

# MOTERŲ IR VYRŲ KELIO TIESIAMŲJŲ IR LENKIAMŲJŲ RAUMENŲ SUSITRAUKIMO FUNKCIJOS PRIKLAUSOMYBĖ NUO TEMPERATŪROS

Irina Ramanauskienė<sup>1,2</sup>, Albertas Skurvydas<sup>1</sup>, Marius Brazaitis<sup>1</sup>, Vitas Linonis<sup>2</sup>,  
Laura Daniusevičiūtė<sup>1,2</sup>, Mindaugas Dubosas<sup>1,2</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 lektorė. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: šildymo ir šaldymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui priklausomai nuo lyties ir raumens susitraukimo greičio.

## SANTRAUKA

*Tyrimo tikslas* — nustatyti vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybę nuo temperatūros. *Tiriamųjų kontingentą sudarė* 19–23 m. moterys ( $n = 10$ ) (ūgis —  $166,4 \pm 5,6$  cm; kūno masė —  $56,2 \pm 6,1$  kg) ir vyrai ( $n = 10$ ) (ūgis —  $177,8 \pm 5,8$  cm; kūno masė —  $78,2 \pm 6,1$  kg), atrinkti taikant atsitiktinės atrankos metodą. *Tiriamieji buvo testuoti* izokinetiniu dinamometru. *Registruojame šiuos kinematinis rodiklius:* maksimaliosios jėgos momentą (MJM) ir vidutinį galingumą (VG) (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $450^\circ/s$  greičiu), kai raumenys buvo įprastinės temperatūros, pašildyti (tiriamieji 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra —  $45 \pm 1^\circ C$ ) ir pašaldyti (tiriamieji du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) panardino kojas į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra —  $15 \pm 1^\circ C$ ). Tarp tyrimų buvo daroma ne mažesnė kaip mėnesio pertrauka. *Matuojama vidinė raumens temperatūra (pradinė) adatininiu termometru. Raumens temperatūros matavimo procedūra pakartotinai atlikta iš karto po raumens šildymo ir šaldymo.*

*MJM ir VG tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $450^\circ/s$  greičiu priklauso nuo raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ( $p = 0,000$ ) ir lyties ( $p = 0,000$ ). Tiesiamųjų raumenų MJM ir VG reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų, 45 min raumenį pašildžius ( $39,5 \pm 0,2^\circ C$ ) ir 30 min pašaldžius ( $32,5 \pm 0,3^\circ C$ ), vidinė raumens temperatūra reikšmingai padidėjo ( $p < 0,05$ ), palyginti su pradine (prieš šildymą —  $36,9 \pm 0,1^\circ C$ , prieš šaldymą —  $36,8 \pm 0,2^\circ C$ ). MJM (vyrų —  $p = 0,875$ , moterų —  $p = 0,146$ ) ir VG (vyrų —  $p = 0,947$ , moterų —  $p = 0,296$ ) tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $450^\circ/s$  greičiu nepriklauso nuo raumens temperatūros.*

*Gauti rezultatai parodė, kad temperatūros pokytis reikšmingai nepakeitė tiek vyrų, tiek moterų, kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių, tačiau vyrų raumens izokinetinio susitraukimo jėgos ir galingumo reikšmės buvo didesnės negu moterų. Tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų.*

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

## ĮVADAS

**A**tlikti tyrimai rodo, kad raumenų gebėjimas ugdyti jėgą priklauso nuo lyties, raumenų masės, raumeninių skaidulų (I, II A ir II B) ir raumens susitraukimų tipo (izometrinio, koncentrinio, ekscentrinio), raumenų aktyvavimo savybių (temperatūros poveikio organizmui) (Henriksson-Larsen, 1985; Simoneau, Bouchard, 1989; Kanehisa et al., 1996; Pincivero et al., 2000 a, b; Hunter, Enoka, 2001). Nustatyta, kad vyrų jėga yra didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės, galingumo, vyraujančių greitųjų raumeninių skaidulų (II B tipo). Žinoma, kad tiesioginis

galūnių šildymas ir šaldymas gali paveikti jėgos kaitą izokinetinių pratimų metu (Sargeant, 1987). Priklausomai nuo fizinio aktyvumo ir aplinkos temperatūros gali kisti žmogaus raumenų temperatūra. Pašildžius raumenį didėja veikimo potencialo plitimo sarkolema greitis, aktyvėja ATP hidrolizė, raumens skersiniai tilteliai po šildymo geba daugiau kartų sukibti, mažėja raumens klampumas, didėja jo tamprumas ir paslankumas, spartėja raumens susitraukimas ir atsipalaidavimas, mažėja raumens nuovargis (Ball et al., 1999). Raumenį šaldant gaunami priešingi rezultatai. Po šaldymo sumažė-

ja raumens jėga, galingumas (Oksa et al., 1996), greitis ir susitraukimas, sulėtėja medžiagų apykaita, dėl sulėtėjusios ATP hidrolizės ir rezintezės,  $Ca^{+2}$  ir miofibrilės nėra pakankamai aprūpinamos ATP (Ferretti, 1992). Nepavyko rasti darbų, nagrinėjančių skirtingos temperatūros poveikį moterų ir vyrų griaučių raumenims, esant dideliame raumenų susitraukimo greičiui. Šio **tyrimo tikslas** — nustatyti vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybę nuo temperatūros. **Hipotezė** — spėjame, kad (tiesiant ir lenkiant kelį fiksuotu  $450^\circ / s$  greičiu) prieš krūvį pašildytas raumuo padidins raumenų jėgą ir galingumą, o pašaldytas — sumažins.

## TYRIMO METODIKA

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

**Kojos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų savybių testavimo metodika.** Tiriamieji buvo testuojami „Biodex System PRO 3“ (sertifikuota ISO 9001 EN 46001) — žmogaus kaulų ir raumenų testavimo bei reabilitacijos aparatūra (*Biodex System PRO 3*). Tiriamieji po neintensyvios pramankštos — 10 min bėgimo (pulso dažnis — 110–130 tv. / min) — sodinami į „Biodex System PRO 3“ įrenginio kėdę, testuojama dominuojanti koja. Nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus ir sulenkus koją), koja per kelio sąnari fiksuojama  $90^\circ$  kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota  $105 \pm 5^\circ$  kampu. Registravome raumenų maksimaliosios jėgos momentą ir vidutinį galingumą.

**Raumenų pasyvaus šildymo metodika.** Tiriamieji 45 minutes kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra —  $45 \pm 1^\circ C$  (Sargeant, 1987). Šitaip buvo padidinta kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų temperatūra. Keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje padidėjo  $39,5 \pm 0,2^\circ C$  (prieš šildymą buvo  $36,9 \pm 0,1^\circ C$ ).

**Raumenų pasyvaus šaldymo metodika.** Tiriamieji du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) kojas panardino į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra —  $15 \pm 1^\circ C$  (Meeusen and Lievens, 1986; Eston, Peters, 1999). Keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gyly-

je sumažėjo  $32,5 \pm 0,3^\circ C$  (prieš šaldymą buvo  $36,8 \pm 0,2^\circ C$ ).

**Vidinės raumens temperatūros matavimo metodika.** Vidinė raumens temperatūra buvo matuojama adatiniumi termometru (*Ellab A / S, tipas DM 852, Danija*). Matuojama pradinė raumens temperatūra. Įdūrimo vieta dezinfekuojama 5% spiritiniu jodo tirpalu. Įduriama į šoninio plačiojo šlaunies raumens (*vastus lateralis*) vidurinį trečdalį (3 cm gilumu), šone nuo šlaunikaulio. Tokiame raumens gylyje užregistruota temperatūra laikoma vidutine dirbančiųjų raumenų temperatūra (Blomstrand et al., 1984). Raumens temperatūros matavimo procedūra pakartotinai atliekama iš karto po raumens šildymo ir šaldymo. Adatinis termometras po kiekvieno panaudojimo sterilizuojamas autoklave (gamintojas: *M.O.COM Via delle Azlee 1, 20090 Buccinaso, Italija*). Sterilizacijos proceso laikas — 30 min, temperatūra —  $121^\circ C$ .

**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  $39,5 \pm 0,3^\circ C$ , trečio — sumažinta  $32,5 \pm 0,3^\circ C$ . Visų eksperimentų eiga (kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas) buvo ta pati. Tiriamieji prieš kiekvieną eksperimentą buvo supažindinami su jo eiga ir mokomi atlikti pratimą. Kambario temperatūra viso tyrimo metu buvo pastovi ( $20$ – $22^\circ C$ ). Prieš šildymą ir šaldymą adatiniumi termometru buvo matuojama (kontrolinė) vidinė raumens temperatūra. Registruojant kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų rodiklius buvo atliekamas kontrolinis testavimas 3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnari fiksuotu  $450^\circ / s$  greičiu. Vidinė raumens temperatūros matavimo procedūra pakartotinai atlikta iš karto po raumens šildymo ir šaldymo.

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

## REZULTATAI

Tyrimo rezultatai parodė: kai raumuo susitraukinėja maksimaliai valingai, maksimaliosios jėgos momentas (MJM) tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $450^\circ / s$  greičiu priklauso nuo lyties ( $p = 0,000$ ). Vyrų MJM priklauso nuo raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ( $p = 0,005$ ). Nustatytas reikšmingas raumens atlie-

kamo darbo (tiesimo—lenkimo) ir lyties ryšio skirtumas ( $p = 0,000$ ) (1 lent.). Vyrų kelio tiesiamųjų ( $p < 0,001$ ) ir lenkiamųjų ( $p < 0,01$ ) raumenų MJM yra didesnis negu moterų (1 pav.).

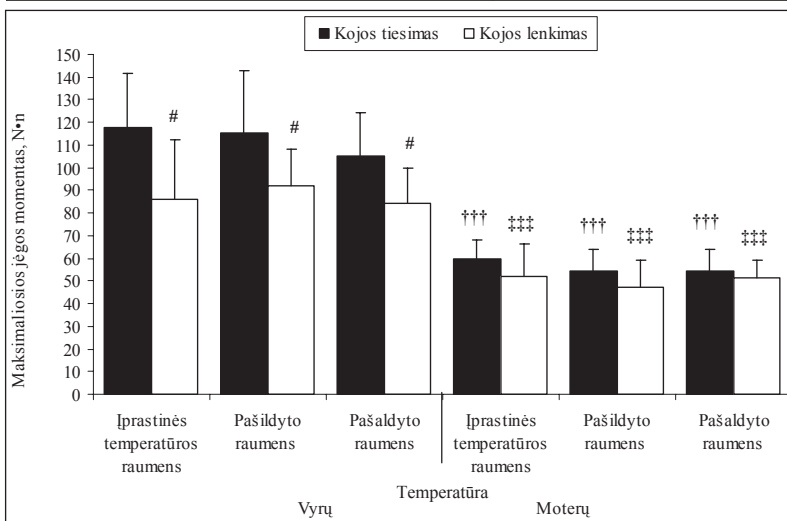
Nustatėme, kad vidutinis galingumas (VG) tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu  $450^\circ / s$  greičiu priklauso nuo raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) (vyrų —  $p = 0,002$ ; moterų —  $p = 0,001$ ) ir nuo lyties ( $p = 0,014$ ).

Priklausomybė nuo:	Vyrų	Moterų
	Maksimaliosios jėgos momentas	
Temperatūros	$p = 0,875$	$p = 0,146$
Raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo)	$p = 0,005$	$p = 0,222$
Lyties	$p = 0,000$	
Sąveikos (lytis—raumens atliekamas darbas)	$p = 0,000$	
Sąveikos (lytis—temperatūra)	$p = 0,838$	
Sąveikos (raumens atliekamas darbas—temperatūra)	$p = 0,976$	

1 lentelė. Maksimaliosios jėgos momento dispersinė dviejų veiksmų analizė

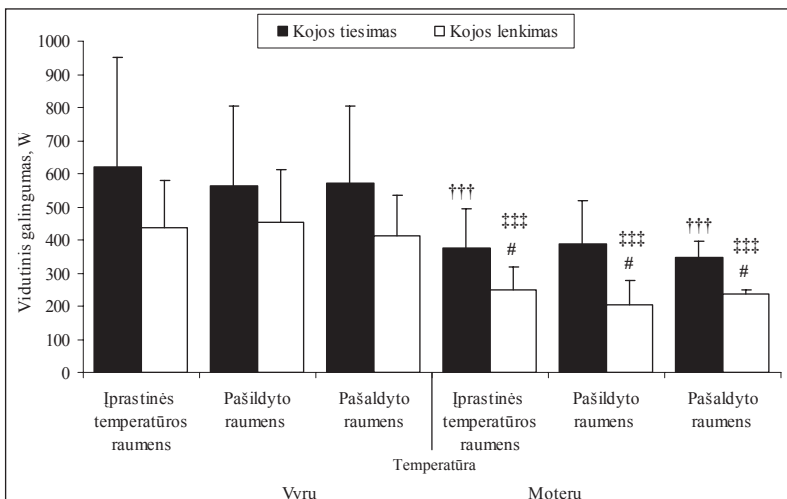
Priklausomybė nuo:	Vyrų	Moterų
	Vidutinis galingumas	
Temperatūros	$p = 0,947$	$p = 0,296$
Raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo)	$p = 0,002$	$p = 0,001$
Lyties	$p = 0,014$	
Sąveikos (lytis—raumens atliekamas darbas)	$p = 0,013$	
Sąveikos (lytis—temperatūra)	$p = 0,996$	
Sąveikos (raumens atliekamas darbas—temperatūra)	$p = 0,707$	

2 lentelė. Vidutinio galingumo dispersinė dviejų veiksmų analizė



1 pav. Maksimaliosios jėgos momento rodikliai atliekant izokinetinį raumens susitraukimą — tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį  $450^\circ / s$  greičiu

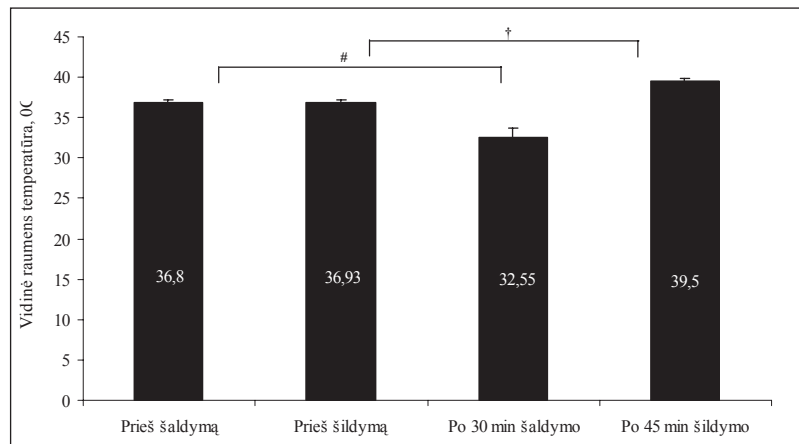
**Pastaba.** # —  $p < 0,05$  — kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ††† —  $p < 0,001$  — vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ‡‡‡ —  $p < 0,01$  — vyrų ir moterų kelio lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.



2 pav. Vidutinio galingumo rodikliai atliekant izokinetinį raumens susitraukimą — tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį  $450^\circ / s$  greičiu

**Pastaba.** # —  $p < 0,05$  — kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ††† —  $p < 0,001$  — vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ‡‡‡ —  $p < 0,01$  — vyrų ir moterų kelio lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.

3 pav. Vidinė raumens temperatūra prieš šildymą ir šaldymą, po 30 min. šaldymo ir 45 min. šildymo



**Pastaba.** † —  $p < 0,001$ , vidinė raumens temperatūra reikšmingai skiriasi prieš šildymą ir pašildžius raumenis 45 min; # —  $p < 0,05$  — vidinė raumens temperatūra reikšmingai skiriasi prieš šaldymą ir pašaldžius raumenis 30 min.

Nustatytas reikšmingas raumens atliekamo darbo (tiesimo—lenkimo) ir lyties ryšio skirtumas ( $p = 0,013$ ) (2 lent.). Gauti rezultatai parodė, kad vyrų kelio tiesiamųjų ( $p < 0,001$ ) ir lenkiamųjų ( $p < 0,01$ ) raumenų VG yra didesnis negu moterų (2 pav.).

Vidinė raumens temperatūra po 45 min raumens šildymo ( $39,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) ( $p < 0,001$ ) ir 30 min šaldymo ( $32,5 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) ( $p < 0,05$ ) reikšmingai padidėjo, palyginti su pradine (prieš šildymą —  $36,9 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , prieš šaldymą —  $36,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) (3 pav.).

## REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindiniai tyrimo duomenys parodė, kad tiek vyų, tiek moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų temperatūros pokytis reikšmingai nepakeitė maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių, tačiau vyrų raumens izokinetinio susitraukimo jėgos ir galingumo reikšmės buvo didesnės negu moterų. Tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių reikšmės (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnės negu lenkiamųjų.

**Ar nuo lyties priklauso kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodikliai?** Šio tyrimo rezultatai sutampa su kitų mokslininkų gautaisiais, įrodančiais, kad visos vyrų raumenų rodiklių reikšmės buvo didesnės negu moterų, atliekant izokinetinius pratimus (50 kojos tiesimų—lenkimų) dideliu ( $450^{\circ} / \text{s}$ ) greičiu. Nustatyta, kad vyrų jėga yra didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės ir galingumo (Kanehisa et al., 1996; Pincivero et al., 2000 a, b; Hunter, Enoka, 2001). Manoma, kad vyrų raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos (II B tipo), kurių susitraukimo jėga, greitis bei atsipalaidavimo greitis yra didelis (Henriksson-Larsen, 1985; Simoneau, Bouchard,

1989), tai gali būti didesnės vyrų raumenų jėgos ir galingumo priežastimi. D. M. Pincivero ir kt. (2003) analizavo vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos bei galingumo skirtumą, atliekant izokinetinį testą (30 tiesimų—lenkimų,  $180^{\circ} / \text{s}$  greičiu) ir raumenims susitraukiant koncentrinu režimu. Atlikto tyrimo duomenys sutampa su šių mokslininkų gautaisiais, įrodančiais, kad vyrų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga buvo didesnė negu moterų. M. J. Davies ir G. P. Dalsky (1997) atliko eksperimentą, kurio metu, naudodami *Cybox II* izokinetinį dinamometrą, testavo vyrų ir moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momentą. Mokslininkai duomenis apskaičiavo pagal kūno masę. Rezultatai parodė, kad maksimaliosios jėgos momentas buvo didesnis vyrų nei moterų, tačiau moterų jėga izokinetinio pratimo metu buvo stabilesnė negu vyrų (Davies, Dalsky, 1997). Viena iš galimų aiškinimo priežasčių, kodėl vyrų jėga ir galingumas izokinetinio krūvio metu yra mažesni negu moterų yra ta, kad vyrų raumenyse vyrauja greitosios raumeninės skaidulos (II B tipo), kurių susitraukimo jėga, greitis bei atsipalaidavimo greitis yra didelis (Henriksson-Larsen, 1985; Simoneau and Bouchard, 1989), tačiau jėgos atsigavimo po nuovargio greitis — lėtas.

**Kodėl raumens maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodikliai nepriklauso nuo temperatūros?** Atlikto tyrimo rezultatai parodė, kad raumenų temperatūros pokytis reikšmingai nepakeitė kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento bei vidutinio galingumo rodiklių ir nepriklausė nuo lyties. Tačiau A. J. Sargeant (1987) nustatė, kad temperatūros pakeitimas padidina raumenų jėgą (minant veloergometrą, jėga ir galingumas padidėdavo 4%, kai raumens temperatūra padidinama  $1^{\circ}\text{C}$ ). Taip pat šis mokslininkas įrodė, kad maksimalioji jėga

reikšmingai sumažėjo šaldant raumenį vandenyje dviejopa temperatūra (18 ir 12°C), lyginant su įprastinės raumens temperatūros (36°C) rodikliais, kai krūvis atliekamas veloergometru izokinetiniu režimu. D. C. Stanley ir kt. (1994) taikė tokį pat šildymo metodą kaip A. J. Sargeant (1987), tačiau pašildžius raumenis jėga ir galingumas atliekant izokinetinius kelio tiesimo pratimus nebuvo didesni. D. M. Linnane ir kt. (2004) nustatė, kad pašildžius raumenis 43°C vandens temperatūros vonioje (14 min), reikšmingai padidėjo maksimalioji jėga (įprastinės temperatūros raumens (ITR) — 646 W, pašildyto — 683 W), galingumas (ITR — 990 W, pašildyto — 1057 W) ir atliktas darbas (ITR — 19,37 W, pašildyto — 20,48 W), krūvį atlikus veloergometru (maksimaliu intensyvumu) koncentrinu režimu. Taigi, atlikus 30 mynimų veloergometru, jėga padidėjo 6% tuomet, kada kūno temperatūra pakilo 1°C (Linnane et al., 2004). S. Cheung ir G. Sleivert (2004) atliko tyrimą, kurio metu taip pat pasyviai šildė raumenis 39°C, tačiau nesumažino dinaminės jėgos ugdymo. Vadinas, pakilusi vidinė organizmo temperatūra prisitaiko prie atmosferos pokyčių. Remiantis A. J. Sargeant (1987) metodika manoma, kad keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje būna apie  $38,9 \pm 0,3^\circ\text{C}$ , mūsų tyrimo duomenys sutampa su šio mokslininko pateiktaisiais —  $39,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$ . D. Bishop ir kt. (2003) nustatė, kad raumenų temperatūros padidėjimas,

skirtingai negu šaldymas, teigiamai veikia raumenų elastingumą, pagerina kraujo tėkmę raumenyse, pagreitina metaboline reakcijas, padidina veikimo potencialo sklaidimo sarkolema greitį (Shellock, Prentice, 1985), miozino ir kalcio ATP-azių aktyvumą (Ichihara, 1998). C. G. Matalcola ir D. H. Perin (1993) atliko pado lenkiamųjų raumenų izokinetinį testą ir įrodė, kad jėga reikšmingai padidėja, kai raumenys pašaldomi 15°C temperatūra. Visgi krintant raumenų temperatūrai, mažėja ir jų susitraukimo greitis, maksimalioji jėga, raumens galingumas, tačiau didėja atsipalaidavimo greitis (De Ruyter and De Haan, 2000). Atlikto tyrimo duomenys sutampa su R. Meeusen ir I. Lievens (1986) gautaisiais, kad keturgalvio šlaunies raumens vidinė temperatūra, pašaldžius kojas du kartus po 15 min (vandens temperatūra —  $15 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ), sumažėja 7–10°C.

## IŠVADOS

Temperatūros pokytis reikšmingai nepakeitė tiek vyrų, tiek moterų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių, tačiau vyrų raumens izokinetinio susitraukimo jėgos ir galingumo reikšmės buvo didesnės negu moterų. Tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodiklių reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų.

## LITERATŪRA

- 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.
- Bishop, D., Bonetti, D., Spencer, M. (2003). The effect of an intermittent, high-intensity warm-up on supramaximal kayak ergometer performance. *Journal of Sports Science*, 21 (1), 13—20.
- 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.
- Cheung, S., Sleivert, G. (2004). Lowering of skin temperature decreases isokinetic maximal force production independent of core temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 91 (5—6), 723—728.
- Davies, M. J., Dalsky, G. P. (1997). Normalizing strength for body size differences in older adults. *Medicine Science of Sports Exercise*, 29 (5), 713—717.
- 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.
- Ferretti, G. (1992). Cold and muscle performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13, S 185—187.
- Henriksson-Larsen, K. (1985). Distribution, number and size of different types of fibres in whole cross-sections of female m tibialis anterior. An enzyme histochemical study. *Acta Physiologica Scandinavica*, 123 (3), 229—235.
- Hunter, S. K., Enoka, R. M. (2001). Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 91 (6), 2686—2694.
- Ichihara, Y. (1998). Effect of temperature on Ca induced Ca release (CICR) rate. *Masui*, 47 (3), 281—285.
- Kanehisa, H., Okuyama, H., Ikegawa, S., Fukunaga, T. (1996). Sex difference in force generation capacity during repeated maximal knee extensions. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73 (6), 557—562.
- Linnane, D. M., Bracken, R. M., Brooks, S., Cox, V. M., Ball, D. (2004). Effects of hyperthermia on the metabolic responses to repeated high-intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 159—166.
- Matalcola, C. G. and Perrin, D. H. (1993). Effect of cold water application on isokinetic strength of the plantar flexors. *Isokinetic Exercise Science*, 3, 152—154.
- Meeusen, R. and Lievens, I. (1986). The use of cry therapy in sport injuries. *Sports Medicine*, 3, 398—414.

- Oksa, J., Rintamaki, H., Mäkinen, 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.
- Pincivero, D. M., Coelho, A. J., Erikson, W. H. (2000 a). Perceived exertion during isometric quadriceps contraction. A comparison between men and women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40 (4), 319—326.
- Pincivero, D. M., Gandaio, C. M., Ito, Y. (2003). Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (2), 134—141.
- Pincivero, D. M., Gear, W. S., Sterner, R. L., Karunakara, R. G. (2000 b). Gender differences in the relationship between quadriceps work and fatigue during high intensity exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 14, 202—206.
- De Ruiter, C. J., De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force-velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 440, 163—170.
- 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.
- Shellock, F. G., Prentice, W. E. (1985). Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. *Sports Medicine*, 2, 267—278.
- Simoneau, J. A., Bouchard, C. (1989). Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *American Journal of Physiology*, 257 (4 Pt 1), 567—672.
- Stanley, D. C., Kraemer, W. J., Howard, R. L., Armstrong, L. E., Maresch, C. M. (1994). The effect of hot water immersion on muscle strength. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 8, 134—138.

## EFFECT OF VARIOUS TEMPERATURES ON KNEE FLEXORS AND EXTENSORS FOR MALES AND FEMALES

Irina Ramanauskienė<sup>1,2</sup>, Albertas Skurvydas<sup>1</sup>, Marius Brazaitis<sup>1</sup>, Vitas Linonis<sup>2</sup>,  
Laura Daniusevičiūtė<sup>1,2</sup>, Mindaugas Dubosas<sup>1,2</sup>

Lithuanian Academy of Physical Education<sup>1</sup>, Kaunas University of Technology<sup>2</sup>,  
Kaunas, Lithuania

### ABSTRACT

The aim of the study was to establish the influence of muscle heating and cooling on knee-flexors and extensors for males and females.

The participants of the study were 10 healthy males, aged 19—23 years; height —  $177.8 \pm 5.8$ ; weight —  $78.2 \pm 6.1$  and 10 females, aged 18—23 years; height —  $166.4 \pm 5.6$ ; weight —  $56.2 \pm 6.1$ , with no history of knee ligament. The study was performed in the human motoric laboratory of Lithuanian Academy of Physical Education in the year 2005 / 2006. The participants of the study were seated in isokinetic dynamometer (*Biodex System PRO3*) and positioned when the hip joint is at 90 degrees. Each person made three repetitions (extension—flexion) to adapt the performed exercise. The test was based on three repetitions of full range movement in knee joint at the speed of  $450^\circ / s$  (corrected after considering gravitation). There was 1 minute break between each three measurements: first experiment, when the knee joint movement is at the speed of  $450^\circ / s$ , second experiment, when the same exercise was repeated after the quadriceps muscle had been heated, third experiment, when it had been cooled. Before and after muscle cooling or heating we measured muscle temperature with a needle thermometer (*Ellab A / S, tipe DM 852, Denmark*). The evaluated parameters were: peak torque (measured in N•m) and average power (measured in W).

After the individual analysis of values, we found that muscle heating or cooling before the exercise did not decrease power in max speed of knee extensors and flexors for males and females. Data analysis has showed that males obtained higher values of power in max speed and average power in flexion and extension at  $450^\circ / s$  velocity. The core muscle temperature after 45 min heating was  $39.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$  (before —  $36.9 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ), after 30 min cooling —  $32.5 \pm 0.3^\circ\text{C}$  (before —  $36.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ).

The evidence obtained in this study showed that muscle heating or cooling before the exercise did not decrease power in max speed of knee extensors and flexors for males and females.

**Keywords:** knee extensions / flexions, muscles heating and cooling, gender.

Gauta 2006 m. gegužės 25 d.  
Received on May 25, 2006

Priimta 2006 m. rugsėjo 12 d.  
Accepted on September 12, 2006

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