo rezultatus nustatėme, kad keturgalvio šlaunies raumens jėgos, sukeltos 1 (P 1), 10 (P 10), 15 (P 15), 20 (P 20), 50 Hz (P 50) dažnio elektros impulsais ir MVJ, kai raumuo mažo ilgio, rodo reikšmingą sumažėjimą visais nagrinėtiniais atvejais po krūvio praėjus 3 ir 30 minučių ($p < 0,01$) ($p < 0,05$) (1 pav.). Nustatyta, kad raumens susitraukimo jėga, sukelta stimuliuojant jį mažais dažniais (10–20 Hz), sumažėjo daugiau negu didelių stimuliavimo dažnių (50 Hz) sukelta jėga.

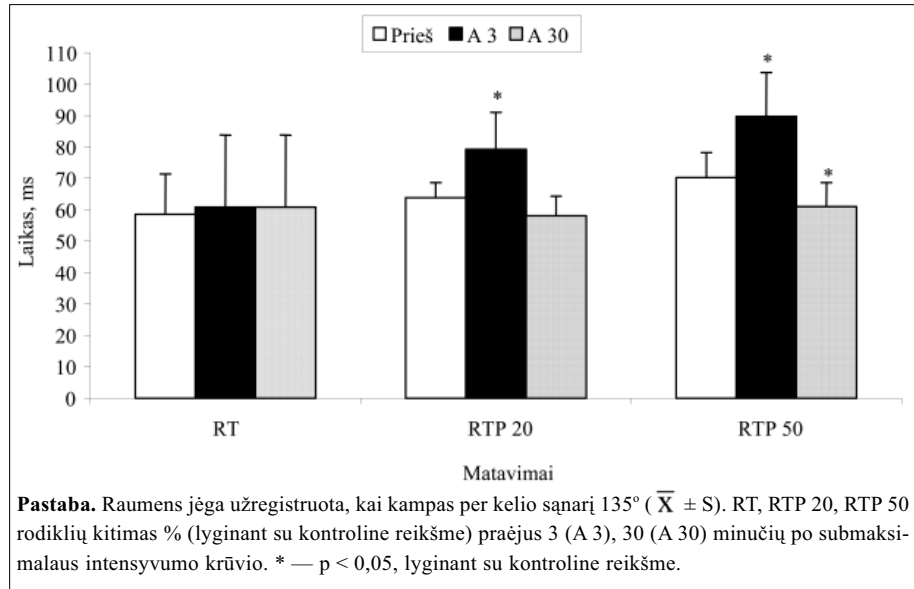
Stimuliuojant raumenį 1 Hz dažnio impulsu, kai raumuo mažo ilgio (135°), raumens atsipalaidavimo trukmė po krūvio praėjus 3 ir 30 minučių kito nereikšmingai ($p > 0,05$) (2 pav.). Stimuliuojant vienodo ilgio raumenį 20 Hz dažnio impulsu, raumens atsipalaidavimo trukmė reikšmingai padidėjo po krūvio praėjus 3 minutėms ($p < 0,05$), o praėjus 30 minučių pasiekė reikšmes, artimas kontrolinėms ($p > 0,05$). Stimuliuojant raumenį 50 Hz dažnio impulsu, raumens atsipalaidavimo trukmė turėjo tendenciją reikšmingai padidėti praėjus po krūvio 3 minutėms ir mažėti — praėjus 30 minučių ($p < 0,05$).

Nustatyta, kad keturgalvio šlaunies raumens

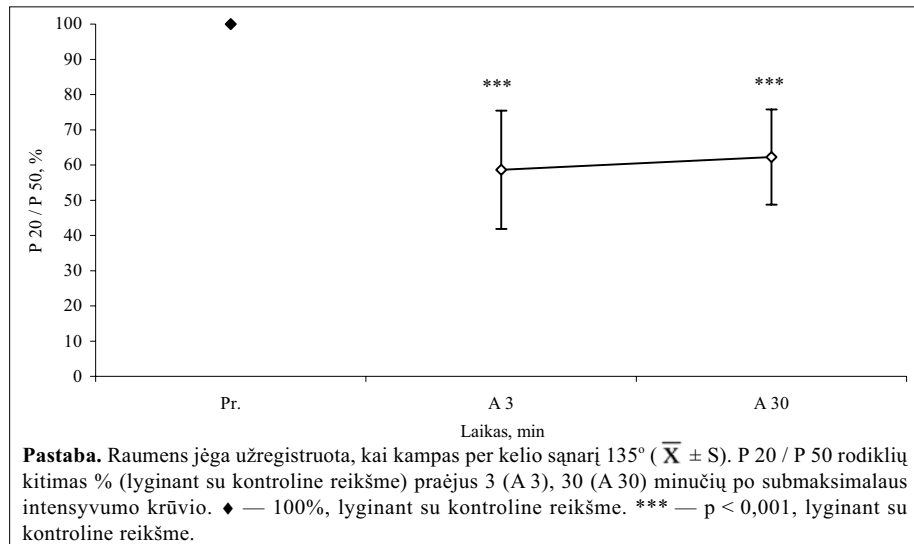


1 pav. Keturgalvio šlaunies raumens jėgos, sukeltos 1 (P 1), 10 (P 10), 15 (P 15), 20 (P 20), 50 Hz (P 50) dažnio elektros impulsais, ir MVJ rodiklių kaita

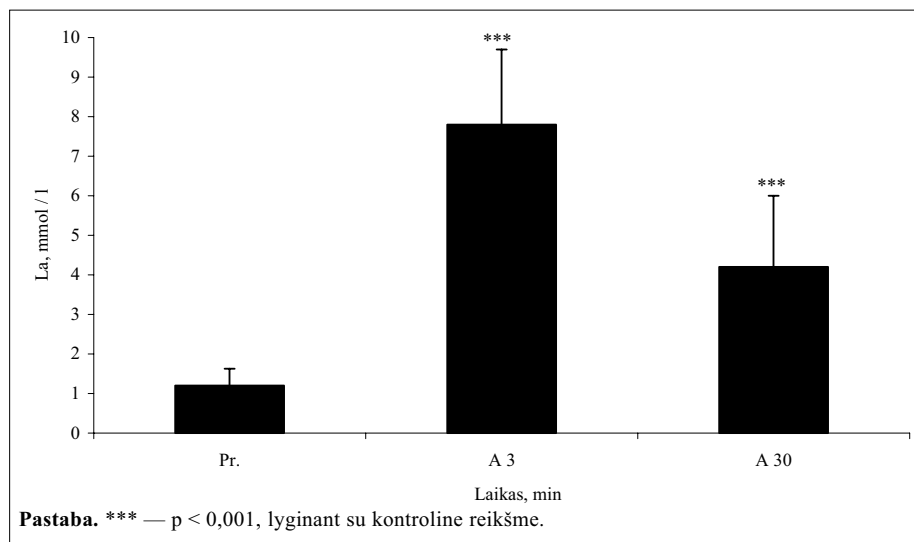
2 pav. Keturgalvio šlaunies raumens jėgos, sukeltos 1 Hz (P 1), 20 Hz (P 20) ir 50 Hz (P 50) dažnių elektros impulsais, rodiklių kaita



3 pav. Keturgalvio šlaunies raumens jėgų P 20 / P 50, sukeltų 20 Hz (P 20) ir 50 Hz (P 50) dažnio elektros impulsais, santykio rodiklių kaita



4 pav. Laktato koncentracijos (La) kraujyje vidutinės reikšmės prieš (Pr.) krūvį ir praėjus 3 (A 3), 30 (A 30) minučių po jo ($\bar{X} \pm S$)



jėgų (P 20 / P 50), sukeltų mažo (P 20) ir didelio (P 50) dažnio elektros impulsų, po krūvio praėjus 3 ir 30 minučių, santykio reikšmės sumažėjo reikšmingai ($p < 0,001$) (3 pav.).

Po велоergometrinio krūvio laktato koncentracija kraujyje reikšmingai padidėjo iki $7,8 \pm 1,9$ mmol / l ($p < 0,001$) ir po 30 minučių sumažėjo iki $4,2 \pm 1,8$ mmol / l, tačiau išliko

reikšmingai pakitusi, lyginant su kontroline reikšme ($p < 0,001$) (4 pav.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Po submaksimalaus intensyvumo veloergometrinio fizinio krūvio pasireiškė metabolinis nuovargis. Metabolinio nuovargio poreikį rodo laktato koncentracijos padidėjimas kraujyje po fizinio krūvio. Kitų mokslininkų tyrimų duomenimis, kreatinkinazės aktyvumo serume padidėjimas ir raumenų susitraukimo jėgos (ypač sukeltos stimuliuojant mažais dažniais) sumažėjimas ir lėtas jos atsigavimas yra patikimi raumenų mechaninę pažeidą rodantys rodikliai (Clarkson, Sayers, 1999; Warren et al., 1999; Proske, Morgan, 2001; Lieber, Friden, 2002; Nosaka et al., 2002; Byrne et al., 2004).

Po ištvermės krūvio atsiranda MDN, ir ši išvada sutampa su mūsų anksčiau atliktų tyrimų duomenimis (Skurvydas et al., 2000). Mažų stimuliavimo dažnių nuovargis atsiranda dėl blogesnės miofibrilių aktyvacijos kalcio jonais, nes mažiau Ca^{2+} išmetama iš sarkoplazminio tinklo (Westerblad et al., 1993; Balnave, Allen, 1995; Ratkevičius et al., 1998). Mažų stimuliavimo dažnių sukeltos jėgos sumažėjimas priklauso nuo iš sarkoplazminio tinklo išmetamų kalcio jonų koncentracijos sumažėjimo ir nuo miofibrilių jautrumo kalcio jonams, kai tuo tarpu dėl šių priežasčių didelių stimuliavimo dažnių sukelta jėga mažiau pakinta (Westerblad, Allen, 2002).

Dideli stimuliavimo dažniai sukelia jėgos nuovargio poreikį, kurį gali lemti blogesnė miofibrilių aktyvacija, pačių miofibrilių kontraktiškumo sumažėjimas (Westerblad et al., 1993; Balnave, Allen, 1995; Ratkevičius et al., 1998; Westerblad, Allen, 2002).

Atlikta nemažai tyrimų, įrodančių, kad fizinius pratimus atliekant maksimaliu intensyvumu nuo-

vargis gali pasireikšti keliose nervų ir raumenų sistemų vietose (Fitts, 1994; Gandevia, 2001). Tokio krūvio metu ypač pasireiškia metabolinis nuovargis, atsirandantis dėl energinių medžiagų (ATP, kreatinfosfato, glikogeno) sumažėjimo ir metabolitų (neorganinio fosfato, ADP ir kt.) susikaupimo (Bogdanis et al., 1996; Sahlin et al., 1998; Westerblad, Allen, 2002; Green, 2004).

Nustatyta, kad raumenų mažų dažnių nuovargis dažniausiai pasireiškia atliekant neįprastus ilgos trukmės fizinius pratimus (Edwards et al., 1977). Pagrindinė raumenų mažų dažnių nuovargio atsiradimo priežastis — sumažėjęs išmetamų iš sarkoplazminio tinklo kalcio jonų kiekis (Westerblad et al., 1993). Įrodyta, kad mažų dažnių nuovargis atsiranda dėl glikogeno koncentracijos raumenyse sumažėjimo (Westerblad et al., 1993; Sahlin et al., 1998). Mes pasirinkome tokią veloergometrinių krūvių, kurio metu ypač sumažėja raumenų glikogeno kiekis. Todėl manome, kad mažų dažnių nuovargis po mūsų veloergometrinio krūvio galėjo atsirasti dėl glikogeno koncentracijos sumažėjimo. Buvo keliama hipotezė, kad sumažėjus raumenų glikogeno koncentracijai, sumažėja ATP, esančio šalia kalcio jonų kanalų, kiekis, ir dėl tos priežasties pablogėja kalcio jonų išmetimas iš sarkoplazminio tinklo. Atlikto tyrimo rezultatai patvirtina raumenų mažų dažnių nuovargio atsiradimo metabolinę hipotezę.

IŠVADOS

Po voloergometrinio krūvio raumenyse ypač pasireiškė mažų dažnių nuovargis ir neišnyko per 30 minučių po krūvio. Sulėtėjo raumens atsipalaidavimas, tačiau per 30 minučių po krūvio raumuo atsigavo iki pradinio lygio. Vadinasi, atsiradus mažų dažnių nuovargiui, raumens atsipalaidavimas nesumažėja.

LITERATŪRA

Balnave, C. D., Allen, D. G. (1995). Intracellular calcium and force in single mouse fibres following repeated contractions with stretch. *Journal of Physiology*, 488, 25—36.

Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., Graham, C. M., Louis, G. (1996). Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 74, 461—469.

Byrne, C., Twist, C., Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. Theoretical and applied implications. *Sports Medicine*, 34 (1), 49—69.

Clarkson, P. M., Sayers, S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24 (3), 234—248.

Edwards, R. H., Hill, D. K., Jones, D. A., Merton, P. A. (1977). Fatigue of long duration in human skeletal muscle

- after exercise. *Journal of Physiology*, 272, 769—778.
- Fitts, R. H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Review*, 7, 49—95.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiology Review*, 81 (4), 1725—1789.
- Green, H. J. (2004). Membrane excitability, weakness, and fatigue. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29 (3), 291—307.
- Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Human Kinetics.
- Kulis, Yu., Laurinavichyus, A., Firantas, S. G., Kurtinaitienė B. S. (1988). Determination of lactic acid in blood with an exan-G analyser. *Journal of Analytical Chemistry*, 43 (7), 1521—1523.
- Lieber, R. L., Friden, J. (2002). Morphologic and mechanical basis of delayed-onset muscle soreness. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 10, 67—73.
- Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12 (6), 337—346.
- Proske, U., Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: Mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of Physiology*, 537 (2), 333—345.
- Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Povilonis, E., Quistroff, B., Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in voluntary and electrically induced exercise of quadriceps muscle in humans. *Journal of Applied Physiology*, 77, 462—468.
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 261—266.
- Skurvydas, A., Jascaninas, J., Zachovajevs, P. (2000). Changes in height of jump, maximal voluntary contraction force and low-frequency fatigue after 100 intermittent or continuous jumps with maximal intensity. *Acta Physiologica Scandinavica*, 169 (1), 55—62.
- Warren, G. L., Lowe, D. A., Armstrong, R. B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine*, 27 (1), 43—59.
- Westerblad, H., Allen, D. G. (2002). Recent advances in the understanding of skeletal muscle fatigue. *Current Opinion in Rheumatology*, 14 (6), 648—652.
- Westerblad, H., Duty, S., Allen, D. G. (1993). Intracellular calcium concentration during low-frequency fatigue in isolated single fibres of mouse skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 75, 382—388.

THE PECULIARITIES OF MEN'S MUSCLE FATIGUE UNDER THE FIXED VELOERGOMETRIC LOAD

Daiva Bulotienė, Albertas Skurvydas, Dalia Mickevičienė, Marius Brazaitis, Gediminas Mamkus
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the research — to test the metabolic hypothesis of the low frequency muscle fatigue (LFF) in men. Healthy, inactively engaged in sport men with the average age of 24.1 ± 3.1 years participated in the research. The muscle injury was caused performing two veloergometric load series during the research. The warm-up exercises were executed before the load — a 10-minute pedalling on a bike, at the rate of 50—60 t / min. The physical load — two veloergometric load series at 110% MDS intensity, the work being stopped when a testee is not able to pedal at 60 t / min, the rest interval between the series is 1 min. The control measurements were carried out before the load — muscle contraction force was registered, caused by these electrostimulation regimes: 1 Hz (Pt), 10 Hz (P 10), 15 Hz (P 15), 20 Hz (P 20) and 50 Hz (P 50) (the duration of stimulation — 1 s, the rest intervals among stimulations — 5 s). The duration of muscle relaxation is determined to half of the forces P 20 and P 50, accordingly RTP 20 and RTP 50, the maximal voluntary contraction force (MVF) of quadriceps muscle, lactate concentration in the blood (La), dynamic work endurance was evaluated by the duration of the performed work (D).

The received results showed that the low frequency fatigue resulted in the muscles after the veloergometric load and it did not disappear for 30 min after the load. The relaxation of the muscle slowed, however, after a 30-minute period after the load it returned to the initial level. This shows that muscle relaxation does not decrease with the low frequency fatigue.

Keywords: skeletal muscles, veloergometric load, low frequency fatigue, recovery.

Gauta 2005 m. rugpjūčio 30 d.
Received on August 30, 2005

Priimta 2005 m. lapkričio 16 d.
Accepted on November 16, 2005

Daiva Bulotienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, Kaunas LT-44221
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302655
E-mail d.bulotiene@lkka.lt