

KONCENTRINIŲ PRATIMŲ POVEIKIS RAUMENŲ NUOVARGIUI IR PAŽEIDAI PRIKLAUSOMAI NUO RAUMENŲ TEMPERATŪROS IR TIRIAMOJO LYTIES

Irina Ramanauskienė^{1,2}, Albertas Skurvydas¹, Saulė Sipavičienė¹, Dalia Mickevičienė¹, Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Vitas Linonis²

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas², Kaunas, Lietuva

Irina Ramanauskienė. Biomedicinos mokslų daktarė. Kauno technologijos universiteto Kūno kultūros ir sporto centro, Kūno kultūros katedros lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: šildymo ir šaldymo poveikis raumenų nuovargiui bei atsigavimui priklausomai nuo lyties ir raumens susitraukimo greičio.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti koncentrinį pratimų poveikį raumenų nuovargiui ir pažeidai priklausomai nuo raumenų temperatūros ir tiriamojo lyties. Tiriamųjų kontingentą sudarė 19–23 metų moterys ($n = 10$) (ūgis — $166,4 \pm 5,6$ cm; kūno svoris — $56,2 \pm 6,1$ kg; riebalų masė — 17% (10,7 rieb. masė / kg) ir vyrai ($n = 10$) (ūgis — $177,8 \pm 5,8$ cm; kūno svoris — $78,2 \pm 6,1$ kg; riebalų masė — 7,5% (5,6 rieb. masė / kg), atrinkti atsitiktinės atrankos metodu. Tiriamieji testuoti izokinetiniu dinamometru „Biodex Medical System PRO 3“. Registruotas maksimaliosios jėgos momentas (MJM). Buvo atliekami kontroliniai matavimai (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu $180^\circ / s$ greičiu) prieš krūvį, praėjus 10, 30, 60 min ir 24 h po jo. Koncentrinis krūvis — 50 blauzdos tiesimų ir lenkimų $180^\circ / s$ greičiu, kai raumenys įprastinės temperatūros (ITR), pašildyti (tiriamieji 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ C$ (Sargeant, 1987) ir pašaldyti (tiriamieji du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) panardindavo kojas į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra — $15 \pm 1^\circ C$ (Eston, Peters, 1999). Tarp tyrimų buvo daroma ne mažesnė kaip mėnesio pertrauka. Vidinė raumenų temperatūra (pradinė ir iš karto po raumenų pašildymo bei pašaldymo, po koncentrinio krūvio) buvo matuojama adatiniumi termometru. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume nustatytas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo. Raumenų skausmas subjektyviai vertinamas balais po krūvio praėjus 24 h.

Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume, praėjus 24 h po koncentrinio krūvio, reikšmingai padidėjo ir vyrų, ir moterų, palyginti su kontroline reikšme ($p < 0,05$), kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Nustatyta, kad moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi, kai raumuo ITR ir pašaldytas, vyrų — ITR ir pašildytas ($p < 0,05$). Lyginant vyrų ir moterų CK aktyvumo kraujo serume įprastinės temperatūros raumenų reikšmes, praėjus 24 h po krūvio, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ($p < 0,05$).

Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš koncentrinį krūvį sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą — kreatinkinazės kiekį kraujyje praėjus 24 h po krūvio, tačiau raumenų skausmo temperatūra nepakeitė. Pasyvus šildymas ir šaldymas nepakeitė nei vyrų, nei moterų raumenų nuovargio, atliekant koncentrinis pratimus vidutiniu greičiu.

Raktažodžiai: blauzdos tiesiamieji ir lenkiamieji raumenys, raumenų pasyvus šildymas ir šaldymas, lytis.

ĮVADAS

Neįprasti pratimai, labai intensyvios sporto pratybos arba padidėjęs treniruotės krūvis dažnai skatina uždelstą raumenų skausmo atsiradimą ir sukelia raumenų pažeidą (Nosaka et al., 2002; Byrne et al., 2004). Ypač dažnai tai nutinka atliekant ekscentrinis pratimus, kurių metu raumenys po įsitempimo pailgėja (Ratkevicius et al., 1998; Skurvydas et al., 2000; Sayers, Clarkson, 2003). Manoma, kad ekscentrinis susitraukimų metu aktyvinamas mažesnis motoneuronų kiekis,

negu atliekant to paties galingumo koncentrinis susitraukimus, todėl pažeida yra didesnė (Enoka, 1996). Koncentrinis krūvis mažina raumenų atsparumą ekscentrinis krūvių sukeliama pažeidai (Gleeson et al., 2003). Z. Zainuddin ir kt. (2006) atliko du ekperimentus, stebėdami kreatinkinazės kiekį kraujyje septynias dienas po ekscentrinio (60 alkūnės lenkiamųjų judesių) (pirmas ekperimentas) ir po koncentrinio (600 alkūnės lenkiamųjų ir tiesiamųjų judesių) krūvio (antras ekperimentas).

Mokslininkai norėjo patvirtinti hipotezę, kad atlikus koncentrinę krūvį, palyginti su ekscentrinium, sumažės raumenų skausmas ir raumuo greičiau atsigaus po pažeidos, tačiau padarė išvadą, kad po koncentrinio krūvio raumenų skausmas buvo mažesnis, palyginti su ekscentrinium, o raumuo greičiau neatsigavo (Zainuddin et al., 2006).

Ištvermė gali pablogėti dėl aukštos aplinkos temperatūros (Galloway and Moughan, 1997), taip pat ji priklauso nuo kūno temperatūros krūvio pradžioje (Booth et al., 1997). Pasak M. A. Febbraio (2000), padidėjusi raumenų temperatūra susilpnina griaučių raumenų veiklą, medžiagų apykaitą, ir tai sukelia nuovargį. Po ekscentrinų pratimų raumenų skausmą lydi ne tik raumenų sustingimas, skausmas judesio metu, jautrumas bei patinimas, bet ir jėgos mažėjimas (Sayers et al., 2000; Clarkson, Hubal, 2002). Jėgos sumažėjimas yra vienas informatyviausių raumenų pažeidos kriterijų (Warren et al., 1999).

Mažėjant audinių temperatūrai, mažėja nervų laidumo greitis ir raumeninių verpsčių aktyvumas. Tai susiję su tempimo reflekso reakcija ir raumenų spazmais, kurie sumažina skausmo, spazmų ciklą ir patį skausmą (Meeusen and Lievens, 1986). W. E. Prentice (1982) tyrė, kaip šildymas, šaldymas ir tempimo pratimai mažina raumenų pažeidos rodiklius. Mokslininkai tvirtina, kad šaldymo ir tempimo derinys buvo daug veiksmingesnis negu raumenų šildymas. Tiriant gyvūnėlius nustatyta, kad patelės yra atsparesnės pažeidai nei patinai. Žmogaus raumenų atsparumas pažeidai nepriklauso nuo lyties (Clarkson, Hubal, 2002). Todėl šio **tyrimo tikslas** — nustatyti koncentrinų pratimų poveikį raumenų nuovargiui ir pažeidai priklausomai nuo raumenų temperatūros ir tiriamojo lyties.

TYRIMO METODAI

Tiriamųjų kontingentą sudarė 19–23 metų moterys ($n = 10$) (ūgis — $166,4 \pm 5,6$ cm; kūno svoris — $56,2 \pm 6,1$ kg; riebalų masė — 17% ($10,7$ riebalų masė / kg) ir vyrai ($n = 10$) (ūgis — $177,8 \pm 5,8$ cm; kūno svoris — $78,2 \pm 6,1$ kg; riebalų masė — 7,5% ($5,6$ riebalų masė / kg). Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos. Tyrimo protokolai aprobuoti KMU bioetikos komisijoje (Protokolo Nr. P1-80 / 2004).

Prieš kiekvieną eksperimentą moterys buvo klausiamos, kokia tuo metu jų menstruacinio ciklo fazė. Tyrimai atliekami prieš savaitę iki menstruacinio ciklo pradžios arba praėjus savaitei nuo jo

pradžios. Anot X. A. K. Janse de Jonge (2003), atliekant fizinę krūvį, raumenų jėgos kaita priklauso nuo menstruacinio ciklo fazių. Folikulinė (*proliferacijos*) ir liuteininė (*sekrecinė*) fazė raumenų jėgos neveikia, jėgos kaita pasireiškia menstruacinės fazės metu. Tyrimai atlikti esant folikulinei (*proliferacijos*) arba liuteininei (*sekrecinei*) fazei.

Blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų savybių testavimas. Tiriamieji buvo testuojami „Biodex Medical System PRO 3“ (sertifikuota ISO 9001 EN 46001) — žmogaus raumenų testavimo ir reabilitacijos aparatūra. Prie dinamometro pritvirtinamas papildomas blauzdos įtaisas. Nustatyta kelio anatominė sąnario ašis. Tiriamasis apjuostas pečių, liemens, šlaunies diržais. Blauzda sutvirtinama diržu ir susegama sagtimi apatiniam trečdalyje virš kulnakaolio gumburo, koja fiksuojama per kelio sąnarių 90° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota $72 \pm 5^\circ$ kampu (gravitacinės sunkio jėgos momentu). Valdymo skyde pasirenkamas izokinetinis režimas ir koncentrinis susitraukimo tipas. Registruotas maksimaliosios jėgos momentas.

Raumenų pasyvaus šildymo metodika. Tiriamieji sėdėdami ištiestas kojas 45 min laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$, kambario temperatūra $20\text{--}22^\circ\text{C}$. Vandens į vonia buvo pripilama tiek, kad šlaunys būtų visiškai panardintos vandenyje. Šildymo pabaigoje raumenų temperatūra 3 cm gylyje padidėjo $\sim 2,7^\circ\text{C}$ (Sargeant, 1987; Ramanauskienė ir kt., 2006 b). Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos — oro termometru.

Raumenų šaldymo metodika. Tiriamieji kojas du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) panardindavo į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra — $15 \pm 1^\circ\text{C}$ (Eston, Peters, 1999). Keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje sumažėjo iki $32,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$ (prieš šaldymą buvo $36,8 \pm 0,2^\circ\text{C}$) (Ramanauskienė ir kt., 2006 b).

Vidinės raumenų temperatūros matavimo metodika. Vidinė raumenų temperatūra (pradinė ir iš karto po raumens pašildymo, pašaldymo) buvo matuojama adatiniu termometru (*Ellab A / S, tipas DM 852, Danija*). Dūrio vieta dezinfekuojama 5% spiritiniu jodo tirpalu. Įduriama į šoninio plačiojo šlaunies raumens (*vastus lateralis*) vidurinę trečdalį (3 cm gilumu), šone nuo šlaunikaulio. Adatinis termometras po kiekvieno panaudojimo sterilizuojamas autoklave (gamintojas: *M.O.COM Via delle Azlee 1, 20090 Buccinaso, Italija*). Sterilizacijos proceso laikas — 30 min, temperatūra — 121°C .

Kreatinkinazės aktyvumo kraujo serume nustatymas. CK aktyvumas kraujo serume buvo

vertinamas 1 h prieš koncentrinį krūvį ir praėjus 24 h po jo (Clarkson, Sayers, 1998). Norint įvertinti CK aktyvumą kraujo serume, iš tiriamųjų rankos venos buvo imamas kraujas (apie 5 ml). Mėginio analizavimo procedūra atlikta Kauno medicinos universiteto klinikų Biochemijos laboratorijoje. Analizė atlikta automatinio biocheminiu analizatoriumi „Monarch“ (gaminiojas — *Instrumentation Laboratory SpA, JAV ir Italija*).

Raumenų skausmo vertinimo metodika. Pagal raumenų skausmą buvo nustatomas raumenų pažeidos dydis (Clarkson, Newham, 1995). Raumenų skausmas subjektyviai vertinamas balais (nuo 0 iki 10: visai nejautė skausmo — 0; jautė nemalonų pojūtį — 3; jautė skausmą — 5; jautė didelį skausmą — 8; jautė didžiulį skausmą, neleidžiantį vaikščioti, — 10) po krūvio praėjus 24 h.

Tyrimo eiga. Iš viso atlikti trys eksperimentai — kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Tarp tyrimų daryta ne mažesnė kaip mėnesio pertrauka. Eksperimentai vienas nuo kito skyrėsi tik tuo, kad antro metu tiriamųjų, atliekančių izokinetinio krūvio testą, raumenų temperatūra buvo padidinta iki $39,5 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$, trečio — sumažinta iki $32,5 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Visų eksperimentų eiga (kai raumuo buvo ĮTR, pašildytas ir pašaldytas) ta pati. Tiriamieji prieš kiekvieną eksperimentą buvo supažindinami su jo eiga ir mokomi atlikti pratimą. Kambario temperatūra viso tyrimo metu buvo pastovi ($20\text{--}22^{\circ}\text{C}$). Prieš šildymą ir šaldymą adatinium termometru buvo matuojama (kontrolinė) vidinė raumenų temperatūra. Registruojant blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų rodiklius, buvo atlieka-

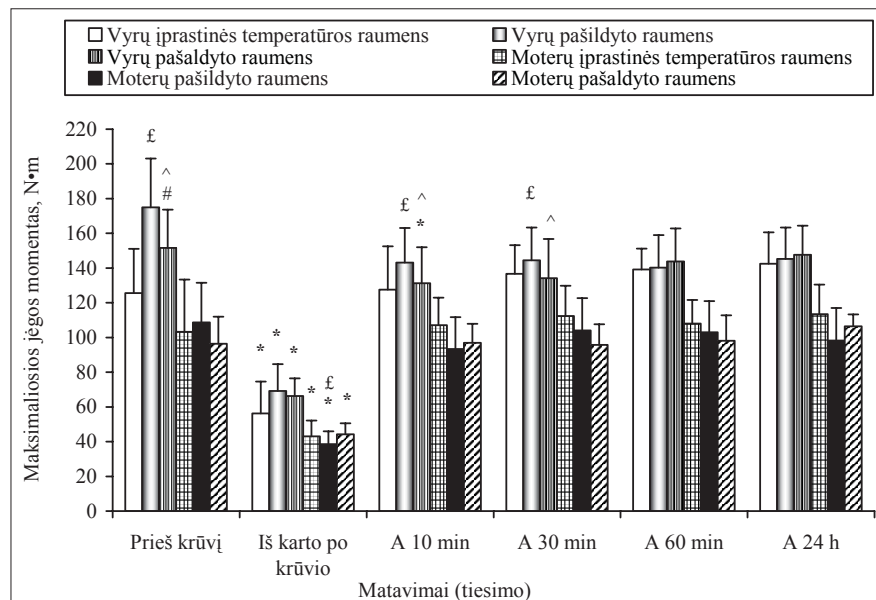
mas kontrolinis matavimas prieš krūvį (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu) ir praėjus 10, 30, 60 min ir 24 h po jo. Poilsis tarp matavimų, esant skirtingam kampiniam greičiui, — 60 s. Koncentrinis krūvis — 50 blauzdos tiesimų ir lenkimų 180° / s greičiu. Vidinės raumenų temperatūros matavimo procedūra pakartotinai atlikta iš karto po raumenų šildymo, šaldymo ir po koncentrinio krūvio. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume nustatomas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo. Raumenų skausmas subjektyviai vertinamas balais po krūvio praėjus 24 h.

Statistiniai skaičiavimai. Tyrimo duomenys išanalizuoti aprašomosios ir sudėtingesnės statistinės analizės metodais, naudojant programinius *Microsoft® Excel 2003* ir *SPSS* paketus. Skirtumo tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal dvipusį nepriklausomų imčių Stjudento *t* kriterijų. Lyčių, skirtingos temperatūros vidurkių skirtumo statistiniam reikšmingumui įvertinti naudotas dviejų, trijų ir keturių veiksnių dispersinės analizės modelis. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$.

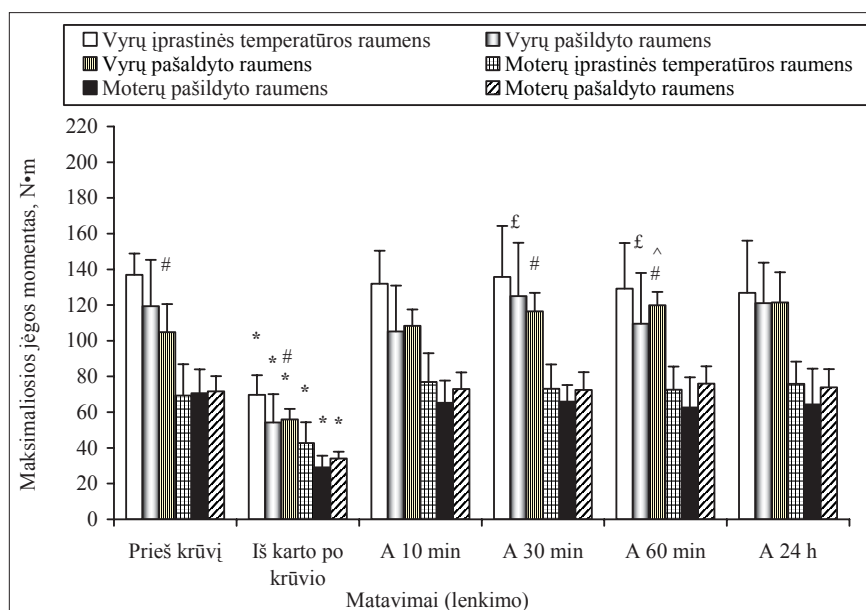
REZULTATAI

Vyrų ir moterų blauzdos tiesiamųjų (1 pav.) ir lenkiamųjų (2 pav.) raumenų MJM iš karto po krūvio (50-o susitraukimo metu) statistiškai patikimai sumažėjo, palyginti su kontroline reikšme (prieš krūvį) ($p < 0,05$). Praėjus 10 ir 30 min po koncentrinio krūvio, nustatytas reikšmingas ĮTR ir pašildytų, pašildytų ir pašaldytų vyrų blauzdos tiesiamųjų (1 pav.) raumenų jėgos pokyčio skirtumas ($p < 0,05$). Blauzdos lenkiamųjų (2 pav.) raumenų

1 pav. Vyrų ir moterų maksimaliosios jėgos momento ($N \cdot m$) rodiklių kaita tiesiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu

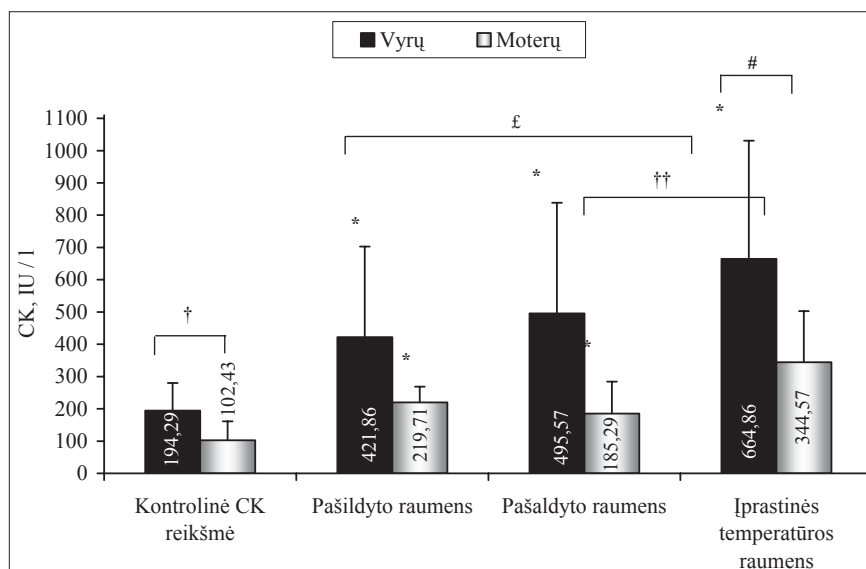


Pastaba. * — $p < 0,05$ — maksimaliosios jėgos momento rodiklis reikšmingai pakito, palyginti su kontroline reikšme; # — $p < 0,05$ — įprastinės temperatūros ir pašaldytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ^ — $p < 0,05$ — pašaldytų ir pašildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; £ — $p < 0,05$ — įprastinės temperatūros ir pašildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.



2 pav. Vyrų ir moterų maksimaliosios jėgos momento (N·m) rodiklių kaita lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu

Pastaba. * — $p < 0,05$ — maksimaliosios jėgos momento rodiklis reikšmingai pakito, palyginti su kontroline reikšme; # — $p < 0,05$ — įprastinės temperatūros ir pašildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ^ — $p < 0,05$ — pašildytų ir pašaldytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; £ — $p < 0,05$ — įprastinės temperatūros ir pašildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.



3 pav. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume 1 h prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo

Pastaba. * — $p < 0,05$ — CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi nuo kontrolinės reikšmės; † — $p < 0,05$ — vyrų ir moterų kontrolinės CK aktyvumo kraujo serume reikšmės reikšmingai skiriasi; # — $p < 0,05$ — vyrų ir moterų ĮTR raumenų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi praėjus 24 h po krūvio; £ — $p < 0,05$ — vyrų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi, kai raumenys ĮTR ir pašildyti; †† — $p < 0,05$ — moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi, kai raumenys ĮTR ir pašaldyti.

jėgos reikšmingas skirtumas nustatytas praėjus 30 ir 60 min po krūvio, kai raumenys buvo ĮTR ir pašildyti, o vyrų — ĮTR ir pašaldyti ($p < 0,05$). Praėjus 24 h po krūvio, reikšmingo skirtumo nenustatyta ($p > 0,05$) (1, 2 pav.).

Testavimo metu aptikta, kad moterų maksimaliosios jėgos momento nuovargio indeksas (NI), tiesiant ($p = 0,004$) ir lenkiant ($p = 0,016$) koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu, priklauso nuo laiko. Nustatyta reikšminga sąveika tarp: laiko, temperatūros ir raumenų atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ($p = 0,018$); laiko, temperatūros ir lyties ($p = 0,000$); temperatūros, raumenų atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ir lyties ($p = 0,002$) (žr. lent.). Vyrų maksimaliosios jėgos momento nuovargio indeksas, tiesiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu, priklauso nuo laiko ($p = 0,041$) ir temperatūros ($p = 0,004$). Nustatyta reikšminga laiko ir tem-

peratūros sąveika ($p = 0,017$). Lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 180° / s greičiu, NI priklauso nuo laiko ($p = 0,022$). Tarp laiko ir temperatūros ($p = 0,002$), tarp laiko, temperatūros ir raumenų atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ($p = 0,000$) nustatyta reikšminga sąveika (žr. lent.).

Tiek vyrų, tiek moterų kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume, praėjus 24 h po koncentrinio krūvio, reikšmingai padidėjo, palyginti su kontroline reikšme ($p < 0,05$), kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Nustatyta, kad moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi, kai raumenys ĮTR ir pašaldyti, vyrų — ĮTR ir pašildyti ($p < 0,05$). Lyginant vyrų ir moterų CK aktyvumo kraujo serume įprastinės temperatūros raumens reikšmes, praėjus 24 h po krūvio, nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas ($p < 0,05$) (3 pav.).

Lentelė. Maksimaliosios jėgos momento nuovargio indekso dispersinė analizė

Rodikliai	Kojos tiesimo	Kojos lenkimo	Kojos tiesimo	Kojos lenkimo
	Vyru		Moterų	
Priklausomumas nuo:				
<i>Laiko:</i>	p = 0,0041	p = 0,022	p = 0,004	p = 0,016
Temperatūros	p = 0,004	p = 0,339	p = 0,445	p = 0,023
Sąveika (laikas—temperatūra)	p = 0,017	p = 0,002	p = 0,581	p = 0,675
Raumenų atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo)	p = 0,696		p = 0,149	
Sąveika (laikas—raumenų atliekamas darbas)	p = 0,086		p = 0,030	
Sąveika (temperatūra—raumenų atliekamas darbas)	p = 0,003		p = 0,018	
Sąveika (laikas—temperatūra—raumenų atliekamas darbas)	p = 0,000		p = 0,727	
<i>Lyties:</i>	p = 0,021			
Sąveika (laikas—lytis)	p = 0,380			
Sąveika (temperatūra—lytis)	p = 0,013			
Sąveika (raumenų atliekamas darbas—lytis)	p = 0,306			
Sąveika (laikas—temperatūra—lytis)	p = 0,000			

Praėjus 24 h po koncentrinio krūvio, nenustatytas reikšmingas raumenų skausmo (ir vyrų, ir moterų) skirtumas ($p > 0,05$), kai raumuo buvo įprastinės temperatūros (vyrų — 1,9 b., moterų — 2,3 b.), pašildytas (vyrų — 2,35 b., moterų — 2,5 b.) ir pašaldytas (vyrų — 2,9 b., moterų — 3 b.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindiniai tyrimo duomenys parodė, kad tiek šildymas, tiek šaldymas prieš koncentrinį krūvį sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą — kreatinkinazės kiekį kraujyje praėjus 24 h po krūvio, tačiau raumenų skausmo temperatūra nepakeitė. Pasyvus šildymas ir šaldymas nepakeitė nei vyrų, nei moterų raumenų nuovargio, atliekant koncentrinis pratimus (50 kojos tiesimų—lenkimų) vidutiniu ($180^\circ / s$) greičiu.

Koncentrinis krūvis mažina raumenų atsparumą ekscentrinį krūvių sukeliama pažeidai (Gleeson et al., 2003). Manoma, kad ekscentrinį susitraukimų metu aktyvinamas mažesnis motoneuronų kiekis, negu atliekant to paties galingumo koncentrinis susitraukimus, todėl pažeida yra didesnė (Enoka, 1996). Mūsų tyrimo duomenys rodo, kad skirtinga raumenų temperatūra prieš koncentrinį krūvį sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą — kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume praėjus 24 h po krūvio, tačiau raumenų skausmo temperatūra nepakeitė atliekant koncentrinis pratimus (50 kojos tiesimų—lenkimų) vidutiniu ($180^\circ / s$) greičiu. Z. Zainuddin ir kt. (2006) iškėlė hipotezę, kad atlikus koncentrinį krūvį, palyginti su ekscentrinis, sumažės raumenų skausmas ir raumuo greičiau atsigaus po pažeidos, tačiau padarė išvadą, kad po koncentrinio krūvio raumenų skausmas buvo mažesnis, palyginti su ekscentrinis, o raumuo greičiau neatsigavo (Zai-

nuddin et. al., 2006). Pažeidus raumenį, gali suirti jo sarkomerų struktūra, miofibrilės, citoskeleto baltymai, sarkolema, sumažėti ir ilgai neatsigauti valingoji ir nevalingoji raumenų susitraukimo jėga, taip pat kreatinkinazė gali ištekėti iš pažeistų raumeninių skaidulų, gali vykti uždegiminės reakcijos — raumenys gali sustandėti, pabrinkti ir ilgai skaudėti (Friden, Lieber, 1992; Clarkson, Hubal, 2002; Byrne et al., 2004). Vidinė ląstelių pažeida sukelia uždegimo procesus ir skausmą, kuris atsiranda praėjus 24—72 valandoms po fizinio krūvio ir atslūgsta po 5—7 dienų (Cleak and Eston, 1992). Per mechaniškai valdomus Ca^{2+} kanalus arba įtrūkus sarkoplazminiam tinklui, T vamzdeliams ar sarkolemai į sarkoplazmą patenka didesnės koncentracijos Ca^{2+} ir sukelia filamentų, palaikančių selektyvią sarkomero struktūrą, hidrolizę arba irimą (Friden, Lieber, 1992). Sumažinus raumenų temperatūrą, sulėtėja nervo laidumo greitis ir raumens verpstės aktyvumas. Atlikto tyrimo duomenys sutampa su R. Eston ir D. Peters (1999), S. Sipavičienės ir kt. (2004) gautaisiais — pažeistų raumenų šaldymas, naudojant šalto vandens vonią, sumažino kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume po krūvio praėjus 24 h. Tai paaiškinama: kai po lokalaus raumenų šaldymo sumažėja limfos ir kraujo kapiliarų pralaidumas, mažiau kreatinkinazės patenka į raumens limfinę sistemą (Eston and Peters, 1999).

Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad pasyvus šildymas ir šaldymas nepakeitė nei vyrų, nei moterų raumenų nuovargio, atliekant koncentrinis pratimus (50 kojos tiesimų—lenkimų) vidutiniu ($180^\circ / s$) greičiu. Po ekscentrinį ir koncentrinį pratimų raumenų skausmą lydi ne tik raumenų sustingimas, skausmas judesio metu, jautrumas ir patinimas, bet ir jėgos mažėjimas (Sayers et al., 2000; Clarkson, Hubal, 2002; Ramanauskienė ir

kt., 2006 a). Raumenų nuovargio pobūdis priklauso nuo raumenų darbo arba aktyvumo tipo. Aukšta aplinkos temperatūra (Galloway and Moughan, 1997) ir padidėjusi vidinė organizmo temperatūra (Gonzalez-Alonso et al., 1999) pagreitina nuovargio atsiradimą, atliekant didelio intensyvumo pratimus. B. Nielsen ir kt. (2001) nustatė, kad atlikus fizinį krūvį aukštos aplinkos temperatūros sąlygomis, vidinė raumenų temperatūra pakyla iki 39°C. Tai gali būti tiesioginė priežastis, dėl ko atsiranda nuovargis centrinėje nervų sistemoje. Vidinės temperatūros pakėlimas daugiau kaip 3°C yra savotiškas slenkstis, kurį peržengus dėl sutrikusios termoreguliacijos ribojamos žmogaus fizinės galios (Kaciuba-Uscilko et al., 1992). At-

likto tyrimo duomenys sutampa su minėtų autorių gautaisiais: vidinė raumenų temperatūra po 45 min šildymo pakilo iki 39,5°C (pradinė — 36,9°C), atlikus koncentrinį krūvį — iki 41,1°C.

IŠVADOS

Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš koncentrinį krūvį sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą — kreatinkinazės kiekį kraujyje praėjus 24 h po krūvio, tačiau raumenų skausmo temperatūra nepakeitė. Pasyvus šildymas ir šaldymas nepakeitė nei vyrų, nei moterų raumenų nuovargio, atliekant koncentrinis pratimus vidutiniu greičiu.

LITERATŪRA

- Booth, J., Marino, F. and Ward, J. J. (1997). Improved running performance in hot humid condition following whole body precooling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 943—949.
- Byrne, R. M., 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., Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physiology and Medicine Rehabilitation*, 81 (11), S 52—69.
- Clarkson, P. M., Newham, D. J. (1995). Associations between muscle soreness, damage, and fatigue. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 384, 457—469.
- Clarkson, P. M., Sayers, S. P. (1998). Exercise-induced muscle damage in human. In H. Nose, E. R. Nadel and K. Morimoto (Eds.), *Nagano Symposium on Sports Science* (pp. 545—563). Carmel, IN: Cooper Publishing Group.
- Cleak, M. J. and Eston, R. G. (1992). Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 26, 267—272.
- Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2339—2346.
- Eston, R., Peters, D. (1999). Effect of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Science*, 17 (3), 231—238.
- Febbraio, M. A. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exercise and Sport Science Reviews*, 28, 171—176.
- Friden, J., Lieber, R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine Science of Sports Exercise*, 24, 521—530.
- Galloway, S. D. R. and Moughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged exercise in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1240—1249.
- Gleeson, N., Eston, R., Marginson, V., McHugh, M. (2003). Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 119—125.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Anderson, S. L. et al. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1032—1039.
- Janse de Jonge, X. A. K. (2003). Effects of the menstrual cycle on exercise performance. *Sports Medicine*, 33 (11), 833—851.
- Kaciuba-Uscilko, H., Kruk, B., Szejcziwska, M. et al. (1992). Metabolic, body temperature and hormonal responses to reated periods of prolonged cycle ergometer exercise in men. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 26—31.
- Meeusen, R. and Lievens, I. (1986). The use of cry therapy in sport injuries. *Sports Medicine*, 3, 398—414.
- Nielsen, B., Hylding, T., Bidstrup, F., Gonzalez-Alonso, J., Christoffersen, G. R. (2001). Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Archive*, 442, 41—48.
- Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P. (2002). Muscle damage and soreness after endurance exercise of the elbow flexors. *Medicine Science and Sports Exercise*, 34 (6), 920—927.
- Prentice, W. E. (1982). An electromyographic analyse of the effectiveness of heat or cold and stretching for inducing relaxation in injured muscle. *Journal Orthopedic and Sports Physiology Therapy*, 3, 133—140.
- Ramanauskienė, I., Brazaitis, M., Skurvydas, A. ir kt. (2006 a). Skirtingos temperatūros poveikis kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų nuovargiui ir atsigavimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (61), 45—52.
- Ramanauskienė, I., Skurvydas, A., Brazaitis, M. ir kt. (2006 b). Moterų ir vyrų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybė nuo temperatūros. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (62), 49—55.
- Ratkevicius, A., Skurvydas, A., Povilonis, E., Quistoff, B. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in voluntary and electrically induced exercise of quadriceps muscle in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 77 (5), 462—468.
- Sargeant, A. J. (1987). Effect of muscle on leg extension force and short-term power output in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 693—698.
- Sayers, S. P., Clarkson, P. M., Lee, J. (2000). Activity and immobilization after eccentric exercise: Recovery of

muscle function. *Medicine Science and Sports Exercise*, 32 (9), 1587—1592.

Sayers, S. P., Clarkson, P. M. (2003). Short-term immobilization after eccentric exercise. Part II: Creatine kinase and myoglobin. *Medicine Science and Sports Exercise*, 5, 762—768.

Sipavičienė, S., Skurvydas, A., Mickevičienė, D. ir kt. (2004). Raumens šaldymo poveikis žmogaus griaučių raumenų susitraukimo savybėms. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (51), 47—51.

Skurvydas, A., Jascianinas, J., Zachovajevas, 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, 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.

Zainuddin, Z., Sacco, P., Newton, M., Nosaka, K. (2006). Light concentric exercise has a temporarily analgesic effect on delayed — onset muscle soreness, but no effect on recovery from eccentric exercise. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, 31 (2), 126—134.

EFFECT OF CONCENTRIC CONTRACTION ON MUSCLE FATIGUE AND MUSCLE DAMAGE DEPENDING ON MUSCLE TEMPERATURE AND GENDER

Irina Ramanauskienė^{1,2}, Albertas Skurvydas¹, Saulė Sipavičienė¹, Dalia Mickevičienė¹,
Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Vitas Linonis²
*Lithuanian Academy of Physical Education¹,
Kaunas University of Technology², Kaunas, Lithuania*

ABSTRACT

The aim of the present study was to establish the influence of concentric contraction on muscle fatigue and muscle damage depending on temperature and gender. The participants of the study were 10 healthy males, aged 19—23 years; height — 177.8 ± 5.8; weight — 78.2 ± 6.1; body fat — 7.5% (body fat mass — 5.6 kg) and 10 females, aged 18—23 years; height — 166.4 ± 5.6; weight — 56.2 ± 6.1; bodyfat — 17% (body fat mass — 10.7 kg). The participants of the study were tested on isokinetic **dynamometer** (*Biodex Medical System PRO 3*). The type of concentric contraction was automatically established by the system exercising in isokinetic regimen. Control measuring (3 times of leg extension and leg flexion in the knee joint at the fixed speed of 180° / s) was performed before the load, after 10 min, 30 min, 60 min and 24 h after the load; concentric load — 50 leg extensions and flexions in the knee joint at the fixed speed of 180° / s. Before and after muscle cooling or heating and after physical load we measured muscle temperature with needle thermometer (*Ellab A / S, tipe DM 852, Denmark*). Creatine kinase activity in blood serum was estimated 1 hour prior to load and 24 hours after it. Muscle pain was estimated subjectively using a 10-point scale after 24 hours after the load. The evaluated parameter was the peak torque (measured in N•m).

There was a significant increase ($p < 0.05$) in creatine kinase (CK) activity in the blood serum of both men and women after 24 hours after concentric load, compared to the control value, when the muscle was at its usual temperature, as well as after warming and cooling. A comparison of CK activity in the blood serum of men's and women's muscles at control temperature (1 hour prior to the load) and at their usual temperature after 24 hours after the load revealed a statistically significant difference ($p < 0.05$). A comparison of CK activity in the blood serum of men was significant ($p < 0.05$) between muscles at their usual temperature and warmed muscles, and women — between muscles at their usual temperature and cooled muscles.

The evidence obtained in this study showed that both muscle warming and muscle cooling brought about a decrease in an indirect symptom of muscle damage — the amount of creatine kinase after 24 hours after concentric load, but temperature did not have any effect on the subjective muscle pain. Passive muscle warming and cooling did not cause any changes either in the rate of muscle fatigue performing concentric exercise (50 leg extensions—flexions) at average (speed of 180° / s).

Keywords: knee extensors / flexors, passive muscle heating and cooling, gender.

Gauta 2007 m. vasario 12 d.
Received on February 12, 2007

Priimta 2007 m. balandžio 24 d.
Accepted on April 24, 2007

Irina Ramanauskienė
Kauno technologijos universitetas
(Kaunas University of Technology)
Donelaičio g. 73, LT-44248 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
E-mail Irina.Ramanauskiene@ktu.lt