

# ŠILDYMO POVEIKIS KELIO TIESIAMŪJŲ IR LENKIAMŪJŲ RAUMENŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI

Irina Ramanauskienė<sup>1,2</sup>, Albertas Skurvydas<sup>1</sup>, Marius Brazaitis<sup>1</sup>, Dalia Mickevičienė<sup>1</sup>, Mindaugas Dubosas<sup>1,2</sup>, Nerijus Masiulis<sup>1</sup>

Lietuvos kūno kultūros akademija<sup>1</sup>, Kauno technologijos universitetas<sup>2</sup>, Kaunas, Lietuva

**Irina Ramanauskienė.** Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantė. Kauno technologijos universiteto Kūno kultūros ir sporto centro, Kūno kultūros katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: temperatūros poveikis raumenų nuovargiui ir atsigavimui priklausomai nuo lyties ir fizinio krūvio.

## SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti, kaip šildymas veikia kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų nuovargį ir atsigavimą. Tiriamos fiziškai aktyvios ( $n = 10$ ) krepšininkės. Su jomis atlikome du eksperimentus skirtingai raumenų būsenai įvertinti. Tiriamosios buvo testuojamos Biodex Medical System — žmogaus kaulų ir raumenų testavimo bei rehabilitacijos įranga, kai raumenys buvo įprastinės temperatūros ir pašildyti. Po 10 minučių lengvo bėgimo pramankštos buvo atliekama: kontrolinis testavimas prieš krūvį — (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $500^\circ / s$  greičiu); praėjus 5 min — dinaminis krūvis (100 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu  $500^\circ / s$  greičiu); praėjus 10 ir 30 min po krūvio — kontrolinis testavimas pagal tą patį protokolą. Laktato koncentracija kraujyje nustatoma prieš fizinį krūvį bei praėjus 5 ir 30 min po jo. Gauti rezultatai parodė, kad šildymas prieš dinaminį krūvį sumažino kelio tiesiamųjų raumenų jėgą maksimaliosios jėgos momentu per pirmą krūvio trečdalį, taip pat sumažino ir kelio lenkiamųjų raumenų atlikto darbo rodiklius. Raumenų šildymas prieš fizinį krūvį nepagreitino jų atsigavimo, tačiau padidino laktato koncentraciją kraujyje.

**Raktažodžiai:** atliktas darbas, dinaminis krūvis, maksimaliosios jėgos momentas, raumens nuovargis ir atsigavimas, raumenų šildymas.

## ĮVADAS

**K**eičiantis aplinkos temperatūrai ar atliekant fizinį krūvį, organizmo temperatūra kinta (Kay et al., 1999). Svarbus gyvo organizmo bruožas yra gebėjimas prisitaikyti prie kintančių aplinkos sąlygų (Enoka, 1994). Dauguma fiziologinių ir kitų organizme vykstančių procesų yra glaudžiai susiję su kūno temperatūros pokyčiais (Bennett, 1984; Shellock and Prentince, 1985;

Bennett, 1990). Pakilusi kūno vidaus temperatūra greitina deguonies atsiskyrimą nuo hemoglobino ir mioglobino, metaboles reakcijas, aktyvina kraujo tėkmę raumenyse, mažina raumenų klampumą, didina veikimo potencialo sklidimo greitį, deguonies suvartojimą (Blomstrand et al., 1984; Shellock and Prentince, 1985; Febbraio et al., 1994; Booth et al., 2001).

Yra žinoma, kad temperatūros pokytis santykiškai labiau veikia maksimalųjį raumenų galinumą tų tiriamųjų, kurie turi daugiau I tipo raumeninių skaidulų (Sargeant, 1987). Paradoksalu, kad atletai (sprinteriai, ieties metikai ir kt.), kuriems būtinas didelis raumenų galinumas, turi mažiau siai naudoti iš raumenų pašildymo.

Ankstesni tyrimai parodė, kad maksimalusis galinumas neabejotinai susijęs su raumens temperatūra (Davies et al., 1975; Asmussen et al., 1976) ir kad raumenų išugdomas greitis priklauso nuo temperatūros pokyčių (Sargeant, 1987).

C. J. de Ruiter ir A. de Haan (2000) nustatė, kad temperatūra veikia aktino ir miozino miofilamentų funkciją, todėl raumenų darbas labai priklauso nuo temperatūros pokyčių. Tokie rodikliai kaip maksimalioji izometrinė jėga, jėgos greitis ir atsipalaidavimas (Mawdsley and Croft, 1982; Oksa and Rintamaki, 1995), taip pat galinumas (Oksa et al., 1996; Rome et al., 1984) sumažėja nukritus raumenų temperatūrai.

Yra žinoma, kad izokinetiniai pratimai plačiai taikomi kelio sąnario funkcijoms atsigauti, aplink jį esančių raumenų funkcijai gerinti bei testuoti. Izokinetiniu dinamometru galima įvertinti sąnarių ir raumenų funkciją koją lenkiant per kelio sąnarį fiksuotu greičiu.

Manome, kad raumens susitraukimo jėga priklauso nuo susitraukimo greičio, tipo ir raumens temperatūros — tai nustatoma tiriant kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų savybių kaitą maksimalaus izokinetinio krūvio metu, kai raumuo išugdo jėgą susitraukdamas ekscentrinio-koncentrinio režimu (koją lenkiant per kelio sąnarį fiksuotu  $500^\circ / s$  greičiu) ir po krūvio, kai raumens temperatūra yra padidėjusi.

Nepavyko rasti darbų, nagrinėjančių temperatūros poveikį žmogaus griaučių raumenims, esant dideliame raumenų susitraukimo greičiui. Todėl mūsų **tyrimo tikslas** — nustatyti, kaip šildymas veikia kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų nuovargį ir atsigavimą, kai koja lenkiama per kelio sąnarį fiksuotu  $500^\circ / s$  greičiu.

**Hipotezė** — spėjame, kad prieš krūvį pašildytas raumuo pavargs greičiau, nei įprastinės būsenos raumuo, kai yra atliekama 100 kojos tiesimų ir lenkimų fiksuotu  $500^\circ / s$  greičiu.

Tyrimo naujumas — nustatėme, kaip pasyvus šildymas veikia raumenų valingų judesių atlikimo efektyvumą, raumens nuovargį ir atsigavimą maksimalaus intensyvumo fizinio krūvio metu ir po jo.

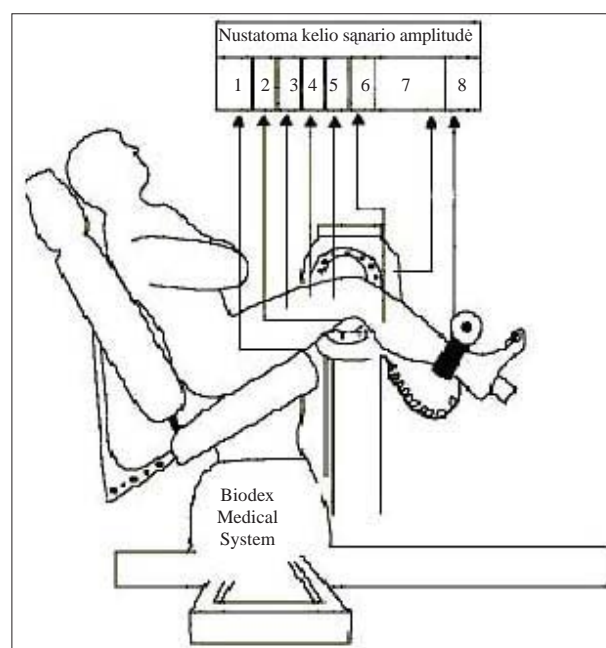
## TYRIMO METODIKA

**Tiriamosios** — fiziškai aktyvios ( $n = 10$ ) 19–23 metų moterys (krepšininkės). Jos buvo supažindintos su vykdomo tyrimo tikslais, metodais, procedūra ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime jos patvirtino raštu. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos. Tyrimo protokolas aprobuotas KMU bioetikos komisijoje (Protokolo Nr. 80 / 2004).

**Kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų savybių testavimo metodika.** Tiriamosios buvo testuojamos „Biodex Medical System“ — žmogaus kaulų ir raumenų testavimo bei reabilitacijos aparatūra (*Biodex Medical System 3*).

Tyrimas atliktas Lietuvos kūno kultūros akademijos Žmogaus motorikos laboratorijoje. Tiriamosios po neintensyvios pramankštos — 10 min bėgimo (pulso dažnis — 110–130 tv. / min) — sodinamos į „Biodex Medical System“ įrenginio kėdę, nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus ir sulenkus koją), kojos fiksuojamos per kelio sąnarį  $90^\circ$  kampu, pasveriamos tada, kai jos fiksuotos  $135^\circ$  kampu (1 pav.). Registravome tokius kinematinis rodiklius: raumenų jėgą maksimaliosios jėgos momentu ir atliktą darbą.

**Raumenų pasyvaus šildymo metodika.** Norėdami padidinti kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų temperatūrą, tiriamųjų kojas 45 minutėms panardinome į šiltą vonią, kurios vandens tempe-



1 pav. Izokinetinio dinamometro veikimo schema

ratūra buvo  $44 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Remiantis A. J. Sargeant (1987) metodika, keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje būna  $38,9 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Tokiame raumens gylyje užregistruota temperatūra laikoma vidutine dirbančių raumenų temperatūra (Blomstrand et al., 1984).

**Laktato koncentracijos kraujyje nustatymo metodika.** Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma analizatoriumi *Eksan-G* (Kulis et al., 1988). Kapiliarinio kraujo mėginiai buvo imami iš piršto prieš krūvį ir praėjus 5 bei 30 min po jo. Analizatoriumi atliekamas fermentinių reakcijų metu susidarančio vandenilio peroksido elektrocheminis tyrimas.

**Tyrimo eiga.** Iš viso atlikti du eksperimentai — kai raumuo buvo įprastinės temperatūros ir pašildytas. Tarp tyrimų buvo ne mažesnė kaip mėnesio pertrauka. Eksperimentai vienas nuo kito skyrėsi tik tuo, kad antro metu tiriamųjų, atliekančių dinaminio krūvio testą, raumenų temperatūra buvo padidinta  $\sim 2,7^{\circ}\text{C}$  (Sargeant, 1987). Visų eksperimentų eiga (kai raumuo buvo įprastinės temperatūros ir pašildytas) ta pati. Tiriamosios prieš savaitę buvo supažindinamos su eksperimento eiga ir mokomos atlikti pratimą. Tyrimo metu jos galėjo vartoti gaiviuosius gėrimus. Kambario temperatūra viso tyrimo metu buvo pastovi ( $20\text{—}22^{\circ}\text{C}$ ). Po 10 min lengvo bėgimo pramankštos buvo atliekama: kontrolinis testavimas prieš krūvį (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $500^{\circ}/\text{s}$  greičiu); praėjus 5 min — dinaminis krūvis (100 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu  $500^{\circ}/\text{s}$  greičiu); praėjus 10 ir 30 min po krūvio — kontrolinis testavimas pagal tą patį protokolą. Laktato koncentracija kraujyje nustatoma prieš fizinį krūvį bei praėjus 5 ir 30 min po jo.

**Statistiniai skaičiavimai.** Apdorodami tyrimų duomenis, apskaičiavome aritmetinį vidurkį, standartinį nuokrypį. Skirtumų tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal dvipusį nepriklausomų imčių Stjudento *t* kriterijų. Aritmetinių vidurkių skirtumo reikšmingumo lygmuo buvo laikomas svarbiu, kai paklaida mažesnė nei 5% ( $p < 0,05$ ). Skaičiavimus atlikome naudodamiesi statistiniais *Microsoft*® *Excel 2000* ir *SPSS* paketais.

## REZULTATAI

Tyrimo rezultatai parodė, kad raumenų susitraukimo jėga testavimo metu tiesiant koją sumažėjo  $\sim 70\%$ , lenkiant —  $\sim 67\%$  (2 pav.). Kelio

tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga maksimaliosios jėgos momentu statistiškai patikimai sumažėjo nuo antro kojos tiesimo ir atsigavo metu praėjus 10 minučių po krūvio ( $p < 0,05$ ) (2 pav.). Nustatėme, kad tiesiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $500^{\circ}/\text{s}$  greičiu, pašildyto raumens jėga maksimaliosios jėgos momentu (nuo 9 iki 13, 19—23, 25—27, 31—34 ir 39—41 raumens susitraukimo), palyginti su įprastinės būsenos raumens rodikliais, buvo reikšmingai mažesnė ( $p < 0,05$ ), o nuo 41 raumens susitraukimo jėgos reikšmingo skirtumo tarp testavimų nenustatėme ( $p > 0,05$ ) (2 A pav.). Palyginus šildyto ir įprastinės temperatūros raumens kelio lenkiamųjų raumenų jėgos maksimaliosios jėgos momentu, reikšmingas skirtumas aptiktas tik 18, 26, 56 raumens susitraukimo metu ( $p < 0,05$ ), tačiau didelio skirtumo nėra ( $p > 0,05$ ) (2 B pav.).

Absoliučios reikšmės pateiktos lentelėje. Pašildytų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga maksimaliosios jėgos momentu (100-ojo susitraukimo metu) sumažėjo (įprastinės temperatūros tiesiamųjų raumenų —  $44,60 \pm 16,06 \text{ N}\cdot\text{m}$ , pašildytų —  $44,31 \pm 19,42 \text{ N}\cdot\text{m}$ ; įprastinės temperatūros lenkiamųjų raumenų —  $40,03 \pm 10,55 \text{ N}\cdot\text{m}$ , pašildytų —  $78,41 \pm 25,72 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $p < 0,05$ ), lyginant su kontroline reikšme). Praėjus 10 minučių po dinaminio krūvio, kai kelio tiesiamieji raumenys buvo įprastinės temperatūros, išugdė  $76,86 \pm 26,05 \text{ N}\cdot\text{m}$  jėgą maksimaliosios jėgos momentu, kai buvo pašildyti —  $72,86 \pm 19,57 \text{ N}\cdot\text{m}$ , kai kelio lenkiamieji raumenys buvo įprastinės temperatūros, išugdė  $78,41 \pm 25,72 \text{ N}\cdot\text{m}$  jėgą, pašildyti —  $75,81 \pm 33,25 \text{ N}\cdot\text{m}$  ir atsigavo iki pradinės (kontrolinės) reikšmės ( $p < 0,05$ ). Praėjus 30 min po krūvio šios reikšmės nekito (žr. lent.).

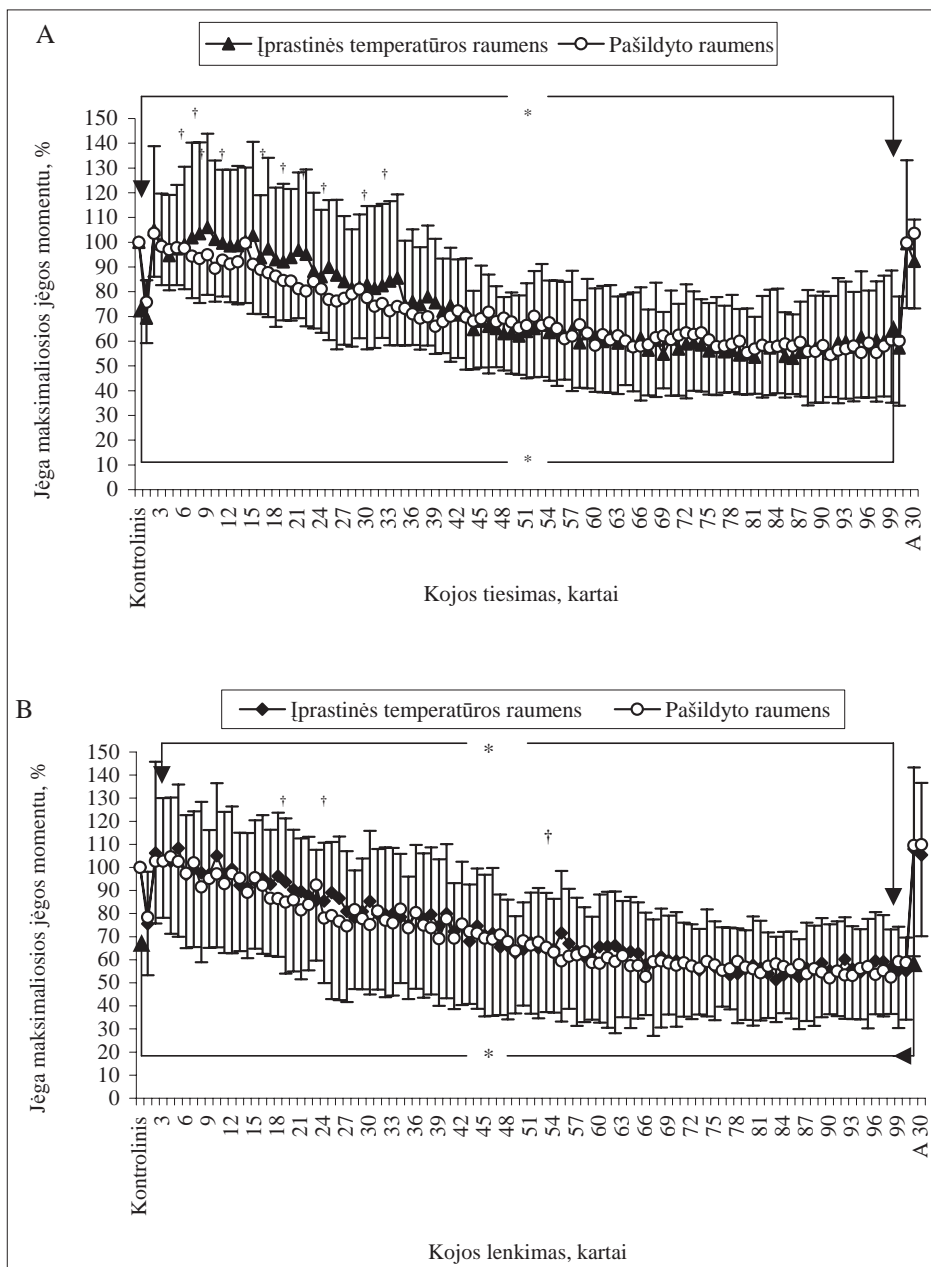
Testavimo metu nustatėme, kad raumenų atlikto darbo rodikliai tiesiant koją per kelio sąnarį sumažėjo  $\sim 50\%$ , lenkiant —  $\sim 60\%$ . Vertindami kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų atliktą darbą nustatėme reikšmingą darbo sumažėjimą nuo antro kojos tiesimo ir atsigavimo metu praėjus 10 min po krūvio ( $p < 0,05$ ) (3 pav.). Palyginus įprastinės temperatūros ir pašildytų kelio lenkiamųjų raumenų atliktą darbą, nustatytas statistiškai patikimas rezultatų skirtumas atliekant 3—32-ą judesį ( $p < 0,05$ ) (3 B pav.).

Kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų atliktas darbas (žr. lent.) sumažėjo, kai jie buvo įprastinės temperatūros ir pašildyti: įprastinės temperatūros tiesiamųjų raumenų —  $43,64 \pm 15,64 \text{ J}$ , pašildytų —  $45,47 \pm 16,26 \text{ J}$ , įprastinės temperatūros

Atliktas krūvis		Laikas	Prieš krūvį	Iš karto po krūvio	A 10	A 30
		Jėga maksimaliosios jėgos momentu, N·m (500 ° / s) ( $\bar{x} \pm SD$ )				
Tiesimas	Raumens būseną	Įprastinės temp.	77,32 ± 23,61	44,60 ± 16,06*	76,86 ± 26,05*	71,35 ± 13,06
		Pašildytas	74,12 ± 12,61	44,31 ± 19,42*	72,86 ± 19,57*	75,50 ± 22,43
Lenkimas	Raumens būseną	Įprastinės temp.	72,64 ± 24,48	40,03 ± 10,55*	78,41 ± 25,72*	76,54 ± 22,74
		Pašildytas	69,23 ± 18,97	40,73 ± 17,14*	75,81 ± 33,25*	76,05 ± 27,48
Atliktas darbas, J (500 ° / s) ( $\bar{x} \pm SD$ )						
Tiesimas	Raumens būseną	Įprastinės temp.	112,03 ± 38,23	43,64 ± 15,64*	122,32 ± 31,95*	114,27 ± 33,04
		Pašildytas	105,57 ± 27,37	45,47 ± 16,26*	120,01 ± 28,98*	114,41 ± 19,14
Lenkimas	Raumens būseną	Įprastinės temp.	85,84 ± 25,66	49,63 ± 16,43*	95,36 ± 35,82*	90,80 ± 32,25
		Pašildytas	71,80 ± 19,53	51,57 ± 17,24*	96,67 ± 48,15*	98,14 ± 35,76

Lentelė. Maksimaliosios jėgos ir atlikto darbo kaita dinaminio raumens susitraukimo metu

Pastaba. \* —  $p < 0,05$ , maksimalioji jėga ir atliktas darbas reikšmingai pakito, lyginant su pradine (kontroline) reikšme.



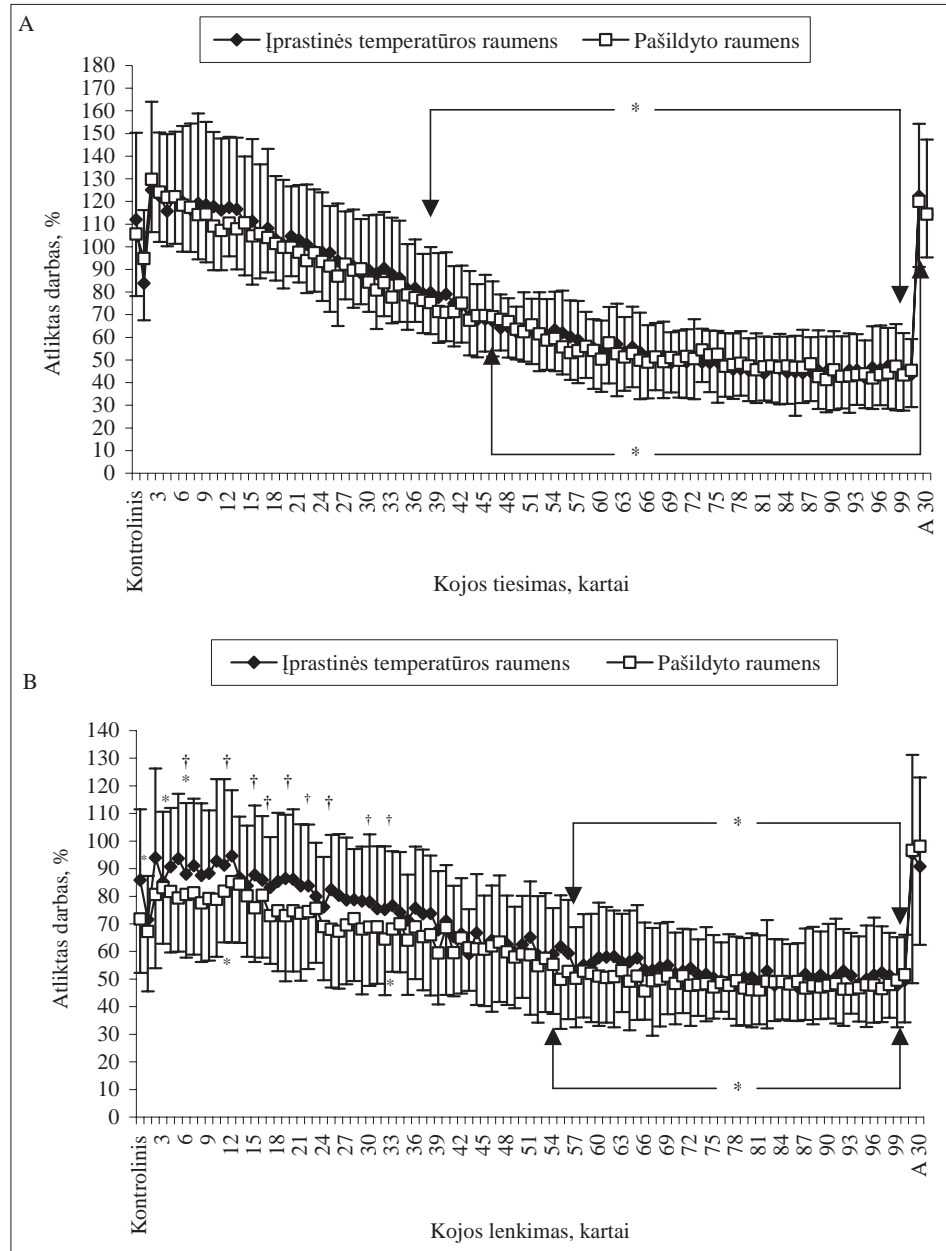
2 pav. Jėga maksimaliosios jėgos momentu (%) atliekant dinaminį raumens susitraukimą (tiesiant (A) ir lenkiant (B) koją per kelio sąnarį fiksuotą 500 ° / s greičiu bei po krūvio praėjus 10 (A 10) ir 30 (A 30) min)

Pastaba. \* —  $p < 0,05$  — kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumens jėgos pokytis, lyginant su pradine (kontroline) reikšme. † —  $p < 0,05$  — įprastinės temperatūros ir pašildytų kelio tiesiamųjų bei lenkiamųjų raumens jėgos pokyčio skirtumas.

lenkiamųjų raumens — 49,63 ± 16,43 J, pašildytų — 51,57 ± 17,24 J ( $p < 0,05$ ), lyginant su kontroline reikšme. Praėjus 10 minučių po dinaminio

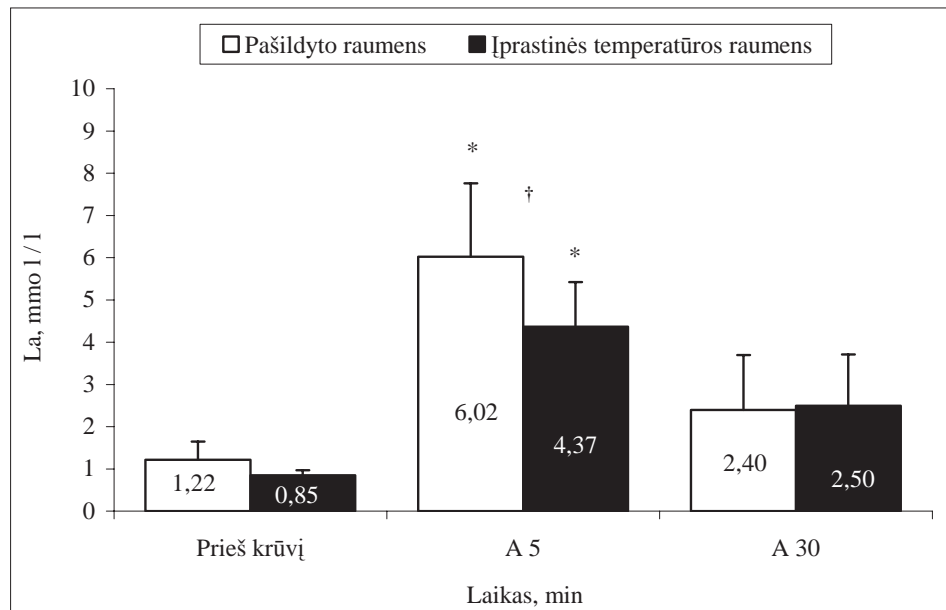
krūvio, įprastinės temperatūros (122,32 ± 31,95 J) ir pašildytų (120,01 ± 28,98 J) kelio tiesiamųjų raumens jėga atsigavo iki pradinės, lyginant su

3 pav. Darbas, atliktas dinaminio raumens susitraukimo metu (tiesiant (A) ir lenkiant (B) koją per kelio sąnarį fiksuotu 500 °/s greičiu bei po krūvio praėjus 10 (A 10) ir 30 (A 30) min



**Pastaba.** \* —  $p < 0,05$  — kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokytis, lyginant su pradine (kontroline) reikšme. † —  $p < 0,05$  — įprastinės temperatūros ir pašildytų kelio tiesiamųjų bei lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.

4 pav. Vidutinės laktato koncentracijos (La) kraujyje reikšmės prieš krūvį bei praėjus 5 (A 5) ir 30 (A 30) min po jo



**Pastaba.** \* —  $p < 0,05$ , La koncentracija kraujyje reikšmingai skiriasi, lyginant su pradine (prieš krūvį) reikšme. † —  $p < 0,05$ , La koncentracija kraujyje reikšmingai skiriasi, kai raumuo buvo pašildytas ir įprastinės temperatūros.

kontroline reikšme ( $p < 0,05$ ). Atitinkamai atsi-gavo kelio lenkiamųjų raumenų jėga: įprastinės temperatūros raumenų jėga buvo  $95,36 \pm 35,82$  J, pašildytų —  $96,67 \pm 48,15$  J ( $p < 0,05$ ). Praėjus 30 minučių po krūvio reikšmingo skirtumo, lyginant su pradine, nepastebėta (žr. lent.).

Praėjus 5 min po krūvio (A 5) laktato koncentracija kraujyje reikšmingai padidėjo, palyginti su kontroline reikšme ( $p < 0,05$ ). Praėjus 30 min šios reikšmės jau nesiskyrė. Lygindami įprastinės temperatūros ir pašildytų raumenų laktato koncentracijos kraujyje reikšmes, praėjus 5 min po krūvio, aptikome statistiškai reikšmingą skirtumą ( $p < 0,05$ ) (4 pav.).

## REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindiniai tyrimo duomenys parodė, kad raumenų šildymas prieš fizinį krūvį nepagreitino jų atsigavimo, tačiau padidino laktato koncentraciją kraujyje.

M. A. Febbraio ir kt. (1994, 1996) nustatė, kad raumenyse ramybės metu energinių medžiagų ir jų skilimo produktų koncentracija normaliomis sąlygomis ir po šildymo nesiskiria. Atlikto tyrimo duomenys rodo, kad jėgos maksimaliosios jėgos momentu ir atlikto darbo pradinės reikšmės nesiskiria nuo reikšmių, gautų po raumenų šildymo (žr. lent.).

Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad skirtinga raumens temperatūra gali pakeisti jėgos rodiklius. A. J. Sargeant (1987) teigia, kad jėga vidutiniškai gali padidėti 4%, kaskart didinant raumens temperatūrą  $1^{\circ}\text{C}$ . D. C. Stanley ir kt. (1994) taikė tokį pat šildymo metodą kaip A. J. Sargeant (1987), tačiau pašildžius raumenis jėgos ir galingumo rodikliai, atliekant izokinetinius kelio tiesimo pratimus, nebuvo didesni. Eksperimento metu naudojome A. J. Sargeant (1987) metodiką, tačiau mūsų tyrimo rezultatai parodė, kad šildymas prieš dinaminį krūvį sumažino kelio tiesiamųjų raumenų jėgą maksimaliosios jėgos momentu per pirmą krūvio trečdalį ir kelio lenkiamųjų raumenų atlikto darbo rodiklius. Pasak M. A. Febbraio (2000), padidėjusi raumenų temperatūra susilpnina griaučių raumenų veiklą, medžiagų apykaitą, ir tai sukelia nuovargį. B. Drust ir kt. (2005) nustatė, kad padidėjusi raumens temperatūra pagerina dinaminio krūvio kokybę, o darbo galingumas, kartoiant dinaminį krūvį, dėl hipertermijos taip pat sumažėja. Neatrodė, kad sumažėjęs krūvio atlikimo tempas būtų susijęs su metabolitų koncentracijos

padidėjimu, todėl manoma, kad tai gali nutikti dėl padidėjusio branduolio temperatūros poveikio CNS funkcijai.

Kelio tiesiamųjų raumenų jėgos maksimaliosios jėgos momentu sumažėjimą, atliekant pirmą krūvio trečdalį, galima paaiškinti: aukšta kūno temperatūra reguliuoja CNS veiklą (Nielsen et al., 1997), taigi keliame hipotezę, kad hipertermijos pasekmės, jaučiamos atlikus pirmą krūvio trečdalį, apsaugo raumens nuo šilumos smūgio ir jų pažeidimo (baltymų degradacija) (Jessen, 1987). Tačiau S. S. Cheung ir G. G. Sleivert (2004) įrodė, kad atliekant dinaminį kelio tiesimą (fiksuoju  $240^{\circ} / \text{s}$  greičiu) jėga maksimaliosios jėgos momentu nepasikeitė, tuomet kai branduolio temperatūra padidėjo iki  $39,5^{\circ}\text{C}$ .

Manome, kad raumens funkcijos atsigavimas po dinaminio krūvio (100 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuojant  $500^{\circ} / \text{s}$  greičiu) yra susiję su metaboliniu nuovargiu. Po krūvio raumenyse smarkiai sumažėja ATP ir kreatinfosfato, padidėja vandenilio jonų koncentracija (Inbar et al., 1996). Manoma, kad raumeninės skaidulos mioplazmoje padaugėja  $\text{Ca}^{2+}$ , kurie vėliau lemia nuovargio atsiradimą (Westerblad et al., 1998).

Naujesni tyrimai pateikia daug smulkesnę informaciją ir nurodo, kad pakilus temperatūrai pagreitėja raumenų glikolizė, padidėja laktato gamyba, sumažėja kreatinfosfato lygis, padidėja kreatino kaupimasis (Febbraio et al., 1994; Ball et al., 1999). Nustatyta, kad praėjus 2–3 min po dinaminio krūvio, raumenyse normalizuojasi kreatinfosfato koncentracija, o po 10–15 min vandenilio jonų koncentracija (Inbar et al., 1996). Gauti tyrimo rezultatai nerodo raumenų jėgos maksimaliosios jėgos momentu ir atlikto darbo rodiklių sumažėjimo praėjus 10 ir 30 minučių po krūvio.

Gana sudėtinga paaiškinti, koks yra raumenų šildymo poveikio mechanizmas ir kaip jis veikia raumenų atsigavimo kaitą. Viena iš aiškinimo kryptų galėtų būti siejama su karščio šoko sukeltų baltymų padidėjimu po šildymo ir krūvio.

Nustatyta, kad pasyviai pašildžius raumenis prieš dinaminį krūvį, padidėjo laktato koncentracija kraujyje, palyginti su įprastinės temperatūros raumens rodikliais. Manoma, kad po raumenų šildymo atlikus fizinį krūvį dėl ankstyvesnio anaerobinio energijos gamybos būdo susidaro didesnė laktato koncentracija kraujyje (Febbraio et al., 1994, 1996).

## IŠVADOS

1. Šildymas prieš dinaminį krūvį sumažino kelio tiesiamųjų raumenų jėgą maksimaliosios jėgos momentu per pirmą krūvio trečdalį, taip pat su-
2. Raumenų šildymas prieš fizinį krūvį nepagreitino jų atsigavimo, tačiau padidino laktato koncentraciją kraujyje.

## LITERATŪRA

- Asmussen, E., Bonde-Petersen, F., Jorgensen, K. (1976). Mechano elastic properties of human muscle at different temperatures. *Acta Physiologica Scandinavica*, 96, 83—93.
- Ball, D., Burrows, C., Sargeant, A. J. (1999). Human power output during repeated sprint cycle exercise: The influence of thermal stress. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 360—366.
- Bennett, A. F. (1990). Thermal dependence of locomotor capacity. *American Journal of Physiology*, 259, R 253—258.
- Bennett, A. F. (1984). Thermal dependence of muscle function. *American Journal of Physiology*, 247, R 217—229.
- Blomstrand, E., Bergh, U., Essen-Gustavsson, B. and Eklomb, B. (1984). Influence of low muscle temperature in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 107, 33—37.
- Blomstrand, E., Bergh, U., Essen-Gustavsson, B. and Eklomb, B. (1984). Influence of low muscle temperature on muscle metabolism during intense dynamic exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 120, 229—236.
- Booth, J., Wilshire, B. R., Macdonald, A. D. et al. (2001). Whole-body pre-cooling does not alter human muscle metabolism during sub-maximal exercise in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 587—590.
- Cheung, S. S. and Sleivert, G. G. (2004). Lowering of skin temperature decreases isokinetic maximal force production independent of core temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 723—728.
- Davies, M., Ekblom, B., Berg, U., and Kastrup, I. L. (1975). The effect of hypothermia on submaximal and maximal work performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 95, 201—202.
- Drust, B., Rasmussen, P., Mohr, M., Nielsen, B., Nybo, L. (2005). Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 183, 181—190.
- Enoka, R. M. (1994). Neuromechanical Basis of Kinesiology (pp. 273—283). Champaign, IL: Human Kinetic.
- Febbraio, M. A., Carey, M. F., Snow, R. J., Stathis, C. G., Hargreaves, M. (1996). Influence of elevated muscle temperature on metabolism during intense, dynamic exercise. *American Journal of Physiology*, 271, 5 (Pt 2), R 1251—1255.
- Febbraio, M. A. (2000). Does muscle function and metabolism affect exercise performance in the heat? *Exercise and Sport Science Reviews*, 28, 171—176.
- Febbraio, M., Snow, R., Stathis, C., Hargreaves, M., Carey, M. (1994). Effect of heat stress on muscle energy metabolism during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 77, 2827—2831.
- Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test*. Human Kinetics.
- Jessen, C. (1987). Hipertermia and its effects on exercise performance. In J. R. S. Hales and D. A. B. Richards (Eds.), *Heat Stress: Physical Exertion and Environment* (pp. 241—249). Amsterdam.
- Kay, D., Taffe, D. R., Marino, F. (1990). Whole-body pre-cooling and heat storage during self-paced cycling performance in warm humid conditions. *Journal of Sport Science*, 17, 937—944.
- Mawdsley, R. H. and Croft, B. J. (1982). Effect of sub-maximal contractions before isokinetic testing. *Athletic Training, Winter*, 257—259.
- Nielsen, B., Strange, S., Christensen, N. J., Warberg, J. and Saltin, B. (1997). Acute and adaptive responses in humans to exercise in warm humid environment. *Pflugers Arch*, 434, 49—56.
- Oksa, J. and Rintamaki, H. (1995). Dynamic work in cold. *Arctic Medicine*, 54, 29—31.
- Oksa, J., Rintamaki, H., Makinen, T., Martikala, V. and Rusko, H. (1996). EMG-activity and muscular performance of lower leg during stretch-shortening cycle after cooling. *Acta Physiologica Scandinavica*, 157, 71—78.
- Rome, L. C., Loughna, P. T. and Goldspink, G. (1984). Muscle fiber activity in carp as a function of swimming speed and muscle temperature. *American Journal of Physiology*, 247, 272—279.
- De Ruiter, C. J., De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force-velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Pflugers Arch*, 440, 163—170.
- Sargeant, A. J. (1987). Effect of muscle on leg extension force and short-term power output in humans. *Journal of Applied Physiology*, 56, 693—698.
- Shellock, F. G. and Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267—278.
- Skurvydas, A. (1998). *Judesių valdymo ir sporto fiziologijos konspektai*. Metodinė priemonė. Kaunas: LKKI.
- Stanley, D. C., Kraemer, W. J., Howard, R. L., Armstrong, L. E., Maresh, C. M. (1994). The effect of hot water immersion on muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 134—138.
- Westerblad, H., Allen, D. G., Bruton, J. D., Andrade, F. H., Lannergren, J. (1998). Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162 (3), 253—260.

## EFFECT OF HEATING ON KNEE FLEXORS AND EXTENSORS DURING FATIGUING EXERCISE AND RECOVERY

Irina Ramanauskienė<sup>1,2</sup>, Albertas Skurvydas<sup>1</sup>, Marius Brazaitis<sup>1</sup>, Dalia Mickevičienė<sup>1</sup>, Mindaugas Dubosas<sup>1,2</sup>, Nerijus Masiulis<sup>1</sup>  
*Lithuanian Academy of Physical Education<sup>1</sup>, Kaunas University of Technology<sup>2</sup>, Kaunas, Lithuania*

### ABSTRACT

The aim of the present study was to establish the influence of muscle heating on knee-extensors and flexors, during fatiguing exercise and recovery. Ten female basketball athletes with no history of knee ligament injury performed two experiments on “Biodex System Pro 3” device. One hundred knee extensions / flexions with angular velocity of 500 ° / s were obtained (first experiment) and the same dynamic exercise was repeated after the quadriceps muscle had been warmed (second experiment). Before (pre-exercise), ten minutes (post-exercise), and 30 min after the fatiguing exercise, three knee extensions / flexions with angular velocity of 500 ° / s were performed. A blood lactate sample was taken before initial measurements and following exercise at 5 and 30 minutes. The evidence obtained in this study showed that, muscle heating before exercise decreased the peak torque of knee extensors during the first third part of exercise, likewise decreased volume of knee flexors work done. Muscle heating before the exercise had no effect on muscle recovery time, however increased a post-exercise blood lactate value.

**Keywords:** dynamic exercise, work done, peak torque, muscle fatigue, recovery, heating.

Gauta 2005 m. rugpjūčio 27 d.  
Received on August 27, 2005

Priimta 2005 m. gruodžio 28 d.  
Accepted on December 28, 2005

Irina Ramanauskienė  
Lietuvos kūno kultūros akademija  
(Lithuanian Academy of Physical Education)  
Sporto g. 6, Lt-44221 Kaunas  
Lietuva (Lithuania)  
E-mail Irina.Ramanauskiene@ktu.lt