

BĖGIMO GREIČIO IR LAIPIOJIMO SUKELTO NUOVARGIO POVEIKIS AEROBININKIŲ KOJŲ RAUMENŲ EMG RODIKLIAMS

Kristina Zaičėnkoviėnė¹, Arvydas Stasiulis¹, Darius Paknys¹, Laura Daniusevičiūtė²,
Irina Ramanauskienė², Roma Aleksandravičiėnė^{1,3}
Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas²,
Lietuvos žemės ūkio universitetas³, Kaunas, Lietuva

Kristina Zaičėnkoviėnė. Biologijos mokslų magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantė, Kūno kultūros ir gimnastikos katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis — aerobinio ir anaerobinio pajėgumo, bioenergetikos greitoji ir lėtoji adaptacija.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti bėgimo greičio ir laipiojimo sukkelto nuovargio poveikį kojų raumenų elektriniam aktyvumui didinamo krūvio metu.

Tiriamosios — Lietuvos kūno kultūros akademijos aerobikos specialistės ($n = 5$), kurių amžius $22,8 \pm 4,6$ m., kūno masė $55,1 \pm 5,1$ kg, ūgis $1,64 \pm 0,03$ cm. Tiriamosios tris kartus atliko nuosekliai didinamą krūvį bėgtakiu (NDK) (LE 200 CE, HP Cosmos) — kontrolinį, praėjus vienai ir 24 valandoms po intervalinio 24 minučių laipiojimo prieškrūvio (LP). Tris pirmas minutes bėgimo greitis siekė 7 km / h, nuo ketvirtos bėgimo minutės greitis buvo didinamas kas šešias sekundes po 0,1 km / h. Krūvis buvo nutraukiamas tada, kai tiriamaoji dėl nuovargio nebegalėdavo tęsti bėgimo reikiamu greičiu. NDK metu buvo registruojama dešinės kojos šlaunies šoninio ir vidinio plačiojo, blauzdos dvilypio raumens vidinės ir šoninės galvos EMG (Biometrics Ltd, UK). EMG buvo analizuojamos naudojant „Biometrics“ programinį paketą. Buvo skaičiuojama kiekvieno bėgimo žingsnio EMG amplitudės vidutinė kvadratinė vertė (A), integruotas elektrinis raumenų aktyvumas (iEMG) ir EMG galios spektro vidutinis dažnis (VD). Visų NDK metu buvo matuojamas tiriamųjų širdies susitraukimų dažnis pulso matuokliu „Polar S810i“ (Suomija). Kiekvienos NDK minutės pabaigoje tiriamosios buvo prašomos subjektyviai įvertinti savo pastangas, o praėjus 24 valandoms po LP įvertinti jaučiamą skausmą kojų raumenyse balais pagal Borg (Borg) skales.

Nustatėme, kad šlaunies šoninio ir vidinio raumens galvų iEMG ir EMG A vidutinė kvadratinė vertė rodo didėjimo tendenciją praėjus vienai ir ypač 24 valandoms po LP, nors užfiksuotas tik vienas statistiškai reikšmingas skirtumas. EMG galios spektro VD rodo mažėjimo tendenciją, nors skirtumai nėra statistiškai reikšmingi. Abiejų dvilypio blauzdos raumens galvų EMG A vidutinė kvadratinė vertė ir iEMG taip pat šiek tiek padidėjo praėjus vienai ir 24 valandoms po LP (daugiau vidinės galvos) ($p > 0,05$). EMG galios spektro VD praėjus vienai valandai po laipiojimo testo sumažėdavo, o po 24 valandų padidėdavo, nors statistiškai reikšmingai skyrėsi tik vidinės galvos minėtas rodiklis, kai greitis buvo 10,5 km / h. Tik EMG A reikšmingai didėjo greitėjant bėgimui, tuo tarpu iEMG ir EMG galios spektro VD reikšmingai nekito. Tyrimo rezultatai parodė, kad intervalinis 24 minučių laipiojimo prieškrūvis, sukeliantis vidutinišką vėluojantį raumenų skausmą, menkai veikė kojų raumenų EMG rodiklius praėjus vienai ir 24 valandoms po krūvio, kai bėgimo greitis buvo nuosekliai didinamas.

Raktažodžiai: nuosekliai didinamas krūvis bėgtakiu, laipiojimas, EMG, kojų raumenys.

IVADAS

Ekscentriniai fiziniai pratimai gali sukelti vėluojantį raumenų skausmą, raumenų skaidulų pažeidą ir sumažinti raumenų funkcines galimybes (Skurvydas et al., 2000; Cheung et al., 2003; Yu et al., 2003). Todėl po neįprastos fizinės veiklos, tokios kaip lipimas, bėgimas žemyn laiptais, laipiojimas ant suolelio, gali pasireikšti vėluojantis raumenų skausmas (Clarkson,

Hubal, 2002). Raumenų EMG pokyčiai atliekant fizinį krūvį parodo jų nuovargį, raumenų grupių ir motorinių vienetų rekrutavimo pokyčius (Scheuermann et al., 2001). Kojų raumenų EMG pakinta ilgo 90-ies minučių bėgimo metu (Muraki et al., 2007), po blauzdos ir šlaunies selektyvų nuovargį sukeliančių izokinetinių fizinių pratimų (Kelliis, Liassou, 2009). Po ekscentrinų fizinių pratimų,

sukėlusiu žasto dvigalvio raumens pažeidą, pakinta EMG amplitudė, motorinių vienetų aktyvumo sinchroniškumas, veikimo potencialų sklidimo greitis izomterinių susitraukimų metu (Dundon et al., 2008; Dartnall et al., 2009; Piitulainen et al., 2009). Atliekant laipiojimo testus (lipant žemyn nuo suoloelio) aktyvūs raumenys dirba ekscentrinu režimu (Newham et al., 1986), ir tai gali sukelti blauzdos raumenų pažeidą, vėluojantį skausmą (Scharf-Olson et al., 1996). Neaptikome duomenų apie tokio krūvio poveikį raumenų EMG rodikliams bėgant.

Tyrimo tikslas — nustatyti bėgimo greičio ir laipiojimo sukulto nuovargio poveikį kojų raumenų elektriniam aktyvumui didinamo krūvio metu.

TYRIMO METODIKA

Tiriamosios. Buvo tiriamos Lietuvos kūno kultūros akademijos aerobikos specialistės ($n = 5$), kurių amžius $22,8 (\pm 4,6)$ m., kūno masė $55,1 (\pm 5,1)$ kg, ūgis $1,64 (\pm 0,03)$ cm, kūno masės indeksas $20,5 (\pm 2,7)$. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno regioniniame biomediciniu tyrimų etikos komitete.

Nuosekliai didinamas krūvis (NDK). NDK buvo atliekamas bėgtakiu (LE 200 CE, HP Cosmos). Tris pirmas minutes bėgimo greitis buvo 7 km / h , nuo ketvirtos bėgimo minutės greitis didinamas kas 6 sekundes po $0,1 \text{ km / h}$. Krūvis buvo nutraukiamas tada, kai tiriamoji dėl nuovargio nebegalėdavo tęsti bėgimo reikiamu greičiu.

Elektromiografija. NDK metu buvo registruojama dešinės kojos šlaunies šoninio ir vidinio plačiojo, blauzdos dvilypio raumens vidinės ir šoninės galvos EMG (*Biometrics Ltd*, JAV). Tuo tikslu naudoti paviršiniai bipoliariniai elektrodai, kurie buvo uždedami ant raumens vidurinės dalies, prieš tai odą dezinfekavus ir nušvitrinus. Vėliau EMG buvo analizuojamos naudojant *Biometrics* programinį paketą. Buvo skaičiuojama kiekvieno bėgimo žingsnio EMG amplitudės vidutinė kvadratinė vertė (A), integruotas elektrinis raumenų aktyvumas (iEMG) ir EMG galios spektro vidutinis dažnis (VD).

Pulsometrija. Visų tyrimų metu buvo matuojamas ir registruojamas tiriamųjų širdies susitraukimų dažnis (ŠSD) pulso matuokliu *Polar S810i* (Suomija).

Subjektyvus pastangų vertinimas. Viso NDK metu, naudojant Borgo skalę, tiriamosios buvo prašomos kiekvienos bėgimo minutės pabaigoje balais subjektyviai įvertinti savo pastangas (6—20).

Subjektyvus skausmo vertinimas. Praėjus 24 valandoms po laipiojimo testo, tiriamosios pagal Borgo skalę įvertindavo jaučiamą skausmą kojų raumenyse balais (0—10).

Intervalinis 24 minučių laipiojimo prieškrūvis (LP). Pradžioje tiriamosios atliko pramankštą, po kurios 8 kartus po 3 minutes laipiojo ant 34 cm aukščio laiptelio. Tarp laipiojimų buvo pasyviai ilsimasi po 3 minutes (sėdima ant suoloelio). Tiriamosios buvo skatinamos palaikyti vienodą lipimo tempą pagal muzikos ritmą (120 dūžių / min).

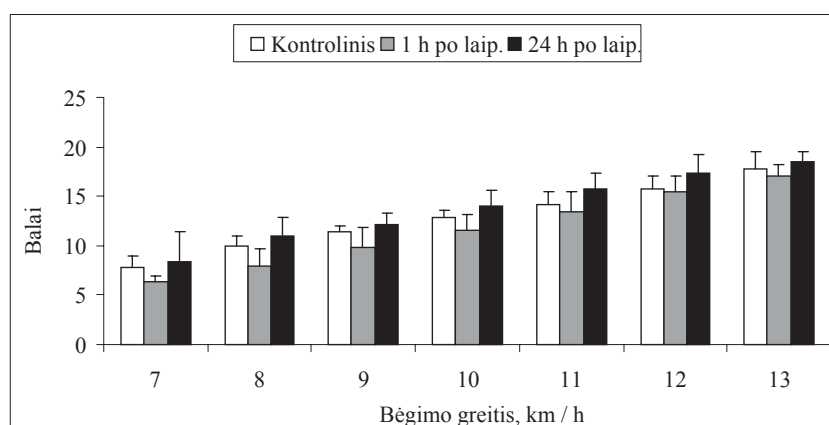
Tyrimo organizavimas. Tyrimai buvo atliekami Taikomosios fiziologijos ir kineziterapijos katedros Sporto fiziologijos laboratorijoje. Buvo prašoma, kad testavimo išvakarėse tiriamosios neatliktų sunkaus fizinio krūvio, o testavimo dieną visiškai nesimankštintų. Tiriamosios tris kartus atliko NDK bėgtakiu — kontrolinį, praėjus vienai ir 24 valandoms po LP. Pirmą testavimo dieną tiriamosios atliko NDK bėgtakiu. Prieš bėgimą prieš tiriamųjų kojų šlaunies šoninio ir vidinio plačiojo, dvilypio blauzdos vidinės ir šoninės galvos raumenų buvo priklijuojami *Biometrics Ltd* elektrodai (prieš tai odą nušveitus švitrinu popieriumi ir nuvalius spiritu). Bėgimo metu kiekvienos minutės pabaigoje tiriamosios subjektyviai įvertindavo savo pastangas. Iškart po bėgimo tiriamosios gulėdavo 5 minutes. Penktą ir dvidešimtą minutę po NDK buvo imamas kraujas iš rankos piršto, ir nustatoma kraujo laktato koncentracija. Po kelių dienų buvo kartojamas tyrimas, kurio metu tiriamosios po pramankštos atlikdavo LP testą, po valandos — NDK bėgtakiu. Praėjus 24 valandoms po NDK, tiriamosios trečią kartą eidavo į laboratoriją, įvertindavo jaučiamą skausmą kojų raumenyse ir kartodavo bėgimo testą.

Matematinė statistika. Tyrimo duomenų analizė atlikta naudojant *Excel 2002* ir *Statistica for windows 5.0* programas. Vertinant tyrimų duomenis, skaičiuotas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis. Skirtumo tarp rodiklių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas taikant neparametrinius Friedman dviejų veiksmų dispersinę analizę ir Vilkoksono testus. Statistiniam reikšmingumui nustatyti buvo pasirinktas patikimumo lygmuo $p < 0,05$.

REZULTATAI

Tiriamosios jautė vidutinišką blauzdos raumenų skausmą praėjus 24 valandoms po LP ($4,2 (\pm 1,5)$ balo). Subjektyviai suvokiamos tiriamųjų pastangos kas vieną NDK minutę rodė sumažėjimo

Pav. Subjektyvus pastangų vertinimas nuosekliai greitėjančio bėgimo metu skirtingomis testavimo dienomis (pagal Borg'o skalę)



1 lentelė. Aerobininkų šlaunies šoninio plačiojo raumens galvos EMG bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis

Bėgimo greitis, km/h	Šlaunies šoninis platusis raumuo (<i>m. vastus lateralis</i>)								
	Amplitudės vidutinė kvadratinė vertė, mV			Integruotas elektrinis raumenų aktyvumas, mVs			EMG galios spektro vidutinis dažnis, Hz		
	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.
7	0,063 (0,017)	0,063 (0,008)	0,067 (0,014)	0,015 (0,003)	0,015 (0,002)	0,017 (0,002)	93,3 (18,4)	85,8 (16,6)	82,5 (14,2)
7,5	0,069 (0,016)	0,070 (0,011)	0,071 (0,014)	0,015 (0,002)	0,016 (0,003)	0,017 (0,003)	89,7 (20,2)	83,97 (17,4)	79,9 (10,4)
8,5	0,077 (0,020)	0,078 (0,013)	0,076 (0,015)	0,016 (0,002)	0,016 (0,003)	0,018 (0,003)	83,6 (17,2)	82,8 (17,4)	76,8 (9,8)
9,5	0,082 (0,017)	0,082 (0,013)	0,084 (0,016)	0,016 (0,002)	0,017 (0,003)	0,018 (0,003)	82,4 (18,9)	81,4 (19,1)	77,5 (12,7)
10,5	0,084 (0,017)	0,084 (0,012)	0,088 (0,010)	0,016 (0,003)	0,017 (0,004)	0,018 (0,002)	80,6 (18,6)	78,6 (20,6)	76,6 (14,7)
11,5	0,085 (0,015)	0,085 (0,014)	0,089 (0,01)	0,016 (0,003)	0,017 (0,004)	0,018 (0,002)	79,2 (17,6)	75,9 (18,5)	73,0 (13,3)
12,5	0,086 (0,012)	0,083 (0,016)	0,095 (0,015)	0,016 (0,004)	0,017 (0,004)	0,019 (0,001)	78,6 (18)	74,9 (21,1)	69,9 (15,3)
Statistinis reikšmingumas bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis									
p	0,003	0,002	0,003	0,860	0,897	0,318	0,027	0,012	0,017

Pastaba. * — $p < 0,05$, patikimas rodiklių skirtumas tarp testavimo dienų.

tendenciją praėjus 1 valandai po LP, bet vėl padidėjo atliekant NDK po 24 valandų, nors skirtumai nebuvo statistiškai reikšmingi (žr. pav.).

Tirtų raumenų EMG rodiklių vidurkiai atliekant NDK bėgtakiu skirtingomis testavimo dienomis pateikti 1–4 lentelėse. Šlaunies šoninio ir vidinio plačiųjų raumens galvų EMG A ir iEMG rodo didėjimo tendenciją praėjus vienai ir ypač 24 valandoms po LP, nors užfiksuotas tik vienas statistiškai reikšmingas skirtumas (1, 2 lent.). EMG galios spektro VD rodo mažėjimo tendenciją po LP, nors skirtumai nėra statistiškai reikšmingi. Abiejų dvilypio blauzdos raumens galvų EMG A ir iEMG taip pat šiek tiek padidėjo praėjus vienai ir 24 valandoms po LP (daugiau vidinės galvos) ($p > 0,05$) (3, 4 lent.). EMG galios spektro VD

atliekant NDK 1 valandą po LP sumažėjo, o po 24 valandų padidėjo, nors statistiškai reikšmingai skyrėsi tik vidinės galvos minėtas rodiklis, kai greitis buvo 10,5 km/h.

Visų keturių raumenų EMG A reikšmingai didėjo priklausomai nuo bėgimo greičio, tuo tarpu iEMG ir EMG galios spektro VD reikšmingai nekito, nors pastarasis šlaunies šoninio plačiojo raumens galvos rodiklis reikšmingai mažėjo didėjant bėgimo greičiui (1–4 lent.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu nustatėme, kad LP, sukeliantis vidutinišką vėluojantį raumenų skausmą, tik menkai paveikė kojų raumenų EMG rodiklius praė-

2 lentelė. Aerobininkų šlaunies plačiojo vidinio raumens galvos EMG bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis

Bėgimo greitis, km / h	Šlaunies vidinis platusis raumuo (<i>m. vastus medialis</i>)								
	Amplitudės vidutinė kvadratinė vertė, mV			Integruotas elektrinis raumenų aktyvumas, mVs			EMG galios spektro vidutinis dažnis, Hz		
	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.
7	0,081 (0,026)	0,082 (0,021)	0,088 (0,023)	0,021 (0,009)	0,024 (0,011)	0,024 (0,009)	73,9 (7,6)	72,1 (15,6)	63,7 (11,8)
7,5	0,088 (0,025)	0,096 (0,020)	0,091 (0,028)	0,023 (0,009)	0,025 (0,011)	0,027 (0,005)	67,8 (9,0)	69,2 (13,5)	62,3 (13,9)
8,5	0,098 (0,03)	0,103 (0,023)	0,109 (0,027)	0,021 (0,007)	0,024 (0,010)	0,026 (0,007)	67,3 (7,2)	66,9 (12,1)	64,2 (12,3)
9,5	0,102 (0,035)	0,099 (0,026)	*0,125 (0,037)	0,020 (0,008)	0,023 (0,008)	0,027 (0,007)	65,8 (7,8)	65,7 (9,6)	61,2 (14,8)
10,5	0,106 (0,039)	0,108 (0,038)	0,126 (0,044)	0,02 (0,008)	0,022 (0,008)	0,026 (0,007)	65,3 (10,1)	63,8 (10,5)	62,7 (10,8)
11,5	0,108 (0,034)	0,111 (0,035)	0,126 (0,047)	0,02 (0,007)	0,024 (0,009)	0,026 (0,008)	71,1 (5,7)	63,4 (14,4)	63,1 (10,3)
12,5	0,114 (0,032)	0,113 (0,044)	0,133 (0,058)	0,02 (0,007)	0,023 (0,009)	0,024 (0,009)	67,3 (10,2)	63,3 (13,9)	63,3 (7,7)
Statistinis reikšmingumas bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis									
p	0,022	0,447	0,018	0,474	0,933	0,822	0,304	0,472	0,573

Pastaba. * — $p < 0,05$, patikimas rodiklių skirtumas tarp testavimo dienų.

3 lentelė. Aerobininkų dvilypio blauzdos raumens šoninės galvos EMG bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis

Bėgimo greitis, km / h	Dvilypio blauzdos raumens šoninė galva (<i>m. gastrocnemius lateralis</i>)								
	Amplitudės vidutinė kvadratinė vertė, mV			Integruotas elektrinis raumenų aktyvumas, mVs			EMG galios spektro vidutinis dažnis, Hz		
	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.
7	0,089 (0,035)	0,098 (0,039)	0,099 (0,027)	0,023 (0,008)	0,025 (0,038)	0,025 (0,008)	94,9 (13,5)	85,4 (20,2)	96,9 (13,6)
7,5	0,096 (0,038)	0,105 (0,039)	0,107 (0,035)	0,023 (0,008)	0,025 (0,046)	0,024 (0,008)	91,6 (14,9)	85,2 (22)	96,6 (14,2)
8,5	0,102 (0,037)	0,110 (0,04)	0,105 (0,026)	0,023 (0,007)	0,025 (0,04)	0,023 (0,008)	91,0 (14,7)	85,9 (20,9)	96,9 (14,9)
9,5	0,106 (0,029)	0,109 (0,041)	0,109 (0,031)	0,022 (0,007)	0,026 (0,046)	0,024 (0,007)	89,4 (13,9)	83,5 (18,2)	97,4 (13,5)
10,5	0,110 (0,029)	0,119 (0,045)	0,113 (0,031)	0,023 (0,006)	0,027 (0,05)	0,024 (0,006)	89,3 (14,1)	81,3 (17,6)	*97,0 (11,5)
11,5	0,114 (0,027)	0,119 (0,044)	0,114 (0,03)	0,023 (0,006)	0,026 (0,052)	0,024 (0,007)	90,8 (16,4)	80,5 (17,5)	97,7 (12,2)
12,5	0,118 (0,028)	0,125 (0,046)	0,121 (0,034)	0,023 (0,006)	0,025 (0,052)	0,024 (0,005)	89,9 (14,0)	80,9 (18,0)	98,1 (12,9)
Statistinis reikšmingumas bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis									
p	0,006	0,005	0,011	0,504	0,719	0,411	0,514	0,870	0,447

Pastaba. * — $p < 0,05$, patikimas rodiklių skirtumas tarp testavimo dienų.

jus vienai ir 24 valandoms po tokio krūvio, nors pastebėta EMG A ir iEMG padidėjimo, o EMG galios spektro VD sumažėjimo (po 1 h), o kitą dieną — padidėjimo tendencija. Iš tirtų rodiklių

tik EMG amplitudė reikšmingai didėjo didėjant bėgimo greičiui, kiti rodikliai nekito.

EMG tyrimai naudojant paviršinius elektrodus dinaminių judesių metu yra daug retesni (Bi-

4 lentelė. Aerobininkų dvilypio blauzdos raumens vidinės galvos EMG bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis

Bėgimo greitis, (km / h)	Dvilypio blauzdos raumens vidinė galva (<i>m. gastrocnemius medialis</i>)								
	Amplitudės vidutinė kvadratinė vertė, mV			Integruotas elektrinis raumenų aktyvumas, mVs			EMG galios spektro vidutinis dažnis, Hz		
	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.	Kontrolinis	1 h po laip.	24 h po laip.
7	0,133 (0,037)	0,120 (0,031)	0,154 (0,062)	0,033 (0,007)	0,033 (0,009)	0,038 (0,009)	118 (13,9)	114,2 (15,1)	115,3 (13,6)
7,5	0,139 (0,036)	0,146 (0,047)	0,163 (0,065)	0,032 (0,005)	0,032 (0,008)	0,038 (0,009)	116,8 (13,1)	114,6 (19,2)	114 (14,2)
8,5	0,147 (0,034)	0,153 (0,054)	0,165 (0,059)	0,032 (0,004)	0,034 (0,011)	0,037 (0,009)	116,8 (12,6)	108,2 (25,9)	112,2 (14,9)
9,5	0,155 (0,036)	0,169 (0,074)	0,171 (0,052)	0,033 (0,004)	0,034 (0,009)	0,036 (0,009)	117,6 (14,1)	116,3 (15,5)	113,3 (13,5)
10,5	0,160 (0,036)	0,176 (0,072)	0,179 (0,055)	0,032 (0,004)	0,036 (0,010)	0,037 (0,008)	116,9 (14,4)	100,9 (22,4)	110,2 (11,5)
11,5	0,162 (0,039)	0,176 (0,074)	0,182 (0,052)	0,033 (0,004)	0,034 (0,007)	0,037 (0,009)	116,9 (14,4)	104,3 (16,1)	111,1 (12,2)
12,5	0,167 (0,038)	0,183 (0,063)	0,192 (0,056)	0,034 (0,004)	0,033 (0,006)	0,036 (0,008)	115,9 (13,6)	105,1 (14,1)	110,6 (12,9)
Statistinis reikšmingumas bėgant skirtingomis testavimo sąlygomis									
p	0,0002	0,001	0,002	0,730	0,423	0,451	0,808	0,381	0,055

Pastaba. * — $p < 0,05$, patikimas rodiklių skirtumas tarp testavimo dienų.

gland-Ritchie and Woods, 1974; Gamet et al., 1993), negu izometrinėmis raumenų susitraukimo sąlygomis (Enoka, Stuart, 1992). Tiek atliekant nuosekliai didinamą (Bigland-Ritchie, Woods, 1974), tiek pastovaus intensyvumo krūvį (Arnaud et al., 1997) iEMG ar EMG A didėja proporcingai krūviui.

Kojų tiesiamųjų raumenų EMG amplitudė atramos fazėje didėja kaip ir bėgimo greitis (Mero, Komi, 1987), o dauguma raumenų EMG A priklauso nuo intensyvumo atliekant nuolat didinamą krūvį велоergometru (Hug et al., 2006). Tai iš esmės sutampa su mūsų gautaisiais duomenimis. Kiti tyrėjai pastebėjo iEMG priklausomybę nuo bėgimo greičio, nors jų tyrimo protokolas buvo kitoks (Hanon et al., 1998). Tai paaiškina skirtingus mūsų tyrimo duomenis, kadangi nebuvo užfiksuota reikšmingo iEMG didėjimo didėjant bėgimo greičiui. Mes taikėme nuolat didinamo krūvio protokolą, o minėti autoriai bėgimo greitį didindavo pakopomis kas 4 minutes.

EMG pokyčių nuovargio metu duomenys yra prieštaringi, o duomenų interpretavimas sudėtingas (Dimitrova, Dimitrov, 2003). Nesutampa ir atskirų tyrėjų gauti duomenys, kaip nuovargis veikia raumenų EMG dinaminio krūvio metu. Bėgant 30 minučių dideliu intensyvumu, blauzdos dvilypio raumens iEMG nepakito, EMG galios spektro VD padidėjo (Mizrahi et al., 2000). Po

izokinetinio blauzdos ar čiurnos raumenų prieškrūvio padidėjo blauzdos dvilypio raumens ir šlaunies vidinio plačiojo raumens EMG A (Kellis, Liassou, 2009), o nuvargusių blauzdos raumenų elektrinis aktyvumas bėgant sumažėjo (Weist et al., 2004). Mūsų duomenys nerodo reikšmingo LP sukkelto nuovargio poveikio EMG rodikliams, nors matomos tokio poveikio tendencijos. Tai gali būti susiję su nedidele tyrimo statistine galia (apie 20%) dėl mažo tiriamųjų skaičiaus ir didelių EMG rodiklių standartinių nuokrypių. Ko gero, tokius rezultatus galėjo lemti ir tirtų aerobininkų raumenų adaptacija prie panašių kaip laipiojimas fizinių krūvių, per mažas LP intensyvumas. Kadangi kitą dieną po laipiojimo tiriamosios jautė tik vidutinį blauzdų skausmą. Taikant didesnę prieškrūvio intensyvumą, reikėtų ištirti daugiau tiriamųjų.

Ekscentriniai fiziniai pratimai sukelia vėluojantį raumenų skausmą, ilgalaikį jėgos sumažėjimą, raumenų kontraktūras ir raumenų fermentų koncentracijos kraujyje padidėjimą (Ebbeling, Clarkson, 1989). Tai galėtų padidinti nuvargusių raumenų elektrinį aktyvumą bėgimo metu. Po klasikinių R. G. Edwards ir D. C. J. Lippold (1956) tyrimų daugelis tyrėjų EMG A ir iEMG padidėjimą nuovargio metu aiškina kaip papildomų motorinių vienetų rekrutavimo, siekiant kompensuoti dirbančių skaidulų jėgos sumažėjimą, pasekmę (Jørgensen et al., 1988; Gandevia, 2001). Taip pat

EMG amplitudės padidėjimas siejamas su motorinių vienetų impulsavimo dažnumo ar impulsavimo sinchroniškumo pokyčiais (Maton, Garmet, 1989; Linssen et al., 1993).

Nors izometrinių susitraukimų metu dauguma autorių aptinka EMG galios spektro vidurinio ar vidutinio dažnio sumažėjimą (Loscher et al., 1994), kai kurie abejoja EMG spektrinės analizės informatyvumu atliekant dinaminis susitraukimus (Knaflitz, Bonato, 1999). EMG spektras dinaminių judesių metu gali priklausyti nuo judesių amplitudės pokyčių (MacIsaac et al., 2000). Yra duomenų, kad motorinių vienetų veikimo potencialų sklidimo greitis sumažėja po raumenų pažeidos (Hedayatpour et al., 2009), ir tai galėtų paveikti EMG galios spektro charakteristikas. Mūsų tyrimo metu nebuvo reikšmingų EMG galios spektro pokyčių, nors nevienareikšmės kitimo tendencijos, lyginant atskirus raumenis ir testavimo dienas, gali būti susiję su anksčiau minėtomis priežastimis.

IŠVADA

Intervalinis 24 minučių laipiojimo prieškrūvis, sukeliantis vidutinišką vėluojantį raumenų skausmą, nedaug paveikia kojų raumenų EMG rodiklius praėjus vienai ir 24 valandoms po nuosekliai didinamo bėgimo krūvio.

LITERATŪRA

- Bigland-Ritchie, B., Woods, J. J. (1974). Integrated EMG and oxygen uptake during dynamic contractions of human muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 36 (4), 475—479.
- Cheung, K., Hume, P., Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, 33 (2), 145—164.
- Clarkson, P. M., Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*, 81 (11), S 52—69.
- Dartnall, T. J., Rogasch, N. C., Nordstrom, M. A., Semmler, J. G. (2009). Eccentric muscle damage has variable effects on motor unit recruitment thresholds and discharge patterns in elbow flexor muscles. *Journal of Neurophysiology*, 102 (1), 413—23.
- Dimitrova, N. A., Dimitrov, G. V. (2003). Interpretation of EMG changes with fatigue: Facts, pitfalls, and fallacies. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 13—36.
- Dundon, J. M., Cirillo, J., Semmler, J. G. (2008). Low — frequency fatigue and neuromuscular performance after exercise — induced damage to elbow flexor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 105 (4), 1146—1155.
- Ebbeling, C. B., Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207—234.
- Edwards, R. G., Lippold, O. C. J. (1956). Relation between force and integrated electrical activity in fatigued muscle. *The Journal of Physiology (Lond.)*, 132, 677—681.
- Enoka, R. M., Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 72 (5), 1631—1648.
- Gamet, D., Duchene, J., Garapon-Bar, C., Goubel, F. (1993). Surface electromyogram power spectrum in human quadriceps muscle during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 74 (6), 2704—2710.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81, 1725—1789.
- Hanon, C., Thepaut-Mathieu, C., Hausswirth, C., LeChevalier, J. M. (1998). Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 78 (4), 315—323.
- Hedayatpour, N., Falla, D., Arendt-Nielsen, L., Vila-Cha, C., Farina, D. (2009). Motor unit conduction velocity during sustained contraction after eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [Epub ahead of print].
- Hug, F., Laplaud, D., Lucia, A., Grelot, L. (2006). A comparison of visual and mathematical detection of the electromyographic threshold during incremental pedaling exercise: A pilot study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (3), 704—708.
- Jørgensen, K., Fallentin, N., Krogh-Lund, C., Jensen, B. (1988). Electromyography and fatigue during prolonged, low-level static contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 316—321.
- Kellis, E., Liassou, C. (2009). The effect of selective muscle fatigue on sagittal lower limb kinematics and muscle activity during level running. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 39 (3), 210—220.
- Knaflitz, M., Bonato, P. (1999). Time-frequency methods applied to muscle fatigue assessment during dynamic contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9 (5), 337—350.
- Linssen, W. H. J. P., Stegeman, D. F., Joosten, E. M. G. et al. (1993). Variability and interrelationships of surface EMG parameters during local muscle fatigue. *Muscle Nerve*, 16, 849—856.
- Loscher, W. N., Cresswell, A. G., Thorstensson, A. (1994). Electromyographic responses of the human triceps surae and force tremor during sustained submaximal isometric plantar flexion. *Acta Physiologica Scandinavica*, 152 (1), 73—82.
- Maclsaac, D., Parker, P. A., Scott, R. N. (2000). Non-stationary myoelectric signals and muscle fatigue. *Methods of Information in Medicine*, 39 (2), 125—129.
- Maton, B., Gamet, D. (1989). The fatigability of two agonistic muscles in human isometric voluntary submaximal contraction: an EMG study. II Motor unit firing rate and recruitment. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 369—374.
- Mero, A., Komi, P. V. (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19 (3), 266—274.

- Mizrahi, J., Verbitsky, O., Isakov, E. (2000). Fatigue-related loading imbalance on the shank in running: A possible factor in stress fractures. *Annals of Biomedical Engineering*, 28 (4), 463—469.
- Muraki, S., Yanagawa, K., Fukuoka, Y., Niihata, S. (2007). Changes in EMG characteristics and metabolic energy cost during 90-min prolonged running. *Gait & Posture*, 26 (4), 607—610.
- Newham, D. J., Jones, D. A., Tolfree, S. E., Edwards, R. H., (1986). Skeletal muscle damage: A study of isotope uptake, enzyme efflux and pain after stepping. *European Journal of Applied Physiology*, 55 (1), 106—112.
- Piitulainen, H., Bottas, R., Komi, P., Linnamo, V., Avela, J. (2009). Impaired action potential conduction at high force levels after eccentric exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [Epub ahead of print].
- Scharff-Olson, M., Williford, H. N., Blessing, D. L., Brown, J. A. (1996). The physiological effects of bench / step exercise. *Sports Medicine*, 164—175.
- Scheuermann, B. W., Hoelting, B. D., Noble, M. L., Barstow, T. J. (2001). The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. *Journal of Physiology*, 15, 531 (Pt 1), 245—256.
- 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.
- Yu, J. G., Furst, D. O., Thornell, L. E. (2003). The mode of myofibril remodelling in human skeletal muscle affected by DOMS induced by eccentric contractions. *Histochemistry and Cell Biology*, 119 (5), 383—393.
- Weist, R., Elis, E., Rosenbaum, D. (2004). The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *The American Journal of Sports Medicine*, 32 (8), 1893—1898.

THE EFFECT OF RUNNING SPEED AND FATIGUE INDUCED BY PRIOR STEPPING ON EMG OF LEG MUSCLES IN AEROBIC STUDENTS

Kristina Zaičėnkoviėnė¹, Arvydas Stasiulis¹, Darius Paknys¹, Laura Daniusevičiūtė²,
Irina Ramanauskienė², Roma Aleksandravičienė^{1,3}

Lithuanian Academy of Physical Education¹, Technology University of Kaunas², Lithuanian
Agricultural University,³ Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the influence of running speed and fatigue induced by prior step exercise on the electrical activity of leg muscles during increasing exercise. Five aerobic students aged 22.8 ± 4.6 years, body weight 55.1 ± 5.1 kg and height 1.64 ± 0.03) of the Lithuanian Academy of Physical Education participated in the study. They performed increasing ramp running test (IRT) on a treadmill (LE 200 CE, HP Cosmos) under three different conditions (control, one hour and 24 hours after prior exercise (24 min of interval step exercise (height of the Step — 40 cm)). EMG (Biometrics Ltd, UK) of right leg m. vastus lateralis, m. vastus medialis, lateral and medial heads of m. gastrocnemius were continuously recorded. The subjects were asked to evaluate perceived exertions at the end of each minute of IRT. Day after the eccentric exercise, all subjects reported leg muscle soreness using the Borg's CR-10 scale. Measures of the recruited muscles activity were analyzed using available software (Biometrics Data Log).

The results showed that iEMG and EMG A of m. vastus lateralis and m. vastus medialis tended to increase one and especially 24 h after PSE ($p > 0.05$). The mean frequency of EMG power spectrum demonstrated tendency to decrease ($p > 0.05$). Similarly iEMG and EMG A slightly increased one and 24 h after PSE for both heads of m. gastrocnemius ($p > 0.05$). The mean frequency of EMG power spectrum decreased one hour, but again increased 24 hours after PSE ($p > 0.05$). Only EMG amplitude demonstrated significant increase with the increase of running speed with no significant changes of iEMG and MF of EMG power spectrum.

We conclude that preceding step exercise seems to have only small residual effect (within 1—24 hours of recovery) on leg muscles EMG dynamics during IRT in aerobic students. Only EMG A increases in parallel with running speed.

Keywords: increasing treadmill running, stepping, EMG, leg muscles.

Gauta 2010 m. kovo 15 d.
Received on March 15, 2010

Priimta 2010 m. gegužės 31 d.
Accepted on May 31, 2010

Kristina Zaičėnkoviėnė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 616 20238
E-mail zaicėnkoviėne@yahoo.co.uk