

SKIRTINGOS TEMPERATŪROS POVEIKIS KELIO TIESIAMŪJŲ IR LENKIAMŪJŲ RAUMENŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI

Irina Ramanauskienė^{1,2}, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹, Vitas Linonis², Aleksas Stanislovaitis¹, Mindaugas Dubosas^{1,2}

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas², 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 bei atsigavimui priklausomai nuo lyties ir raumens susitraukimo greičio.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti, kaip skirtinga temperatūra veikia kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgą, nuovargį ir atsigavimą. *Tiriamieji* — fiziškai aktyvūs 19–23 metų vyrai ($n = 10$) (ūgis — $177,8 \pm 5,8$ cm; kūno masė — $78,2 \pm 6,1$ kg). Buvo atlikti trys eksperimentai skirtingai raumenų būsenai įvertinti. *Tiriamieji testuoti* „Biodex Medical System 3“ — žmogaus kaulų ir raumenų testavimo ir reabilitacijos įranga, kai raumenys įprastinės temperatūros, pašildyti ir pašaldyti. Buvo atliekama: kontrolinis testavimas prieš krūvį (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu); praėjus 2 min — izokinetinis krūvis (50 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu); praėjus 10, 30 min, 1 h 10 min ir 24 h po krūvio — kontrolinis testavimas pagal tą patį protokolą. Laktato (La) koncentracija kraujyje buvo nustatoma prieš fizinį krūvį bei praėjus 5 ir 30 min po jo. Kreatiniazės (CK) aktyvumas kraujyje serume nustatomas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo.

Raumenų susitraukimo jėga esant maksimaliajam greičiui testavimo metu tiesiant koją sumažėjo ~ 80%, lenkiant — ~ 85%. Kelio tiesiamųjų raumenų jėga 50-o susitraukimo metu ($A 0$) sumažėjo (įprastinės temperatūros tiesiamųjų raumenų — $18,1 \pm 14,2$ N·m, pašildytų — $19,9 \pm 14,3$ N·m, pašaldytų — $20,8 \pm 9,2$ N·m; įprastinės temperatūros lenkiamųjų raumenų — $9,0 \pm 7,2$ N·m, pašildytų — $8,3 \pm 8,9$ N·m, pašaldytų — $5,8 \pm 5,2$ N·m ($p < 0,05$, lyginant su kontroline reikšme).

Gauti rezultatai parodė, kad skirtinga temperatūra reikšmingai nepakeitė kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos esant maksimaliajam greičiui. Raumenų atsparumas nuovargiui 50 kartų tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį nepriklauso nuo šildymo ir šaldymo. Raumenų susitraukimo jėga esant fiksuotam $450^\circ / s$ greičiui atsigavo praėjus 10 min po krūvio nepriklausomai nuo temperatūros. Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš krūvį netiesiogiai sumažino raumens pažeidimo simptomų (CK) raišką praėjus 24 h po krūvio. Skirtinga raumenų temperatūra po krūvio reikšmingai nepakeitė La koncentracijos kaitos.

Raktažodžiai: izokinetinis krūvis, raumenų susitraukimo jėga esant maksimaliajam greičiui, raumenų nuovargis ir atsigavimas, raumenų šildymas, šaldymas.

IVADAS

Svarbus žmogaus motorinės sistemos funkcinis požymis yra jos gebėjimas prisitaikyti prie įvairių aplinkos dirgiklių. Motorinės sistemos galimybės gali labai kisti, ypač morfologinės ir funkcinės (Enoka, 1994). Dauguma fiziologinių ir kitų organizme vykstančių procesų yra glaudžiai susiję su kūno temperatūros pokyčiais (Bennett, 1990). 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 (Oksa and Rintamaki, 1995), taip pat galingumas (Oksa et al., 1996) sumažėja nukritus raumenų temperatūrai. K. Backx ir kt. (2000) teigė, kad pakilusios temperatūros raumenų jėgos rodikliai gali pagerėti, kai yra atliekami didelio intensyvumo pratimai. Pašildžius raumenį padidėja jo galingumas, dėl pagreitėjusios ATP hidrolizės spartėja raumens atsipalaidavimas, dėl pagreitėjusio Ca^{2+} pernešimo į sarkoplazminį tinklą padidėja raumens susitrau-

kimo greitis, nes raumens skersiniai tilteliai po šildymo geba daugiau kartų sukibti (Ichihara, 1998). Raumenį šaldant gaunami atvirkštiniai rezultatai. Po šaldymo sumažėja raumens jėga, galingumas (Mattacola and Perrin; 1993; Oksa and Rintamaki, 1995), greitis ir susitraukimas, sulėtėja medžiagų apykaita (Ferretti, 1992).

Nepavyko rasti darbų, nagrinėjančių temperatūros poveikį žmogaus griaučių raumenims, esant dideliame raumenų susitraukimo greičiui. Todėl mūsų **tyrimo tikslas** — nustatyti, kaip skirtinga temperatūra veikia kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgą, nuovargį bei atsigavimą, kai koja tiesiama ir lenkiama per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu.

Hipotezė — spėjame, kad prieš krūvį pašildytas raumuo pavargs greičiau nei įprastinės būsenos raumuo ar pašaldytas, kai yra atliekama 50 kojos tiesimų ir lenkimų fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu. **Tyrimo naujumas** — nustatėme, kaip pasyvus šildymas ir šaldymas veikia raumenų valingų judesių atlikimo efektyvumą, raumenų nuovargį ir atsigavimą maksimalaus intensyvumo fizinio krūvio metu ir po jo.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji — fiziškai aktyvūs 19—23 metų vyrai ($n = 10$; ūgis — $177,8 \pm 5,8$ cm; kūno masė — $78,2 \pm 6,1$ kg). Tiriamieji nesikeitė. Jie buvo supažindinti su tyrimo tikslais, metodais, procedūra ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime jie patvirtino raštu. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos. Tyrimo protokolas aprobuotas KMU bioetikos komisijoje (Protokolo Nr. 80 / 2004).

Kojos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų savybių testavimo metodika. Tiriamieji buvo testuojami „Biodex Medical System 3“ — žmogaus kaulų ir raumenų testavimo bei reabilitacijos aparatūra. Tiriamieji sodinami į „Biodex Medical System“ įrenginio kėdę, testuojama dominuojanti koja. Nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus ir sulenkus koja), koja fiksuojama per kelio sąnarį 90° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota $105 \pm 5^\circ$ kampu.

Raumenų pasyvaus šildymo metodika. Tiriamieji 45 minutes kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ C$. Šitaip buvo padidinta kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų temperatūra. Remiantis A. J. Sargeant

(1987) metodika, keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje būna apie $38,9 \pm 0,3^\circ C$. Tokiame raumens gylyje užregistruota temperatūra laikoma vidutine dirbančiųjų raumenų temperatūra (Blomstrand et al., 1984).

Raumenų pasyvaus šaldymo metodika. Tiriamieji kojas du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) panardindavo į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra — $15 \pm 1^\circ C$ (Meeusen and Lievens, 1986; Ducharme et al., 1991; Eston and Peters, 1999). Remiantis R. Meeusen ir I. Lievens (1986) metodika, keturgalvio šlaunies raumens vidinė temperatūra, pašaldžius kojas tokiu būdu, sumažėja $7\text{—}10^\circ C$.

Laktato (La) koncentracijos kraujyje nustatymo metodika. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma *Eksan-G* analizatoriumi (Kulis et al., 1988). Kapiliarinio kraujo mėginiai imti iš piršto prieš krūvį ir praėjus 5 bei 30 min po jo.

Kreatinkinazės (CK) aktyvumo kraujo serume nustatymo metodika. CK aktyvumui kraujo serume įvertinti iš tiriamųjų rankos venos buvo imamas kraujo mėginys (apie 5 ml). Mėginio analizavimo procedūra atlikta KMUK Biochemijos laboratorijoje. Standartinėmis sąlygomis sukrešęjas kraujas $10\text{—}15$ min centrifuguojamas. Biocheminė analizė atlikta naudojant automatinį biocheminį analizatorių „Monarch“ (gamintojas *Instrumentation Laboratory SpA, USA-Italy*). CK aktyvumas kraujo serume buvo vertinamas 1 h prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo (Clarkson, Sayers, 1998).

Tyrimo eiga. Iš viso atlikti trys eksperimentai — kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Tarp tyrimų buvo ne mažesnė kaip mėnesio pertrauka. Eksperimentai vienas nuo kito skyrėsi tik tuo, kad antro metu tiriamųjų, atliekančių izokinetinio krūvio testą, raumenų temperatūra buvo padidinta $\sim 2,7^\circ C$ (Saergeant, 1987), trečio — sumažinta $\sim 7\text{—}10^\circ C$ (Meeusen and Liemens, 1986). Visų eksperimentų eiga (kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas) buvo ta pati. Kambario temperatūra viso tyrimo metu buvo pastovi ($20\text{—}22^\circ C$). Registruojant kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų rodiklius buvo atliekama: kontrolinis testavimas prieš krūvį (3 kartus tiesiant ir lenkiant koja per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu); praėjus 2 min — izokinetinis krūvis (50 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu); praėjus 10, 30 min, 1 h 10 min ir 24 h po krūvio — kontrolinis testavimas pagal

tą patį protokolą. Laktato koncentracija kraujyje buvo nustatoma prieš fizinių krūvių bei praėjus 5 ir 30 min po jo. Kreatinkinazės aktyvumas kraujo serume nustatomas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo.

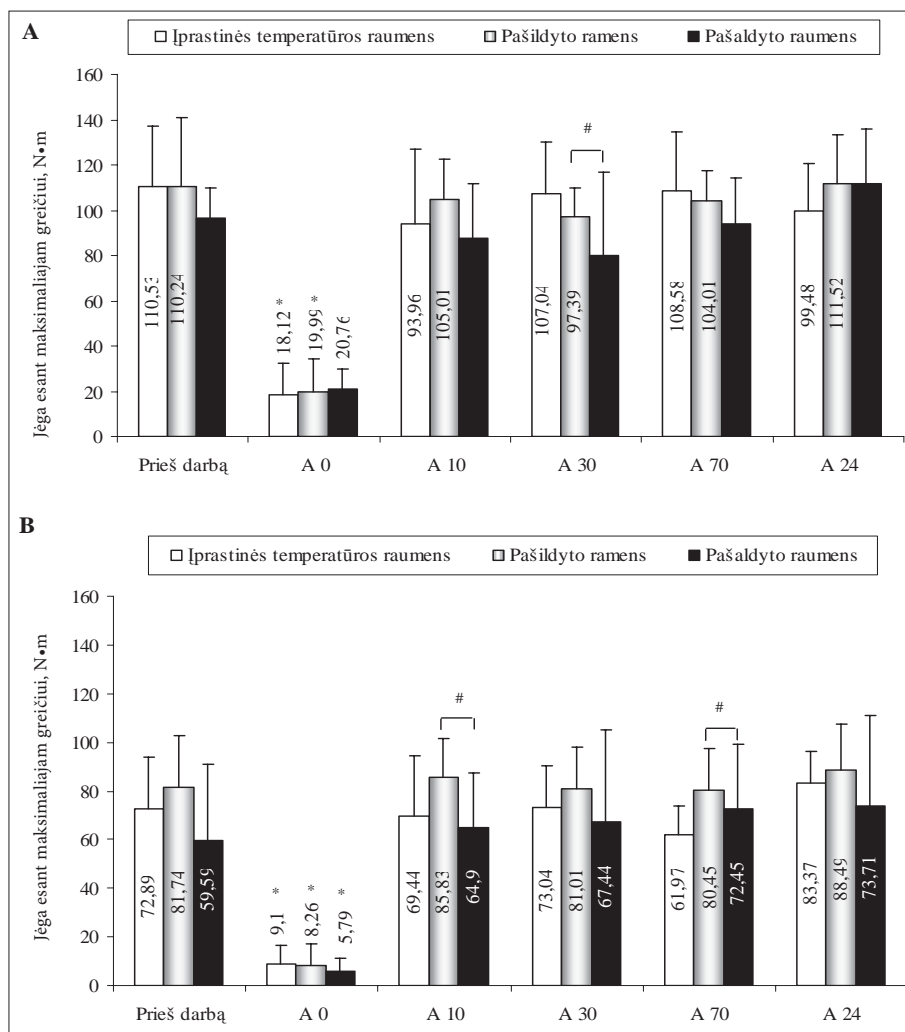
Statistiniai skaičiavimai. Apdorodami tyrimų duomenis, apskaičiavome aritmetinį vidurkį, standartinį nuokrypį. Skirtumų tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal dvipusį nepriklausomų imčių Stjudento *t* kriterijų. Aritmetinių vidurkių skirtumo reikšmingumo lygmuo buvo laikomas svarbiu, kai paklaida mažesnė nei 5% ($p < 0,05$). Skaičiavime naudodamiesi statistiniais *Microsoft® Excel 2003* ir *SPSS* paketais.

REZULTATAI

Tyrimo rezultatai parodė: kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas, pašaldytas ir dirbo maksimaliuoju greičiu, kelio tiesiamųjų bei lenkiamųjų raumenų jėga 50-o susitraukimo

metu (A 0) sumažėjo (įprastinės temperatūros tiesiamųjų raumenų — $18,1 \pm 14,2$ N·m, pašildytų — $19,9 \pm 14,3$ N·m, pašaldytų — $20,8 \pm 9,2$ N·m; įprastinės temperatūros lenkiamųjų raumenų — $9,0 \pm 7,2$ N·m, pašildytų — $8,3 \pm 8,9$ N·m, pašaldytų — $5,8 \pm 5,2$ N·m ($p < 0,05$), lyginant su kontroline reikšme) (1 pav.). Praėjus 30 min (A 30) po krūvio reikšmingai skyrėsi pašildytų ($97,4 \pm 19,4$ N·m) ir pašaldytų ($79,9 \pm 36,7$ N·m) kelio tiesiamųjų raumenų jėga ($p < 0,05$) (1 A pav.). Po krūvio praėjus 10 min (A 10), reikšmingai skyrėsi pašildytų ($85,9 \pm 15,5$ N·m) ir pašaldytų ($64,9 \pm 22,2$ N·m) ($p < 0,05$) kelio lenkiamųjų raumenų jėga; praėjus 1 h 10 min po krūvio (A 70), reikšmingas jėgos skirtumas aptiktas, kai kelio lenkiamieji raumenys buvo įprastinės temperatūros ($61,9 \pm 11,9$ N·m) ir pašildyti ($80,1 \pm 17,1$ N·m) ($p < 0,05$) (1 B pav.).

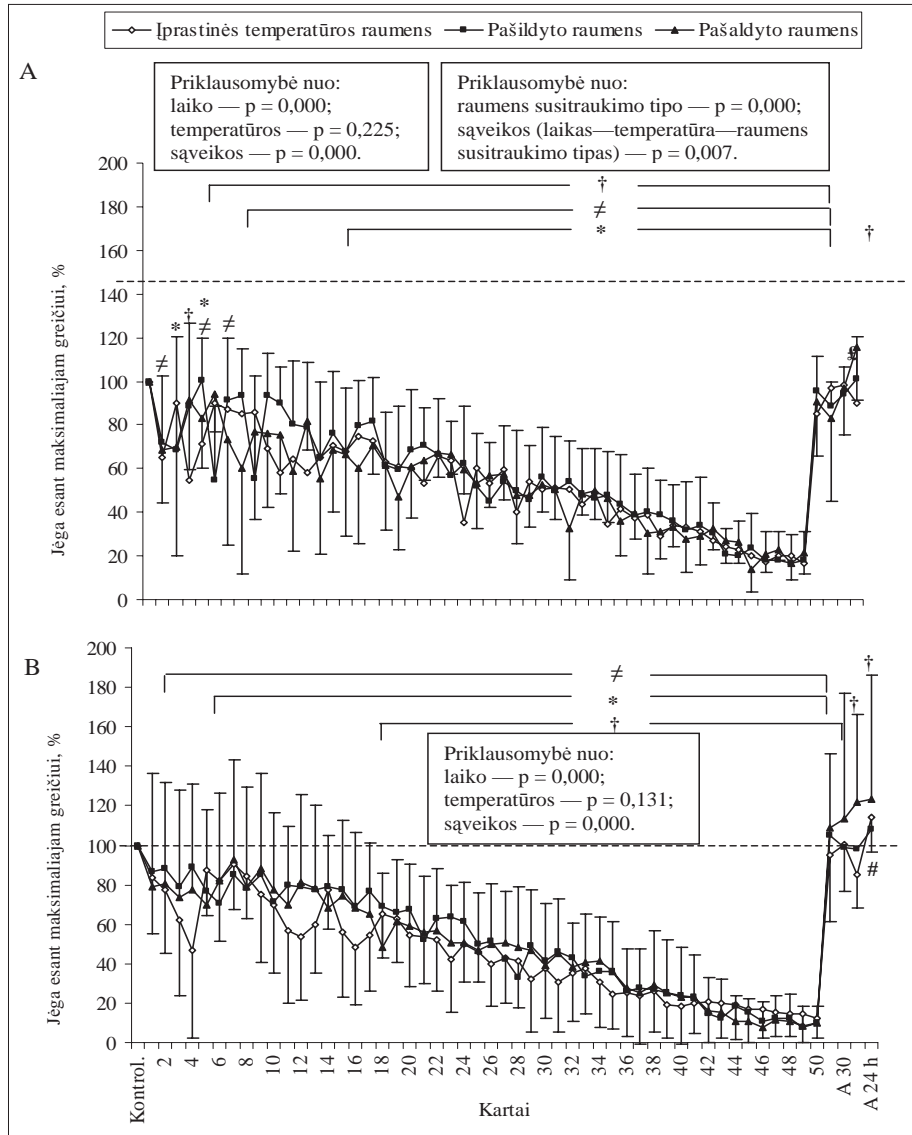
Tyrimo rezultatai parodė, kad raumenų susitraukimo jėga esant maksimaliajam greičiui testavimo metu tiesiant koją sumažėjo ~ 80%, lenkiant — ~ 85% (2 pav.). Kelio tiesiamųjų rau-



1 pav. Jėgos pokytis raumenims susitraukiant maksimaliuoju greičiu (tiesiant (A) ir lenkiant (B) koją per kelio sąnarį prieš krūvį, iš karto po jo (A 0), praėjus 10 (A 10), 30 (A 30) min, 1 h 10 min (A 70) ir 24 h (A 24) po krūvio)

Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su kontroline reikšme; # — $p < 0,05$, lyginant skirtingos temperatūros raumenų jėgos rodiklius.

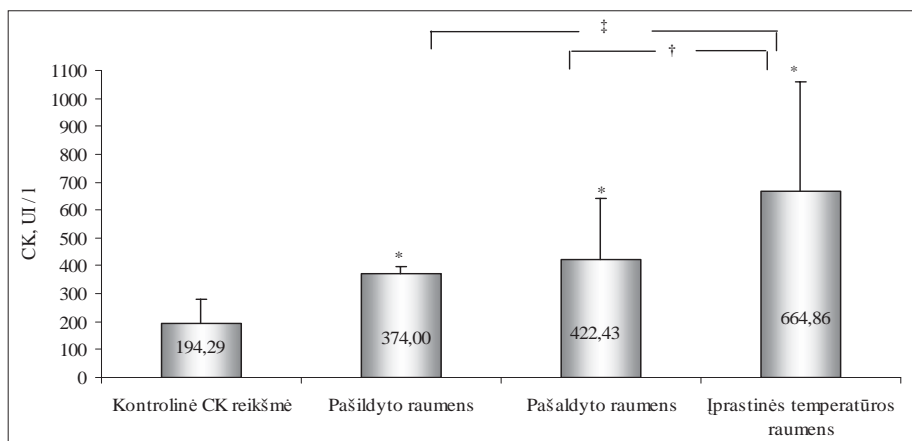
2 pav. Jėgos pokytis raumenims susitraukiant maksimaliu greičiu, kai atliekamas izokinetinis krūvis (tiesiant (A), lenkiant (B) koją per kelio sąnarį fiksuotu 450°/s greičiu bei po krūvio praėjus 10 (A 10), 30 (A 30) min, 1 h 10 min (A 70) ir 24 h (A 24))



Pastaba. $p < 0,05$ — kojos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokytis, lyginant su kontroline reikšme, kai raumuo: # — įprastinės temperatūros, * — pašildytas, † — pašaldytas. # — $p < 0,05$, įprastinės temperatūros ir pašaldytų kojos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.

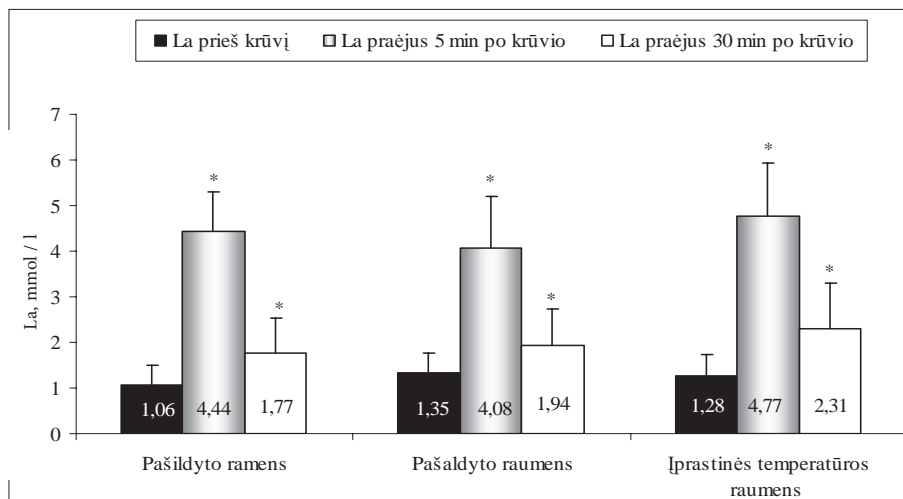
3 pav. Įprastinės temperatūros, pašildyto ir pašaldyto raumenų kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume 1 h prieš krūvį ir praėjus 24 h (A 24) po jo

Pastaba. Matavimai atlikti prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo. * — $p < 0,05$, CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi nuo kontrolinės reikšmės. † — $p < 0,05$, įprastinės temperatūros ir pašaldyto raumenų CK reikšmingai skiriasi; ‡ — $p < 0,05$, įprastinės temperatūros ir pašildyto raumenų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi.



menų jėga statistiškai patikimai atsigavo praėjus 10 min po krūvio ($p < 0,05$) (2 A pav.). Vertindami kelio lenkiamųjų raumenų jėgą pastebėjome reikšmingą pašildyto, pašaldyto ir įprastinės temperatūros raumenų jėgos ($p < 0,05$) sumažė-

jimą, lyginant su kontroline reikšme (2 B pav.). Kai raumuo susitraukinėja maksimaliai valingai, dinaminio susitraukimo jėga tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 450°/s greičiu priklauso nuo laiko ($p = 0,001$) ir nuo raumenų



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

Pastaba. * — $p < 0,001$, La koncentracija kraujyje reikšmingai skiriasi, lyginant su kontroline reikšme.

(agonistas—antagonistas) ($p = 0,001$). Nustatytas laiko, raumens temperatūros ($p = 0,001$) ir laiko, raumens temperatūros ir raumens (agonistas—antagonistas) ($p = 0,007$) sąveikos reikšmingas skirtumas.

Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume, praėjus 24 h (A 24) po izokinetinio krūvio, reikšmingai padidėjo, palyginti su kontroline reikšme ($p < 0,05$), kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Lygindami įprastinės temperatūros ir pašaldytų raumenų CK aktyvumo kraujo serume reikšmės praėjus 24 h po krūvio, aptikome statistiškai reikšmingą skirtumą ($p < 0,05$) (3 pav.). Praėjus 5 min po krūvio (A 5), laktato koncentracija kraujyje reikšmingai padidėjo, palyginti su kontroline reikšme ($p < 0,05$) ir išliko padidėjusi praėjus 30 min po krūvio, kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas ($p < 0,05$) (4 pav.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindiniai tyrimo duomenys parodė, kad šildymas ir šaldymas reikšmingai nepakeitė maksimaliuoju greičiu dirbančių kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos. Raumenų atsparumas nuovargiui 50 kartų tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį nepriklauso nuo šildymo ir šaldymo. Raumenų susitraukimo jėga esant fiksuotam $450^\circ / s$ greičiui nepriklausomai nuo temperatūros atsigavo praėjus 10 min po krūvio. Šildymas ir šaldymas prieš krūvį netiesiogiai sumažino raumens pažeidos simptomus — CK aktyvumą kraujo serume po krūvio praėjus 24 h. La koncentracija kraujyje po krūvio nepriklausė nuo temperatūros.

Kodėl raumens susitraukimo jėga nepriklauso nuo temperatūros? Atlikto tyrimo duomenys sutampa su K. Backx ir kt. (2000) pateiktaisiais: pašildyto raumens rodikliai tiriamajam bėgant tris trumpuosius nuotolius po 30 m nepagerėjo; praėjus 60 min po krūvio (atsigavimo metu) eksperimentas buvo pakartotas pagal tą patį protokolą, tačiau geresni rezultatai gauti tada, kai raumuo nebuvo šildomas. A. J. Sargeant (1987) nustatė, kad temperatūros pakeitimas didina raumenų jėgą (minant veloergometrą, jėga ir galingumas padidėdavo 4%, kai raumens temperatūra būdavo padidinama 1°C). Taip pat šis mokslininkas įrodė kad, maksimalioji jėga reikšmingai sumažėja šaldant raumenį dviejų dydžių temperatūromis (18 ir 12°C), lyginant su įprastinės raumens temperatūros (32°C) rodikliais, kai krūvis atliekamas veloergometru izokinetiniu režimu. L. Nybo ir B. Nielsen (2001) nustatė šildomo raumens jėgos sumažėjimą atliekant didelio intensyvumo pratimus. Jie aiškina, kad jėga sumažėja dėl hipertermijos ir centrinės nervų sistemos nuovargio. D. Bishop ir kt. (2003) nustatė, kad raumenų temperatūros padidėjimas, skirtingai negu šaldymas, teigiamai veikia raumenų elastingumą, deguonies atsiskyrimą nuo hemoglobino ir mioglobino, pagerina kraujo tėkmę raumenyse, pagreitina metabolinės reakcijas, padidina veikimo potencialo sklaidimo sarkolema greitį (Shellock, Prentice, 1985), miozino ir kalcio ATP-azių aktyvumą (Ichihara, 1998). C. G. Matarcola ir D. H. Perin (1993) atliko pado lenkiamųjų raumenų izokinetinį testą ir įrodė reikšmingą jėgos padidėjimą raumenis pašaldžius 15°C temperatūra. D. Ball ir kt. (1999) po raumenų pašildymo taikė ciklinį bėgimą ir nustatė, kad jėga gali padidėti iki 15%. Mūsų tyrimo rezultatai rodo, kad šildymas

ir šaldymas reikšmingai nepakeitė maksimaliuoju greičiu dirbančių kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos.

Kodėl raumenų nuovargis nepriklauso nuo temperatūros? Ilgalaikė raumenų aktyvacija neišvengiamai sukelia raumenų nuovargį. Raumenų nuovargis apibūdinamas kaip negebėjimas išlaikyti reikiamo krūvio intensyvumo (Wessley, Thomas, 1990). Raumenų nuovargio pobūdis priklauso nuo raumens darbo arba aktyvacijos tipo. Yra žinoma, kad ištvėrmė gali pablogėti esant aukštai aplinkos temperatūrai ir priklauso nuo kūno pradinės temperatūros krūvio metu (Febbraio et al., 1994). Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad raumenų atsparumas nuovargiui 50 kartų tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį nepriklauso nuo šildymo ir šaldymo. E. M. Haymes ir R. A. Rider (1983) palygino pašaldytų ir įprastinės temperatūros kelio tiesiamųjų raumenų nuovargį ir nustatė nereikšmingą jėgos sumažėjimą atliekant kelio tiesimo judesius. J. Gonzalez-Alonso ir kt. (1990) teigė, kad šildymas gali sumažinti organizmo pajėgumą atlikti ištvėrmės, ilgos trukmės ar didelio intensyvumo pratimus (Morris et al., 2000). Gana sudėtinga paaiškinti, koks yra raumenų šildymo arba šaldymo poveikio mechanizmas, ar jis veikia raumenų atsigavimo kaitą. Manome, kad raumens funkcijos atsigavimas po dinaminio krūvio (50 kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ / s$ greičiu) yra susijęs su metaboliniu nuovargiu. 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). Manoma, kad raumeninės skaidulos mioplazmoje padaugėja Ca^{2+} , kurie vėliau lemia nuovargio atsiradimą (Westerblad et al., 1993). Atlikto tyrimo duomenys parodė, kad raumenų susitraukimo jėga esant fiksuotam $450^\circ / s$ greičiui nepriklausomai nuo temperatūros atsigavo po krūvio praėjus 10 min.

Kodėl La koncentracija kraujyje nepriklauso nuo temperatūros, o CK aktyvumas kraujyje po 24 valandų reikšmingai skiriasi? Atliekant intensyvių kartotinių ekscentrinį-koncentrinį fizinį krūvį, atsiranda struktūrinis nuovargis, kuris gali paveikti raumenis įvairiai: pažeisti raumenines skaidulas ar net sukelti raumenų pertempimą, plyšimą (Enoka, 1996). Vidinė ląstelių pažeida sukelia uždegiminius procesus ir skausmą, kuris atsiranda praėjus 24–72 valandoms po fizinio krūvio ir atslūgsta

po 5–7 dienų (Cleak and Eston, 1992). Izokinetinio (ekscentrinio-koncentrinio) susitraukimo metu aktyvus raumuo dėl krūvio yra ištempiamas daugiau, negu jis pats gali pailgėti. Dėl tempimo pratimų 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. Viduląstelinę raumenų pažeidą nusako plazmos kreatinkinazės, mioglobino ir baltymų metabolitų padidėjimas juose: per mikroskopą matomi raumeninės skaidulos tarpląsteliniai struktūriniai pokyčiai — suyra miofibrilės, raumeninės skaidulos sarkolema, sarkoplazminis tinklas (Friden, Lieber, 1992). Atlikto tyrimo duomenys sutampa su R. Eston ir D. Peters (1999), S. Sipavičienės ir kt. (2003) gautaisiais — raumenų šaldymas, naudojant šalto vandens vonią pažeistiems raumenims, sumažina kreatinkinazės aktyvumą kraujyje serume po krūvio praėjus 24 h. Tai paaiškinama: po lokalaus raumenų šaldymo sumažėjus limfos ir kraujyje kapiliarų pralaidumui, mažiau kreatinkinazės patenka į raumens limfinę sistemą (Eston and Peters, 1999; Sipavičienė ir kt., 2003).

IŠVADOS

1. Temperatūros pokytis reikšmingai nepakeitė maksimaliuoju greičiu dirbančių kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos. Raumenų atsparumas nuovargiui 50 kartų tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį nepriklauso nuo šildymo ir šaldymo. Raumenų susitraukimo jėga esant $450^\circ / s$ greičiui atsigavo praėjus 10 min po krūvio nepriklausomai nuo temperatūros.
2. Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš krūvį netiesiogiai sumažina raumenų pažeidos simptomus — CK kiekį praėjus 24 h po krūvio. Skirtinga temperatūra po krūvio reikšmingai nepaveikė laktato koncentracijos kraujyje kaitos.

LITERATŪRA

- Backx, K., McNaughton, L., Palmer, G., Carlisle, A. (2000). Effect of differing heat and humidity on the performance and recovery from multiple high intensity, intermittent exercise bouts. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 400—405.
- 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. H. (1990). Thermal dependence of locomotors capacity. *American Journal of Physiology*, 259, R 253—258.
- 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.
- Clarkson, P. A., Sayers, S. P. (1998). Exercise-induced muscle damage in humans. In H. Nose, E. R. Hadel and K. Morimoto (Eds.), *Nagano Symposium on Sport Science* (pp. 545—563). Carmel, IN: Cooper Publishing Group.
- Cleak, M. J. and Eston, R. G. (1992). Muscle soreness, swelling, stiffness and strenght loss after intense eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 26, 267—272.
- Ducharme, M. B., Van Helder, W. P., Radomski, M. W. (1991). Cyclic intramuscularly temperature fluctuations in the human forearm during cold-water immersion. *Journal of Applied Physiology*, 63 (3—4), 193—198.
- Enoka, R. M. (1996). Excentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2339—2346.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology*. Champaign, IL: Human Kinetics. P. 273—283.
- Eston, R. and Peters, D. (1999). Effect of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of Sport Science*, 17, 231—238.
- Febbraio, M. A., Snow, R. J., Hargeaves, M. et al. (1994). Muscle metabolism during exercise and the heat stress in trained men: Effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 76, 589—597.
- Ferretti, G. (1992). Cold and muscle performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13, S 185—187.
- Friden, J., Lieber, R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine Science of Sports Exercise*, 24, 521—530.
- Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, 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.
- Haymes, E. M. and Rider, R. A. (1983). Effect of leg cooling on peak isokinetic torque and endurance. *American Correct Therapy Journal*, 37, 109—115.
- Ichihara, Y. (1998). Effect of temperature on Ca induced Ca release (CICR) rate. *Masui*, 47 (3), 281—285.
- Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic Test* (pp. 345—250). Human Kinetics.
- Kulis, Y. U., Laurinavichyus, A., Firantas, S. G., Kurtinaitene, B. S. (1988). Determination of lactic acid in blood with an exan-G analyzer. *Journal of Analytical Chemistry*, 43 (7), 1521—1523.
- Mattacola, 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.
- Morris, J. G., Nevill, M. E., Williams, C. (2000). Physiological and metabolic responses of female games and endurance athletes to prolonged, intermittent, high-intensity running at 30° and 16°C ambient temperature. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 84—92.
- Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1055—1060.
- 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.
- De Ruyter, 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.
- Sipavičienė, S., Skurvydas, A., Mickevičienė, D., Špokas, M., Masiulis, N. (2003). Šaldymo poveikis raumens atsigavimo dinamikai po ekscentrinio-koncentrinio fizinio krūvio. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (50), 64—70.
- Wessely, S., Thomas, P. K. (1990). The chronic fatigue syndrome (myalgic encephalomyelitis or post viral fatigue). In C. Kennard (Ed.), *Recent Advances in Neurology* (Vol. 6, pp. 85—132). Edinburg: Churchill Livingstone.
- Westerblad, H., Duty, S., Allen, D. G. (1993). Intracellular calcium concentration during low-frequency fatigue in isolated single fibres of mouse skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 75, 382—388.

THE EFFECT OF DIFFERENT TEMPERATURE ON KNEE FLEXORS AND EXTENSORS DURING FATIGUING EXERCISE AND RECOVERY

Irina Ramanauskienė^{1,2}, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹, Vitas Linonis²,
Aleksas Stanislovaitis¹, Mindaugas Dubosas^{1,2}
*Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Technology²,
Kaunas, Lithuania*

ABSTRACT

The aim of the present study was to establish the influence of muscle heating and cooling on knee-flexors and extensors, during fatiguing exercise and recovery. The participants of the study were 10 healthy male, age: 19–23 years; height — 177.8 ± 5.8 ; weight — 78.2 ± 6.1 , with no history of knee ligament. The study was performed in the human motoric laboratory of Lithuanian Academy of Physical Education in year 2005 / 2006. All the subjects have done non-stop 50 repetitions of knee flexion and extension at $450^\circ / s$ range motion on “Biodex System Pro 3” device (first experiment) and the same isokinetic exercise was repeated after the quadriceps muscle had been heated (second experiment) and had been cooled (third experiment). Before (pre-exercise), ten minutes (post-exercise), 30 min, 1 hours 10 min and 24 hours after the fatiguing exercise, three knee extensions / flexions with angular velocity of $450^\circ / s$ were performed. A blood lactate sample was taken before initial measurements and following exercise at 5 and 30 minutes. The increase of CK and muscle pain 24 hours after the fatiguing exercise.

After individual analysis of values, it was found, that muscle heating or cooling before the exercise had no effect on muscle recovery time. Power in max speed was declined (A 0): knee extension normal muscle temperature — 18.1 ± 14.2 N·m, heating muscle temperature — 19.9 ± 14.3 N·m, cooling muscle — 20.8 ± 9.2 N·m; knee flexion normal muscle temperature — 9.0 ± 7.2 N·m, heating muscle temperature — 8.3 ± 9.0 N·m, cooling muscle — 5.8 ± 5.2 N·m ($p < 0.05$). Power in max speed declined: knee extension ~ 80%, flexion ~ 85%.

The evidence obtained in this study showed that, muscle heating or cooling before exercise didn't decrease power in max speed of knee extensors and flexors. Muscle heating or cooling before the exercise had no effect on muscle recovery time, however increased a post-exercise blood lactate value. After 24 hours the CK in muscles was increased.

Keywords: isokinetic exercise, power in max speed, muscle fatigue, recovery, heating and cooling.

Gauta 2006 m. sausio 12 d.
Received on January 12, 2006

Priimta 2006 m. gegužės 25 d.
Accepted on May 25, 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