

AR PAKARTOTAS FIZINIS KRŪVIS PANAŠIAI VEIKIA VYRŲ IR MOTERŲ MOTORINĘ SISTEMĄ?

Giedrius Gorianovas¹, Vytautas Streckis¹, Albertas Skurvydas¹, Julija Andrejeva¹, Irena Vitkienė¹, Šarūnas Sakalauskas²

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kaunas, Mykolo Romerio universitetas², Vilnius, Lietuva

Giedrius Gorianovas. Lietuvos kūno kultūros akademijos doktorantas. Mokslinių tyrimų kryptis — įvairaus amžiaus žmonių raumenų pažeidą sukeliančių fizinių pratimų poveikis centriniam, periferiniam nuovargiui ir atsigavimui.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti, ar nervų ir raumenų nuovargis bei atsigavimas priklauso nuo lyties po pakartoto maksimalaus intensyvumo ekscentrinio-koncentrinio fizinio krūvio?

Tyrimo objektas — sveiki fiziškai aktyvūs, laisvai sutikę dalyvauti tyrime 21 ± 2 metų vyrai (n = 9, ūgis — 182 ± 6 cm, svoris — 82,6 ± 10 kg) ir 22 ± 4 metų moterys (n = 9, ūgis — 167 ± 5 cm, svoris — 62,6 ± 5 kg).

Buvo registruojami netiesioginiai raumenų pažeidos rodikliai: prieš krūvį, praėjus 10, 60 min, 24 ir 48 h po jo — valingų (maksimalioji valinga jėga (MVJ)) ir nevalingų (20 ir 100 Hz elektrostimuliacija sukelta) keturgalvio šlaunies raumens susitraukimų jėga, raumeniui esant ilgam (IR) ir trumpam (TR) (kai kelio sulenkimo kampas — 90° ir 60°). Pagal 20 / 100 Hz santykį vertinamas mažų dažnių nuovargis (MDN), matuojamas šuolio aukštis (h) iš fiksuotos padėties, nustatomas kreatinkinazės aktyvumas prieš krūvį, praėjus 24 ir 48 h po jo, vertinamas subjektyvus raumenų skausmas po krūvio praėjus 12, 24 ir 48 h. Fizinis krūvis — 100 šuolių kas 20 s nušokant nuo 40 cm pakylės ir pritūpus 90° kampu pašokant maksimaliai aukštyn. Krūvio metu buvo registruojamas kelio sulenkimo kampas (KSK). Tiriamieji atliko du krūvius. Pertrauka tarp krūvių — dvi savaitės. Pateikti pakartotų pratybų duomenys.

Po pakartoto fizinio krūvio dauguma vyrų ir moterų nuovargio indeksai iš esmės nesiskyrė (p > 0,05), lyginant su reikšmėmis prieš krūvį: esant IR, vyrų MVJ sudarė 76,2 ± 9,3%, TR — 76,2 ± 11,1%, moterų — 77,4 ± 5,9% ir 80,2 ± 11,0%; šuolio aukštis — vyrų buvo 94,4 ± 5,6%, moterų — 89,4 ± 4,0%, išskyrus MDN, kuris moterų raumenyse po krūvio, esant IR, buvo mažesnis (p < 0,05). Po pakartoto krūvio moterų kreatinkinazės aktyvumas, skirtingai nei vyrų, reikšmingai nepadidėjo (p > 0,05). Abiejų tirtų grupių subjektyvus raumenų skausmas buvo panašus (p > 0,05). Valingų ir nevalingų raumenų susitraukimo jėgos kitimas atsigavimo metu nuo lyties nepriklausė.

Pakartojus raumenų pažeidą sukeltantį fizinį krūvį moterų raumenyse pasireiškė mažesnis mažų dažnių nuovargis raumeniui esant ilgam; po pakartoto krūvio moterų kreatinkinazės aktyvumas mažesnis nei vyrų; subjektyvus raumenų skausmas ir motorinės sistemos atsigavimo greitis po pakartoto krūvio lyties požūriui yra panašus.

Raktažodžiai: lytis, pakartotas krūvis, nuovargis ir atsigavimas.

IVADAS

Žmogaus motorinės sistemos ilgalaikės adaptacijos fenomenas įvardijamas pakartoto krūvio efektu (PKE). Po pakartoto krūvio sumažėja antrinės raumenų pažeidos simptomai (McHugh et al., 1999; McHugh, 2003; McHugh, Tetro, 2003) — galbūt dėl silpnescio uždegimo jaučiamas mažesnis raumenų skausmas, pastebimas mažesnis kreatinkinazės aktyvumas atsigav-

vimo metu (McHugh, 2003; Kamandulis et al., 2004 b), greičiau išnyksta mažų dažnių nuovargis raumeniui esant trumpam, greičiau atsigauna ir maksimalioji valinga jėga (Kamandulis et al., 2004 a). Pasak PKE tyrėjų, adaptaciją lemia nerviniai (Chen, 2003) ir raumeniniai (mechaniniai ir ląsteliniai) procesai (Cleary et al., 2002; McHugh, 2003). Nerviniai procesai pasireiškia tuo, kad

pakartoto krūvio metu raumeninėse skaidulose tolygiau paskirstoma apkrova įtraukiant daugiau lėtojo tipo motorinių vienetų (tada skaidulos patiria mažesnę stresą) (Warren et al., 2000; McHugh et al., 2001; Chen, 2003). Ląsteliniai procesai sukelia silpnesnę uždegimą, būna mažesnė neutrofilų ir makrofagų infiltracija, kitų baltymų (kreatinkinazės) mažiau išteka į kraujotaką dėl sarkolemos pralaidumo sumažėjimo (Stupka et al., 2000; McHugh, 2003). Mechaniniai adaptaciniai procesai susiję su geresniu sarkomerų atsparumu tempimui ir / ar jų kiekio padidėjimu išilgine raumens kryptimi (McHugh, 2003). Neaišku, ar šiuos žmogaus motorinės sistemos adaptacinius procesus lemia lytis. Nors daugelis tyrimų rodo, kad sukėlus pažeidą kai kurie netiesioginiai moterų raumenų pažeidos indeksai (pvz., kreatinkinazės aktyvumas) mažesni nei vyrų (Roth et al., 2001; Clarkson, Hubal, 2002; Kendal, Eston, 2002). Tai susiję su estrogenų poveikiu raumenų membranos pralaidumui (Kendal, Eston, 2002), tačiau nėra aiški šių hormonų galia. Galbūt jie veiksnius tik vykstant ląsteliniais procesams ir labiausiai pasireiškia raumens antioksidacinėje ir antiuždegiminėje sistemoje, tačiau jie nelemia funkcinį pažeidos ypatumų (Kendal, Eston, 2002) — mažų dažnių nuovargio, maksimaliosio valingos jėgos. Pakartoto krūvio metu, kuomet raumenų pažeida daug mažesnę dėl padidėjusio atsparumo mechaniniam stresui, situacija gal ir galėtų keistis. Todėl mūsų tyrimo tikslas — nustatyti, ar pakartojus tokį pat fizinį krūvį vienodai kinta vyrų ir moterų netiesioginiai raumenų pažeidos rodikliai.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji — sveiki fiziškai aktyvūs, laisvai sutikę dalyvauti tyrime 20,8 ± 1,9 metų vyrai (n = 9, ūgis — 181,9 ± 5,9 cm, kūno masė — 82,6 ± 10,0 kg) ir 22,0 ± 3,9 metų moterys (n = 9, ūgis — 166,6 ± 5,2 cm, kūno masė — 62,6 ± 5,5 kg). Jie iki eksperimento ne mažiau kaip 6 mėnesius nesitreniravo. Tiriamieji buvo supažindinti su tyrimo tikslais, procedūromis ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime patvirtino raštu. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos. Eksperimento protokolas aprobuotas KMU Bioetikos komisijoje. Pakartotą fizinį krūvį moterys atliko liuteininės fazės metu.

Kojos tiesiamųjų raumenų valingų ir nevalingų susitraukimų jėgos rodiklių nustatymas. Valingų raumenų susitraukimo jėgos rodikliai

(maksimalioji valinga jėga (MVJ)) buvo matuoti naudojant specializuotą izokinetinį dinamometrą (*Biodex Medical System 3 PRO*. Sertifikuota ISO 9001 EN 46001), nevalingų — naudojant elektrostimuliatorių (*Medicor MG440*, Vengrija).

Valingų ir nevalingų susitraukimų jėga buvo nustatoma, kai kelio sulenkimo kampas 90° (IR) ir 60° (TR). Tiriamajam atsisėdus į specialią kėdę, dešinė koja fiksuojama prie dinamometro pritvirtintu papildomu kelio įtaisu. Nustačius anatominę kelio sąnario ašį, tiriamasis apjuosiamas pečių kryžminiais, liemens ir šlaunies skersiniais diržais. Blauzda, sutvirtinta diržu su sagtimi, apjuosiamą apatiniam trečdalyje, 4 cm virš kulnakaolio gumburo. Nustatoma testuojamos kojos anatominė lenkimo amplitudė (ištiesus ir sulenkus blauzdą per kelio sąnari); ji pasverinama, kai užima 65° ± 1° (MVJ matuojama, kai koja sulenkta 90° kampu) ir atitinkamai 70° ± 1° (MVJ — kai koja 60° kampu) padėtį.

Nevalingų susitraukimų jėgai nustatyti ant keturgalvio šlaunies raumens distalaus ir proksimalaus trečdalių buvo dedami paviršiniai (sudrėkinti specialiu geliu) 6 x 11 cm guminiai elektrodai (Streckis et al., 2007). Raumu buvo stimuliuojamas 20 ir 100 Hz dažniais. Pagal 20 / 100 Hz pokyčius nustatomas mažų dažnių nuovargis (Skurvydas et al., 2007; Streckis et al., 2007).

Greitumo jėgos testavimas. Naudojant daugiakomponentę jėgos platformą (*Kistler 9286 A*, Šveicarija), buvo matuojami kontroliniai ir fizinio krūvio metu atlikti šuoliai.

Kelio sąnario sulenkimo kampo nustatymas. Šuoliuojant kelio sulenkimo kampui (KSK) matuoti buvo naudojamas mobilusis goniometras-elektromiografas *Biometrics Ltd*, skirtas žmogaus judesių dinaminėms ir kinematinėms savybėms nustatyti. Prietaisas pritvirtinamas prie tiriamojo liemens, apjuosus jį diržu. Goniometro-elektromiografo biosensoriai fiksuojami drėgmei atspariu pleistru, uždedami lygiagrečiai kelio sąnariui ant šoninės dalies, vieną galą tvirtinant ant keturgalvio šlaunies raumeninės fascijos, kitą — ant blauzdos raumenų. Nustatant nulines goniometro biosensoriaus reikšmes, tiriamasis atsistodavo ant kontaktinės platformos tiesiomis kojomis.

Subjektyvaus raumenų skausmo vertinimas. Raumenų skausmą tiriamieji vertino 10 balų sistema, tyrėjui pateikus vertinimo lentelę (Skurvydas et al., 2006).

Kreatinkinazės (CK) aktyvumo kraujo serumo nustatymas. Kreatinkinazės aktyvumas buvo nustatomas automatinio biocheminio analizo-

riumi (Spotchem 2 2003, Japonija) tiriamajam iš piršto paėmus kapiliarinio kraujo. Prietaiso matavimo galimybės 50—2000 IU / L (0,83—33,34 μ kat / l).

Tyrimo eiga. Tyrimas atliktas Lietuvos kūno kultūros akademijos Žmogaus motorikos, raumenų fiziologijos laboratorijoje. Pirmą dieną tiriamieji buvo supažindinti su tyrimo protokolu, nustatoma stimuliavimo įtampa. Atlikti du analogiški krūviai, tarp kurių buvo daroma dviejų savaitių pertrauka. Fizinis krūvis — 100 nušokimų (pritupiant 90° kampu) kas 20 s nuo 40 cm pakylės pašokant aukštyn (krūvio metu buvo registruojamas pritūpimo kampas ir šuolio aukštis). Buvo nustatomi šie netiesioginiai raumenų pažeidos rodikliai:

1. Kreatinkinazės aktyvumas kraujo serume — prieš krūvį ir praėjus 24, 48 h po jo.
2. Kontroliniai šuoliai iš fiksuotos padėties (3 bandymai) — prieš krūvį, iškart po jo, praėjus 1, 24, 48 h po krūvio (įskaitomas geriausias šuolio rezultatas).
3. 20 Hz ir 100 Hz elektrostimuliacija ir MVJ matavimai, esant skirtingam raumens ištempimo ilgiui (TR ir IR), prieš krūvį, praėjus 10 min, 1, 24, 48 h po jo.
4. Subjektyvus raumenų skausmas įvertintas praėjus 12, 24 ir 48 h po krūvio.

Prieš kiekvieną fizinį krūvį po kreatinkinazės bei valingos ir nevalingos jėgos matavimo tiriamieji atliko 10 min pramankštą (veloergometrinių krūvį, pulsas 110—150 tv. / min). Šiame straipsnyje pateikti pakartoto krūvio duomenys.

Matematinė statistika. Skaičiavome aritmetinių duomenų vidurki, standartinių nuokrypį. Skirtumų tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas *t* testu porinėms (vertinant vyrų ir moterų nuovargio, atsigavimo rodiklius su reikšmėmis, buvusiomis prieš krūvį) ir nepriklausomoms imtims (vertinant vyrų ir moterų nuovargio rodiklius). Nustatydami, kokios lyties ir laiko sąsajos su registruojamais atsigavimo rodikliais, taikėme dviejų veiksnių dispersinę analizę. Skirtumas tarp aritmetinių vidurkių buvo laikomas reikšmingu, kai paklaida mažesnė nei 5% ($p < 0,05$).

REZULTATAI

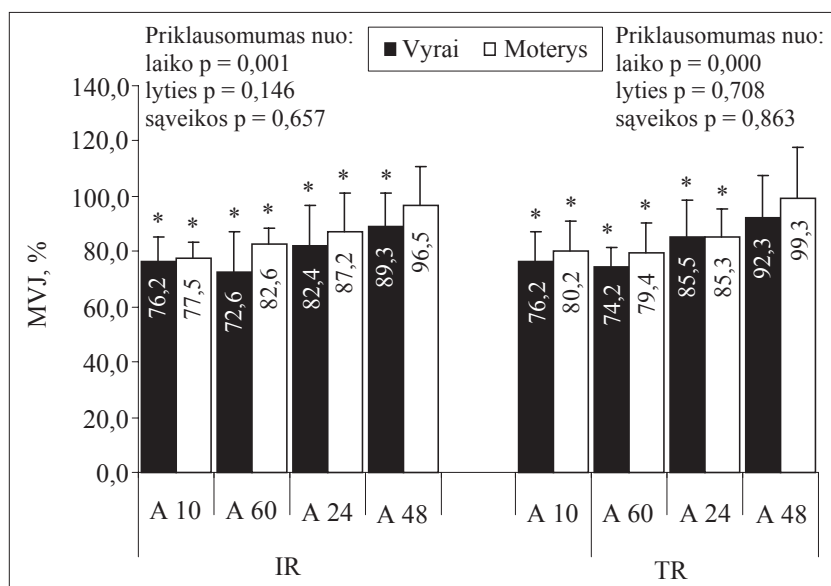
Prieš pakartotą fizinį krūvį tiek šuolio aukščio, tiek maksimaliosios valingos jėgos reikšmės vyrų buvo didesnės ($p < 0,05$) nei moterų (žr. lent.).

Atlikus 100 šuolių, statistiškai reikšmingai sumažėjo abiejų lyčių MVJ, esant IR ir TR (1 pav.), taip pat šuolio aukštis ($p < 0,05$; 2 pav.). Vyrų ir moterų raumenyse pasireiškė mažų dažnių

Lentelė. Vyrų ir moterų pradiniai šuolio aukščio, maksimaliosios valingos jėgos, mažais (P 20) ir dideliais (P 100) stimuliavimo dažniais sukeltos jėgos reikšmės raumeniui esant trumpam (60) ir ilgam (90)

Funkciniai rodikliai	Šuolio aukštis, cm	MVJ (90), N·m	MVJ (60), N·m	P 20 (90), N·m	P 20 (60), N·m	P 100 (90), N·m	P 100 (60), N·m
Vyrai	33,4 ± 4,6	294 ± 56	260 ± 52	129 ± 35	149 ± 42	159 ± 39	221 ± 57
Moterys	24,0 ± 3,5	168 ± 62	151 ± 34	76 ± 18	98 ± 20	96 ± 21	136 ± 23
p	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$

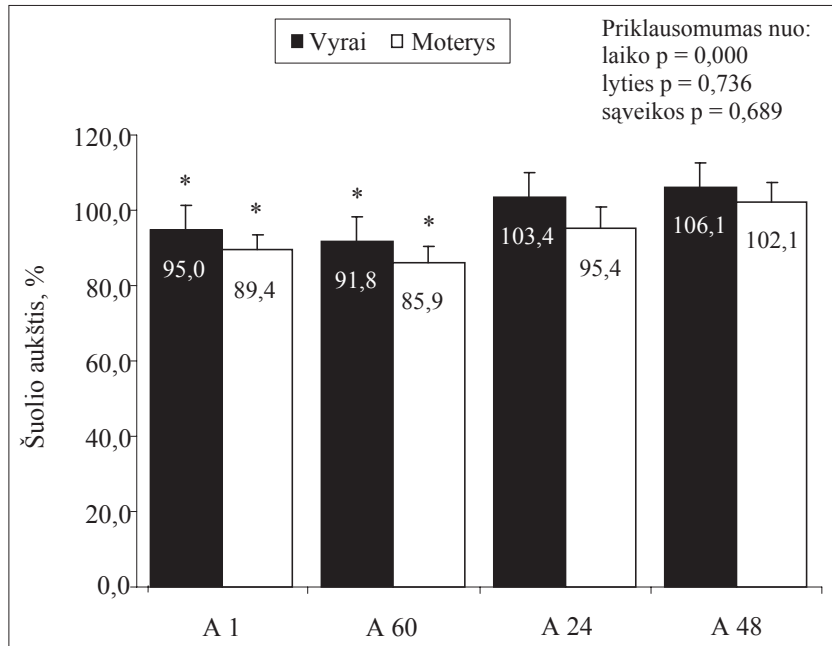
Pastaba. $p < 0,05$ — rodiklių skirtumo patikimumas tarp grupių.



1 pav. Vyrų ir moterų maksimaliosios valingos jėgos kitimas po pakartoto krūvio raumeniui esant ilgam ir trumpam

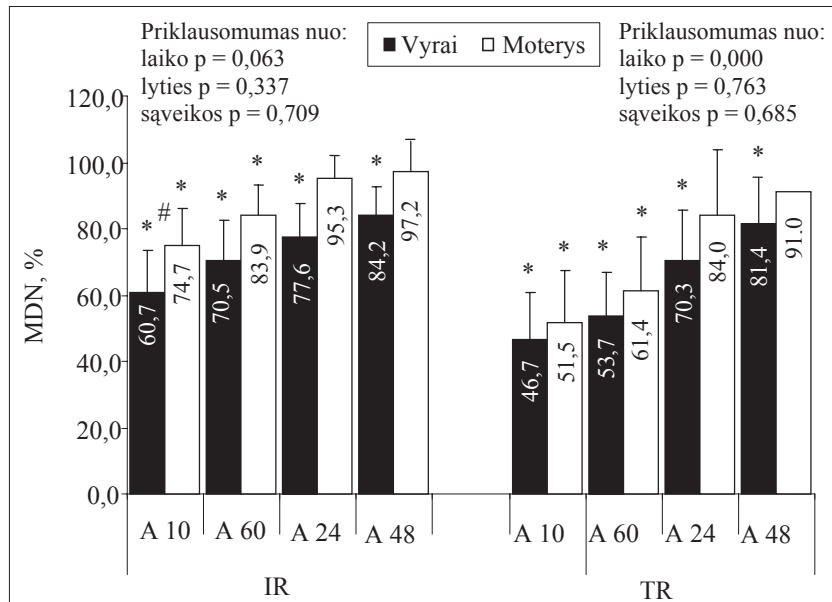
Pastaba. MVJ procentais praėjus 10 min (A 10), 60 min (A 60), 24 (A 24) ir 48 h (A 48) po krūvio; * — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš krūvį.

2 pav. Vyrų ir moterų šuolio aukščio kitimas po pakartoto krūvio



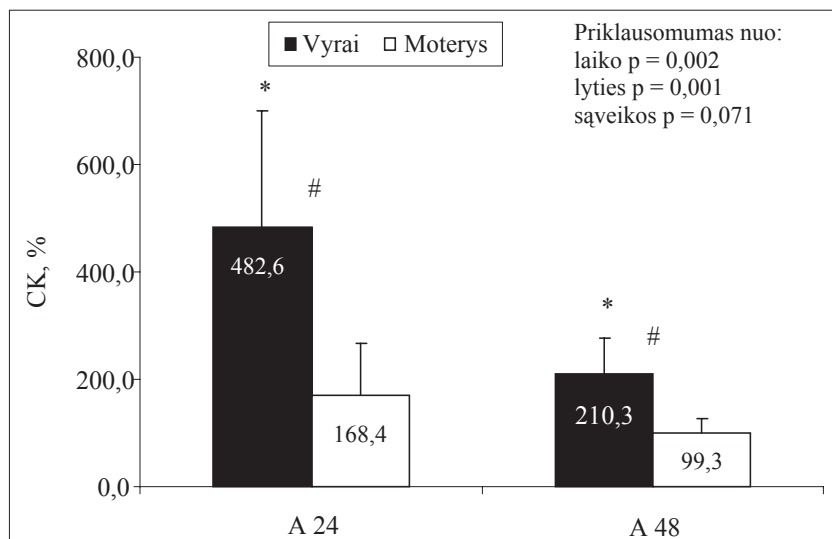
Pastaba. Šuolio aukštis procentais praėjus 1 (A 1), 60 min (A 60), 24 (A 24) ir 48 h (A 48) po krūvio; * — p < 0,05, lyginant su reikšme prieš krūvį.

3 pav. Vyrų ir moterų mažų dažnių nuovargio (P 20 / P 100) kitimas po pakartoto krūvio raumeniui esant ilgam ir trumpam

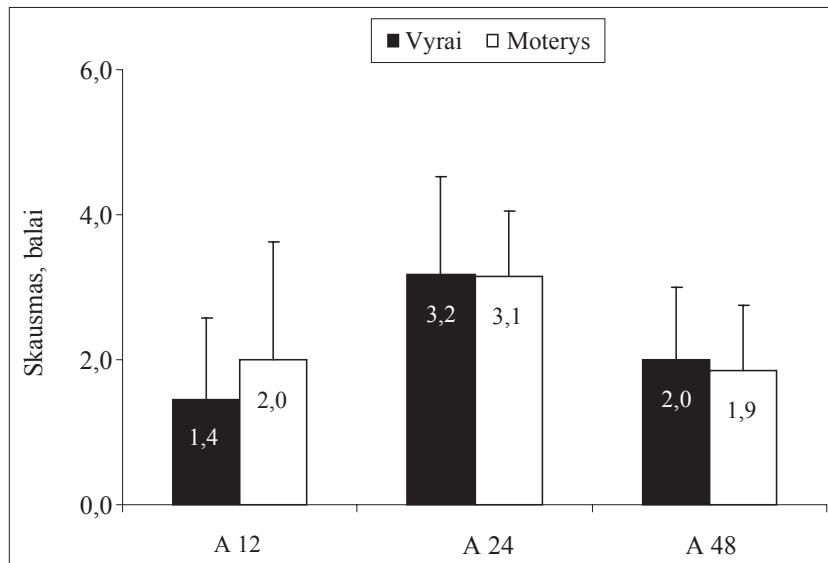


Pastaba. MDN procentais praėjus 10 min (A 10), 60 min (A 60), 24 (A 24) ir 48 h (A 48) po krūvio; * — p < 0,05, lyginant su reikšme prieš krūvį; # — palyginus reikšmes tarp vyrų ir moterų.

4 pav. Vyrų ir moterų kreatinkinazės (CK) aktyvumo kitimas po krūvio

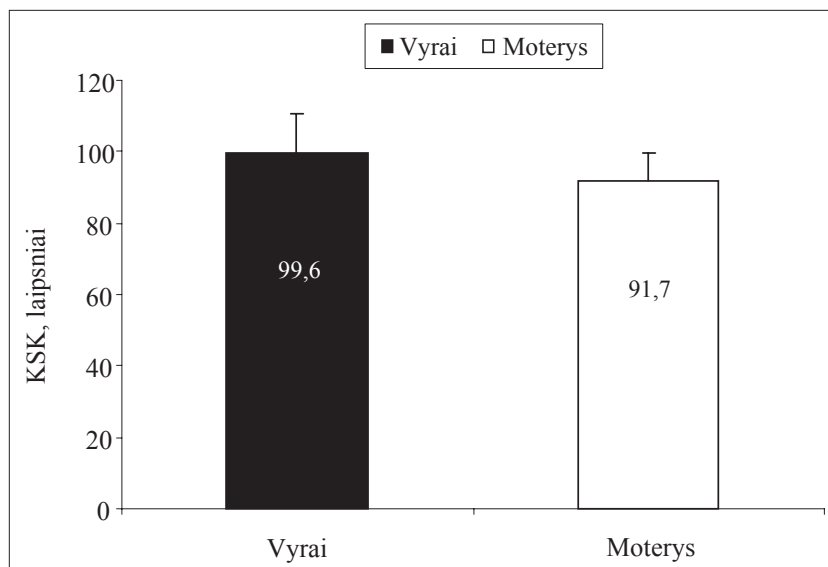


Pastaba. CK aktyvumas procentais praėjus 24 (A 24) ir 48 h (A 48) po krūvio; * — p < 0,05, lyginant su reikšme prieš krūvį; # — palyginus reikšmes tarp vyrų ir moterų.



5 pav. Vyrų ir moterų subjektyvaus raumenų skausmo kitimas po pakartoto krūvio

Pastaba. Raumenų skausmas balais praėjus 12 (A 12), 24 (A 24) ir 48 h (A 48) po krūvio.



6 pav. Vyrų ir moterų kelio sulenkimo kampo vidutinės reikšmės po pakartoto krūvio

(P 20 / P 100) nuovargis ($p < 0,05$; 3 pav.), pastarųjų MDN esant IR buvo mažesnis ($p < 0,05$).

Praėjus 24 ir 48 h po krūvio padidėjo ($p < 0,05$) tik vyrų CK aktyvumas (4 pav.). Raumenų skausmas abiejose tirtose grupėse buvo panašus ($p > 0,05$; 5 pav.).

Dviejų veiksnių dispersinė analizė parodė, kad po pakartoto fizinio krūvio dauguma valingų ir nevalingų raumens susitraukimų jėgos rodiklių (1, 3 pav.), šolio aukštis (2 pav.) atsigavimo metu nepriklausė nuo lyties ($p = 0,146–0,975$), lyties ir laiko sąveikos ($p = 0,550–0,984$), tik CK aktyvumo kitimas priklausė nuo lyties ($p = 0,001$; 4 pav.). Pakartoto krūvio metu vyrų ir moterų KSK statistškai reikšmingai nesiskyrė ($p > 0,05$; 6 pav.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindinė atlikto tyrimo išvada ta, kad po pakartoto krūvio moterų raumenys galbūt atsparesni mažų dažnių nuovargiui, raumeniui esant ilgam (4 pav.), nors valingų ir nevalingų raumenų susitraukimo jėgos rodiklių atsigavimo greičio skirtumų lyties požiūriu neaptikome (1, 3 pav.). Po pakartoto krūvio vyrų CK padidėjo, tuo tarpu moterų šio fermento aktyvumas reikšmingai nepakito (4 pav.). CK pokyčiai, ko gero, daugiau susiję su sarkolemos pralaidumu (Clarkson, Hubal, 2002), tačiau vertinant raumenų pažeidą šio indikatorius informatyvumas menkas (Morgan, Proske, 2004).

Kaip paaiškinti, kodėl moterų raumenys galbūt atsparesni mažų dažnių nuovargiui po pakartoto krūvio? MDN yra vienas raumenų pažeidos

požymių, rodantis elektromechaninio ryšio sutrikimą. Jo pasekmė — sumažėjęs iš sarkoplazminio tinklo išskiriama Ca^{2+} kiekis (Skurvydas, Streckis, 1998; Skurvydas et al., 2007). Tai gali lemti ne tik krūvio metu didėjantis viduląstelinio Ca^{2+} kiekis, bet didesnė laisvųjų radikalų koncentracija, mažinanti ne tik sarkomerų jautrumą Ca^{2+} (Warren et al., 2002; Moopanar, Allen, 2005), bet ir sarkolemos vientisumo galimybes. Dauguma raumenų pažeidos tyrimų lyties požiūriu rodo silpnesnę moterų raumenų atsaką (Roth et al., 2001; Kendal, Eston, 2002). Pasak kai kurių autorių, funkcinį pažeidos ypatumų estrogenai nelemia (Kendal, Eston, 2002), tačiau kartojant panašų krūvį, sarkomerai atsparesni mechaniniam raumenų ištempimui (Clarkson, Hubal, 2002; McHugh, 2003). Tikėtina, kad mechaninių pažeidos priežasčių (Proske, Morgan, 2001; Byrne et al., 2004; Morgan, Proske, 2004) pakartoto krūvio metu turėtų būti mažiau, turėtų ne taip nuvargti ir raumenų nervų sistema. Histologiniai tyrimai atskleidžia, kad po pakartotų pratybų nei vyrų, nei moterų reikšmingo Z disko pakitimo, lyginant su pirmomis abiejų lyčių pratybomis, nėra (Stupka et al., 2001). Be to, po pakartoto krūvio būna mažesnė ir oksidacinė pažeida (Nikolaidis et al., 2007). Vadinasi, moteriškų hormonų poveikis akivaizdus atliekant funkcinis (pvz., MDN) tyrimus. Abiejų tirtų grupių kelio sulenkimo kampas, atliekant krūvį, reikšmingai nesiskyrė (2 pav.). Taigi vyrų ir moterų raumenų ištempimo amplitudė, lemianti pažeidos dydį (McHugh, Pasiakos, 2004; Nosaka et al., 2005), abiejų lyčių buvo panaši.

Moteriškasis hormonas estradiolis, turintis antioksidacinio ir antiuždegiminio poveikio (Kendal, Eston, 2002), gali stabilizuoti raumens membraną (Tiidus, 2005). Viena iš metabolinių veiksnių grupių, taip pat lemianti pažeidą, susijusi su ROS ir gali sugriauti membranines raumens struktūras. Estradiolis, veikdamas viduląstelinėje erdvėje ir stabilizuodamas raumens membraną, ko gero, apsaugo nuo šio poveikio (Kendal, Eston, 2002). Kuo daugiau krūvio metu suvartojama deguonies, tuo pažeida labiau lokalizuojasi aplink raumeninę skaidulą (Smith et al., 2007). Mūsų taikyto fizinio krūvio trukmė — 33 min. Nors deguonies suvartojimo ir nematavome, tačiau

neturėtų kilti abejonių dėl didesnio ROS poveikio raumenų pažeidai.

Kita moteriškų hormonų veikimo kryptis — neutrofilų ir makrofagų invazijos, sukeliančios antrinę pažeidą (Kendal, Eston, 2002; Clarkson, Hubal, 2002) — uždegimą, slopinimą. Abiejų lyčių subjektyvus raumenų skausmas po pakartoto krūvio buvo panašus. Subjektyvus raumenų skausmas priklauso nuo histamino, prostaglandino ir bradikinino poveikio trečiam ir ketvirtam aferentui (Clarkson, Hubal, 2002; Byrne et al., 2004), todėl negalime įvertinti pamatinių uždegimo rodiklių — neutrofilų ir makrofagų (Butterfield et al., 2006; Lockhart, Brooks, 2008) poveikio minėtų medžiagų išskyrimo dydžiui, nors ląsteliniai uždegimo indeksai ryškesni vyrų raumenyse (Stupka et al., 2000). Atsiranda neaiškumų dar ir dėl to, kad moterų skausmo slenkstis priklauso nuo menstruacinio ciklo fazės (Kendal, Eston, 2002). Nors MVJ vienas informatyviausių motorinės sistemos nuovargio diagnostikos rodiklių (Clarkson, Hubal, 2002), skirtumo tarp lyčių po pakartotų pratybų nerodo, tik moterų MVJ pradinės reikšmės pasiekė anksčiau nei vyrų (1 pav.), o minėtą rodiklį veikia ir MDN (Warren et al., 2002).

Praktinė reikšmė. Raumenų pažeidos nuovargio tyrimai lyties požiūriu sporto fiziologams svarbūs, nes jie padėtų atsakyti į klausimą, ar reikia modeliuojant fizinius krūvius, susijusius su mechaniniu raumenų susitraukimo jėgos ir greičio augimu, paisyti lyties faktorius. Panašu, kad kai kurie metabolizmo ypatumai visgi veikia vyrų ir moterų motorinės sistemos adaptacijos specifiką.

IŠVADOS

1. Pakartojus raumenų pažeidą sukeltantį fizinį krūvį, moterų raumenyse pasireiškia mažesnis mažų dažnių nuovargis, kai raumuo ilgas.
2. Po pakartoto krūvio moterų kreatinkinazės aktyvumas mažesnis nei vyrų.
3. Vyrų ir moterų subjektyvus raumenų skausmas ir motorinės sistemos atsigavimo greitis po pakartoto krūvio yra panašus.

LITERATŪRA

- Butterfield, T. A., Best, T. M., Merrick, M. A. (2006). The dual roles of neutrophils and macrophages in inflammation: A critical balance between tissue damage and repair. *Journal of Athletic Training*, 41 (4), 457—465.
- Byrne, Ch., Twist, C., Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 34 (1), 49—69.
- Chen, T. C. (2003). Effects of a second bout of maximal eccentric exercise on muscle damage and electromyographic activity. *European Journal Applied Physiology*, 89 (2), 115—121.
- Clarkson, P. M., Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physiological Medicine and Rehabilitation*, 81, 52—69.
- Cleary, M. A., Kimura, I. F., Sitler, M. R. et al. (2002). Temporal pattern of the repeated bout effect of eccentric exercise on delayed-onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 37 (1), 32—36.
- Kamandulis, S., Skurvydas, A., Brazaitis, M. (2004 a). Pakartoto krūvio efektas, esant skirtingam keturgalvio šlaunies raumens ilgiui. *Sporto mokslas*, 3, 47—51.
- Kamandulis, S., Skurvydas, A., Jansonienė, A. J. (2004 b). Ar pakartoto krūvio efektas priklauso nuo raumens susitraukimo ilgio. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (52), 22—28.
- Kendal, B., Eston, R. (2002). Exercise-induced muscle damage and potential protective role of estrogen. *Sports Medicine*, 32 (2), 103—123.
- Lockhart, N. C., Brooks, S. V. (2008). Neutrophil accumulation contributes to adaptations that reduce contraction-induced skeletal muscle injury in mice. *Journal of Applied Physiology*, 104 (4), 1109—1115.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G. et al. (2001). Electromyographic analysis of repeated bouts of eccentric exercise. *Journal of Sports Science*, 19 (3), 163—170.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G. et al. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Medicine*, 27 (3), 157—170.
- McHugh, M. P., Pasiakos, S. (2004). The role of exercising muscle length in the protective adaptation to a single bout of eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 93 (3), 286—93.
- McHugh, M. P. (2003) Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: The protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13 (2), 88—97.
- McHugh, M. P., Tetro, D. T. (2003). Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *Journal of Sport Sciences*, 21, 927—932.
- Moopanar, T. R., Allen, D. G. (2005). Reactive oxygen species reduce myofibrillar Ca^{2+} sensitivity in fatiguing mouse skeletal muscle at 37°C. *Journal of Physiology*, 564 (1), 189—199.
- Morgan, D. L., Proske, U. (2004). Popping sarcomere hypothesis explains stretch induced muscle damage. *Proceedings of Australian Physiological and Pharmacological Society*, 34, 19—23.
- Nikolaidis, M. G., Paschalis, V., Giakas, G. et al. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (7), 1080—1089.
- Nosaka, K., Newton, M. J., Sacco, P. et al. (2005). Partial protection against muscle damage by eccentric actions at shorts muscle lengths. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (5), 746—753.
- 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.
- Roth, S., Gajdosik, R., Ruby, B. (2001). Effects of estradiol on exercise-induced creatine kinase activity. *Journal of Exercise Physiology*, 4 (2), 10—17.
- Skurvydas, A., Mamkus, G., Dudonienė, V. et al. (2007). The time-course of voluntary and electrically evoked muscle performance during and after stretch-shortening exercise is different. *Journal of Sport Science and Medicine*, 6, 408—416.
- Skurvydas, A., Streckis, V., Mickeviciene, D. et al. (2006). Effect of age on metabolic fatigue and on indirect symptoms of skeletal muscle damage after stretch-shortening exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46, 431—441.
- Skurvydas, A., Streckis, V. (1998). Vaikų raumenų mažų dažnių nuovargis atliekant ekscentrinis-koncentrinis fizinius pratimus. *Medicina*. 34 (10), 1011—1017.
- Smith, L. L., Semple, S. J., McKune, A. J. et al. (2007). Changes in neutrophil count, creatine kinase and muscle soreness after repeated bouts of downhill running. *SAJSM*, 19 (3), 86—93.
- Streckis, V., Skurvydas, A., Ratkevicius, A. (2007). Children are more susceptible to central fatigue than adults. *Muscle Nerve*, 36 (3), 357—363.
- Stupka, N., Lowther, S., Chorneyko, K. et al. (2000). Gender differences in muscle inflammation after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 89, 2321—2332.
- Stupka, N., Tarnopolsky, M. A., Yardley, M. et al. (2001). Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1669—1678.
- Tiidus, P. M. (2005). Can oestrogen influence skeletal muscle damage, inflammation, and repair? (pp. 251—253). Prieiga internetu: www.bjsportmed.com.
- Warren, G. L., Hermann, K. M., Ingalls, C. P. et al. (2000). Decreased EMG frequency during a second bout of eccentric contractions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (4), 820—829.
- Warren, G. L., Ingalls, C. P., Lowe, D. A. et al. (2002). What mechanisms contribute to the strength loss that occurs during and in the recovery from skeletal muscle injury. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 2 (32), 58—64.

DOES THE REPEATED BOUT EFFECT OF EXERCISE EVOKE SIMILAR CHANGES IN THE MOTOR SYSTEM OF MEN AND WOMEN?

Giedrius Gorianovas¹, Vytautas Streckis¹, Albertas Skurvydas¹, Julija Andrejeva¹, Irena Vitkienė¹, Šarūnas Sakalauskas²

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Mykolas Romeris University², Vilnius, Lithuania

ABSTRACT

The aims of the research was to assess if there was a sex dependence in muscle and nerve fatigue after maximal intensity repeated eccentric and concentric physical workload.

Research group consisted of healthy, physically active 21 ± 2 year-old men ($n = 9$, height 182 ± 6 cm, weight 82.6 ± 10 kg) and 22 ± 4 year-old women ($n = 9$, height 167 ± 5 cm, weight 62.6 ± 5 kg) who voluntarily agreed to participate in the study.

The methods of the research — indirect muscle damage indexes were assessed: before the workload and 10, 60 min, 24 and 48 hours after it — voluntary muscle contraction (MVC) and involuntary (evoked by 20 and 100 Hz electro stimulation) quadriceps muscle power during long-term (LL) and short-term (SL) muscle stretch length (when the knee flexion angle was 90° and 60°), low frequency fatigue (LFF) by 20 / 100 Hz ratio was assessed; jump height (h) — from a fixed starting position; the same indexes were assessed before the workload, 24 and 48 hours after the workload creatinkinase activity was assessed; and 12, 24 and 48 hours after the workload subjective muscle soreness was assessed. The physical workload applied was 100 jumps every 20 s, jumping from 40 cm height platform and squatting at 90° angles, then skipping at maximally possible height. Knee flexion angle (KFA) was assessed during the workload. All the subjects performed two bouts. The rest time between the physical workload was two weeks. Data of the repeated bout were given as well.

After the repeated bout men and women's fatigue indexes did not show a statistically significant difference ($p > 0.05$): comparing with the onset indexes at LL men's MVC was $76.2 \pm 9.3\%$, SL reached $76.2 \pm 11.1\%$, women's — $77.4 \pm 5.9\%$ and $80.2 \pm 11.0\%$ respectively; the jump height — for men it was $94.4 \pm 5.6\%$, for women — $89.4 \pm 4.0\%$; but LFF was different, after the repeated bout women had lower LFF during LL ($p < 0.05$). Moreover, after the repeated bout we established blood creatinkinase increase only in men ($p < 0.05$). Subjective evaluation of men and women's muscle soreness was similar ($p > 0.05$). Voluntary and involuntary muscle contraction power changes during the recovery period were not dependant on sex ($p > 0.05$).

After the maximal intensity eccentric and concentric repeated bout women demonstrate low frequency fatigue at long muscle length; after the maximal intensity eccentric and concentric repeated bout women had lower creatinkinase activity; recovery dynamics after the maximal intensity repeated bout did not significantly vary between men and women.

Keywords: sex, repeated bout, fatigue and recovery.

Gauta 2009 m. lapkričio 11 d.
Received on November 11, 2009

Priimta 2010 m. Vasario 4 d.
Accepted on February 4, 2010

Giedrius Gorianovas
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 685 49283
E-mail giegorster@gmail.com