

atsiradimą ir pagerinti intensyvių pratimų atlikimo kokybę. Deja, sodos bikarbonato vartojimas (geriant) daugeliui tiriamųjų sukelia skrandžio ir žarnyno sutrikimus. Kita vertus, manoma, kad, vartojant sodos citratą, išlieka visi sodos bikarbonato poveikio pranašumai ir išvengiama nepageidautino šalutinio poveikio. Vis dėlto literatūros šaltinių analizė rodo, kad galimas sodos citrato ergogeninis poveikis sporto aplinkoje buvo tirtas labai menkai ir tyrimų rezultatai prieštaringi. Nors kai kuriais atvejais buvo pastebėta, kad sportininkų (vyrų), vartojusių sodos citratą prieš pat startą, pagerėjo 3000 ir 5000 m nuotolių bėgimo, taip pat 30 km važiavimo dviračiu rezultatai, tačiau kitų panašių eksperimentų duomenys šių teiginių nepatvirtino. Tuos atvejus, kai, pavartojus sodos citratą, pastebėtas rezultatų pagerėjimas, buvo galima susieti

su didesne laktato koncentracija kraujyje po fizinės veiklos, lyginant su atvejais, kai naudotas placebo. Tyrimuose, kur naudotas sodos citrato kiekis buvo $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ir daugiau, 74 % tiriamųjų teigė, kad patyrė skrandžio ir žarnyno veiklos sutrikimus, o jei kiekis būdavo skiriamas mažesnis, tai nebuvo pastebėtas joks teigiamas poveikis sporto rezultatams. Kai kurių tyrimų rezultatai rodo, kad sodos citratas, kai jo rekomenduojama išgerti 0,8–1,5 l (tirpalo), skaičiuojant 400–500 mg vienam žmogaus kūno masės kg, sukelia padidėjusį vandens, plazmos kiekio ir kūno masės sulaikymą bei apriboja gliukozės koncentracijos kraujyje didėjančią intensyvios fizinės veiklos metu.

Raktažodžiai: bėgimas, dviračių sportas, buferinių medžiagų vartojimas (gėrimas), ergogeninė pagalba.

Vahur Ööpik
Institute of Exercise Biology and Physiotherapy
University of Tartu
18 Ülikooli St., 50090, Estonia
Tel./Fax: +372 7 375 366
E-mail: vahur.oopik@ut.ee

Gauta 2007 04 03
Patvirtinta 2007 05 25

Šildymo ir šaldymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui, jo priklausomumas nuo lyties

*Dr. Irina Ramanauskienė¹, prof. habil. dr. Albertas Skurvydas², Marius Brazaitis², doc. dr. Vitas Linonis¹, dr. Dalia Mickevičienė², Loreta Stasiulevičienė²
Kauno technologijos universitetas¹, Lietuvos kūno kultūros akademija²*

Santrauka

Tyrimo tikslas – nustatyti šildymo ir šaldymo poveikį raumens nuovargiui ir atsigavimui, priklausomai nuo lyties. Tiriamųjų kontingentą sudarė 19–23 metų moterys ($n=10$) (ūgis $166,4 \pm 5,6 \text{ cm}$; kūno masė $56,2 \pm 6,1 \text{ kg}$) ir 18–23 metų vyrai ($n=10$) (ūgis $177,8 \pm 5,8 \text{ cm}$; kūno masė $78,2 \pm 6,1 \text{ kg}$). Tiriamieji buvo testuoti izokinetiniu dinamometru. Registruotas maksimaliosios jėgos momentas (MJM). Buvo atliekami kontroliniai matavimai (3 kartus tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ/\text{s}$ greičiu) prieš krūvį ir praėjus 10, 30, 60 min ir 24 h po jo. Izokinetinis krūvis – 50 blauzdos tiesimų ir lenkimų $450^\circ/\text{s}$ greičiu, kai raumenys buvo įprastinės temperatūros (ITR), pašildyti (tiriamieji 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra buvo $44 \pm 1^\circ\text{C}$) ir pašaldyti (tiriamieji du kartus po 15 min, darydami 10 min pertrauką, panardino kojas į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra buvo $15 \pm 1^\circ\text{C}$). Vidinė raumens temperatūra (pradinė ir iš karto po raumens šildymo ir šaldymo) buvo matuojama adatininiu termometru. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume buvo nustatomas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo. Tyrimo rezultatai parodė, kad blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų MJM (50-o susitraukimo metu) statistiškai patikimai ($p < 0,05$) sumažėjo, palyginus su kontroline reikšme (prieš krūvį). Praėjus 10 ir 60 min po krūvio nustatytas reikšmingas ($p < 0,05$) moterų blauzdos lenkiamųjų ITR ir šaldytų raumenų bei šaldytų ir šildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas. Vyrų ir moterų CK aktyvumas kraujo serume, praėjus 24 h po krūvio, reikšmingai ($p < 0,05$) skiriasi tarp ITR ir šaldytų bei tarp ITR ir šildytų raumenų. Iš gautų rezultatų matyti, kad temperatūros pokytis nepriklausomai nuo lyties nepadidino blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų MJM, tačiau vyrų raumenų izokinetinio susitraukimo jėgos reikšmės buvo didesnės negu moterų. Blauzdos tiesiamųjų raumenų MJM rodiklių reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų. Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš krūvį, kuris buvo atliekamas dideliu ($450^\circ/\text{s}$) greičiu, sumažino netiesioginį raumenų pažeidimo simptomą – kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume praėjus 24 h po krūvio.

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

Įvadas

Dauguma fiziologinių ir kitų organizme vykstančių procesų yra glaudžiai susiję su kūno temperatūros pokyčiais. Žmogaus kūno temperatūra pastovi visą gyvenimą. Ji yra $\sim 37^\circ\text{C}$ ir nuolat prisitaiko prie aplinkos pokyčių, santykinio oro drėgnumo, radia-

cijos lygio, atmosferos slėgio, termoizoliacijos. Ilgos trukmės fizinio krūvio metu, ligos arba ekstremalios temperatūros sąlygomis kūno temperatūra gali svyruoti nuo 32 iki 40°C ir daugiau. Pakilusi raumenų temperatūra pirmiausia suaktyvina metabolinius procesus. Nustatyta, kad vidinei raumenų tempe-

ratūrai pakilus vienu laipsniu metaboliniai procesai ląstelėje pagreitėja maždaug 13 % (Wilmore and Costill, 2004). Pašildytame raumenyje, skirtingai nei pašaldytame, paspartėja ATP hidrolizė ir anaerobinė glikolizė. Skersinių miozino tiltelių sukibimas su aktinu ir atsipalaidavimas pagreitėja dėl spartesnės ATP hidrolizės ir Ca^{2+} kinetinių ypatybių (Ball et al., 1999). Raumenis pašaldžius mažėja jų susitraukimo jėga, galingumas, lėtėja raumenų susitraukimo ir atsipalaidavimo greitis, medžiagų apykaita (De Ruyter and De Haan, 2000), o dėl sulėtėjusios ATP hidrolizės ir resintezės miofibrilės nėra pakankamai aprūpinamos ATP (Ferretti, 1992).

Žinoma, kad aukšta aplinkos ir padidėjusi vidinė organizmo temperatūra pagreitina nuovargio atsiradimą atliekant didelio intensyvumo pratimus koncentrinu režimu. Nustatyta (Nielsen ir kt., 2001), kad atliekant fizinę krūvį aukštos temperatūros aplinkoje vidinė raumenų temperatūra padidėja daugiau nei 3 °C, ir tai gali būti tiesioginė centrinės nervų sistemos nuovargio priežastis. Todėl galima iškelti hipotezę, kad prieš krūvį, kai koja per kelio sąnarį tiesiama ir lenkiama dideliu (450°/s) greičiu, raumens šildymas nepriklausomai nuo lyties padidins raumenų jėgą labiau negu šaldymas, tačiau sumažinus temperatūrą padidės raumenų atsparumas nuovargiui.

Mokslinėse publikacijose teigiama, kad raumenų gebėjimas padidinti jėgą priklauso nuo lyties, raumenų masės, raumeninių skaidulų ir raumenų susitraukimo tipo (izometrinio, koncentrinio, ekscentrinio), raumenų temperatūros (Pincivero et al., 2003). Manoma, kad vyrų jėga yra didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės, galingumo, vyraujančių greitųjų raumeninių skaidulų (II B tipo). Tai gali būti viena iš priežasčių, kodėl vyrų didesnė raumenų jėga ir galingumas. Nustatytas (Staron ir kt., 2000) reikšmingas skirtumas tarp vyrų ir moterų I ir II A tipo raumeninių skaidulų raumens skerspjūvio ploto (vyrų: I – 36,2 %, II A – 41,2 % ir II B – 22,6 %; moterų: I – 44 %, II A – 33,6 % ir II B – 22,4 %) keturgalviame šlaunies raumenyje. Šio tyrimo tikslas – nustatyti šildymo ir šaldymo poveikį raumens nuovargiui ir atsigavimui priklausomai nuo lyties.

Tyrimo metodai

Tiriamųjų kontingentą sudarė 19–23 metų moterys (n=10) (ūgis 166,4 ± 5,6 cm; kūno masė 56,2 ± 6,1 kg) ir 18–23 metų vyrai (n=10) (ūgis 177,8 ± 5,8 cm; kūno masė 78,2 ± 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).

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. Tiriamasis apjuostas pečių, liemens, šlaunies diržais. Blauzda sutvirtinama diržu sagtimi apatiniame trečdalyje virš kulnakaulio gumburo, koja fiksuojama per kelio sąnarį 90° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota 72° ± 5° kampu (gravitacinė sunkio jėga). Valdymo skyde pasirenkamas izokinetinis režimas ir koncentrinis susitraukimo tipas. Registruotas maksimaliosios jėgos momentas.

Pasyvaus šildymo metodika. Tiriamieji sėdėdami 45 minutes laikė ištiestas kojas šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra buvo 44 ± 1 °C, kambario temperatūra 20–22 °C. Vandens į vonią buvo pripilama tiek, kad šlaunys būtų visiškai apsemtos. Šildymo pabaigoje raumens temperatūra 3 cm gylyje padidėja ~ 2,7 °C (Sargeant, 1987). Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos – oro termometru.

Raumenų pasyvaus šaldymo metodika. Tiriamieji kojas du kartus po 15 min (darydami 10 min pertrauką) panardino į šaltą vonią, kurios vandens temperatūra buvo 15 ± 1 °C (Eston and Peters, 1999). Keturgalvio šlaunies raumens temperatūra 3 cm gylyje sumažėjo 32,5 ± 0,3 °C (prieš šaldymą buvo 36,8 ± 0,2 °C).

Vidinės raumens temperatūros matavimo metodika. Vidinė raumens temperatūra (pradinė ir iš karto po raumens šildymo ir šaldymo) buvo matuojama adatinu termometru (*Ellab A / S, tipas DM 852, Danija*). Įdūrimo 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 buvo sterilizuojamas autoklave (gamintojas: *M.O.COM Via delle Azlee 1, 20090 Buccinaso, Italija*). Sterilizacijos proceso laikas – 30 min, temperatūra – 121 °C.

Kreatinkinazės (CK) aktyvumo kraujo serume nustatymas. CK aktyvumas serume buvo vertinamas 1 h prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo (Clarkson, Sayers, 1998). Norint įvertinti CK aktyvumą kraujo serume, iš tiriamųjų rankos venos buvo imamas kraujo mėginys (apie 5 ml). Mėginio analizavimo procedūra atlikta Kauno medicinos universiteto klinikų Biochemijos laboratorijoje. Analizė atlikta automatiniais biocheminiais analizatoriais „Monarch“ (gamintojas – *Instrumentation Laboratory SpA, JAV ir Italija*).

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 antrojo metu tiriamųjų, atliekančių izokinetinio krūvio testą, raumenų temperatūra buvo padidinta iki $39,5 \pm 0,3$ °C, trečiojo – sumažinta iki $32,5 \pm 0,3$ °C. Visų eksperimentų eiga (kai raumuo buvo ĮTR, 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 ($20\text{--}22$ °C). Prieš šildymą ir šaldymą adatinium termometru buvo matuojama (kontrolinė) vidinė raumens temperatūra. Registruojant blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų rodiklius buvo atliekamas kontrolinis matavimas: 1 serija po 3 judesius (blauzdos tiesimas ir lenkimas) $450^\circ/\text{s}$ greičiu. Poilsis tarp matavimų esant skirtingam kampiniam greičiui buvo 60 s. Izokinetinis krūvis – 50 blauzdos tiesimų ir lenkimų $450^\circ/\text{s}$ greičiu. Vidinė raumens temperatūros matavimo procedūra pakartotinai atlikta iš karto po raumens šildymo ir šaldymo. Kreatinkinazės (CK) aktyvumas kraujo serume buvo nustatomas prieš krūvį ir praėjus 24 h po jo.

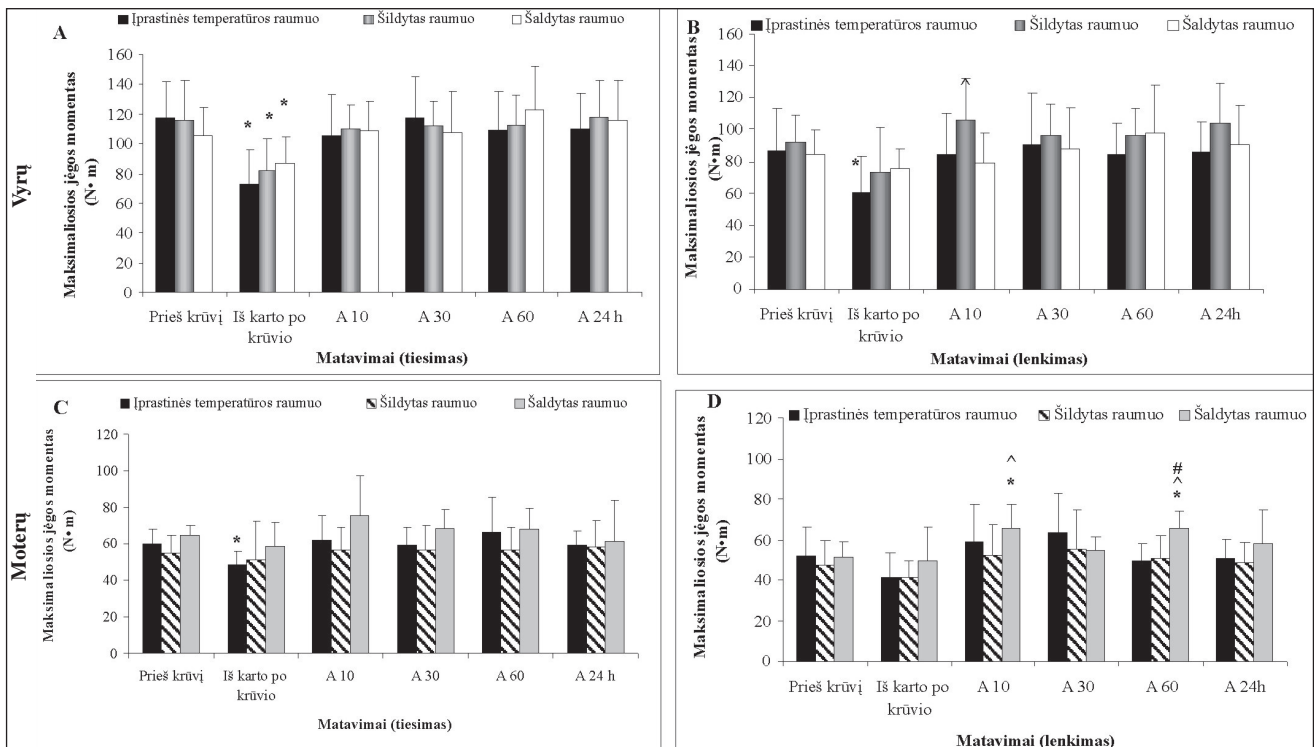
Statistiniai skaičiavimai. Tyrimo duomenys iš-

analizuoti 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 tarp tiriamųjų statistiniam reikšmingumui įvertinti naudotas dviejų veiksmių dispersinės analizės modelis. Skirtumai statistikai reikšmingi, kai $p < 0,05$.

Tyrimo rezultatai

Tyrimo rezultatai parodė, kad blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų MJM (50-o susitraukimo metu) statistiškai patikimai ($p < 0,05$) sumažėjo, palyginus su kontroline reikšme (prieš krūvį). Moterų: ĮTR blauzdos tiesiamųjų – nuo $59,84 \pm 8,1$ iki $48,7 \pm 7,6$ N·m; vyrų: ĮTR – nuo $117,5 \pm 24,4$ iki $72,8 \pm 23,6$ N·m, šildytų – nuo $115,6 \pm 27,0$ iki $81,9 \pm 21,4$ N·m, šaldytų – nuo $105,3 \pm 19,2$ iki $86,9 \pm 18,2$ N·m. Praėjus 10 ir 60 min po krūvio nustatytas reikšmingas ($p < 0,05$) moterų blauzdos lenkiamųjų ĮTR ir šaldytų raumenų bei šaldytų ir šildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas (1 pav.).

Testuojant nustatyta, kad vyrų šildytų blauzdos tiesiamųjų raumenų MJM nuovargio indeksas (NI) didžiausias buvo 11–20-o susitraukimų metu, šal-



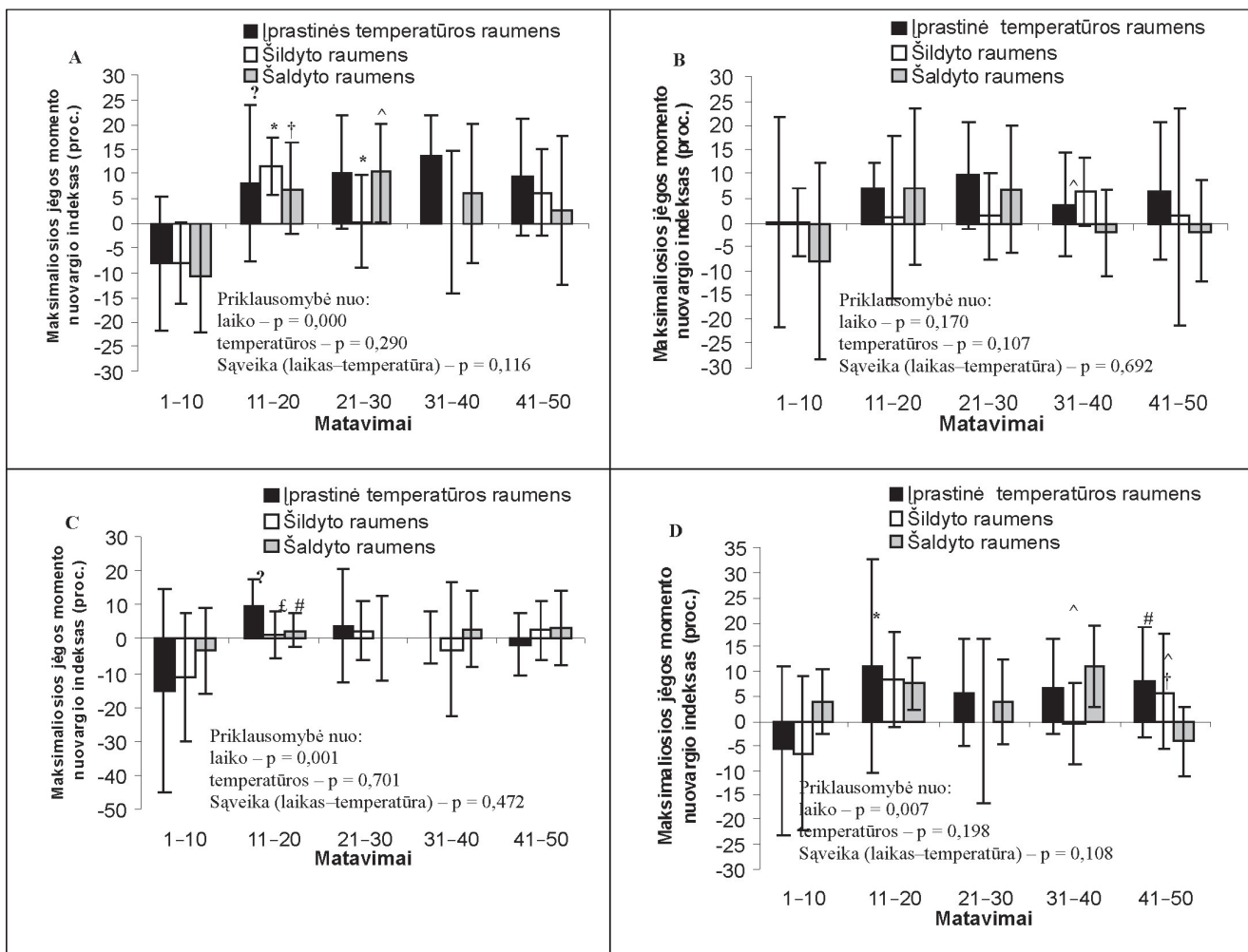
Pastaba: * – $p < 0,05$ – maksimaliosios jėgos momentas reikšmingai pakito, palyginti su kontroline reikšme; # – $p < 0,05$ – įprastinės temperatūros ir šaldytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ^ – $p < 0,05$ – šaldytų ir šildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas.

1 pav. Maksimaliosios jėgos momentas (N·m): vyrų – tiesiant (A) ir lenkiant (B), moterų – tiesiant (C) ir lenkiant (D) koją per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ/\text{s}$ greičiu

dytų – 21–30-o, ĮTR – 31–40-o susitraukimų metu. Blauzdos lenkiamųjų raumenų NI: šildytų 31–40-o susitraukimų metu, šaldytų – 11–20-o ir ĮTR – 21–30-o susitraukimų metu. Taip pat nustatyta, kad vyrų blauzdos tiesiamųjų raumenų NI yra reikšmingas ($p < 0,05$) tarp ĮTR ir šildytų raumenų bei tarp šaldytų ir šildytų raumenų 21–30-o susitraukimų metu (2 A pav.), blauzdos lenkiamųjų – reikšmingas ($p < 0,05$) tarp šaldytų ir šildytų raumenų 21–30-o susitraukimų metu (2 B pav.). Vyrų MJM nuovargio indeksas tiesiant koją per kelio sąnarį fiksuotu 450°/s greičiu priklauso nuo laiko ($p = 0,00$). Moterų blauzdos tiesiamųjų šaldytų ir ĮTR MJM nuovargio indeksas (NI) didžiausias buvo 11–20-o susitraukimų metu, šildytų – 21–30-o susitraukimų metu (2 C pav.). Blauzdos lenkiamųjų raumenų NI: šildytų ir ĮTR – 11–20-o susitraukimų metu, šaldytų – 31–40-o susitraukimų

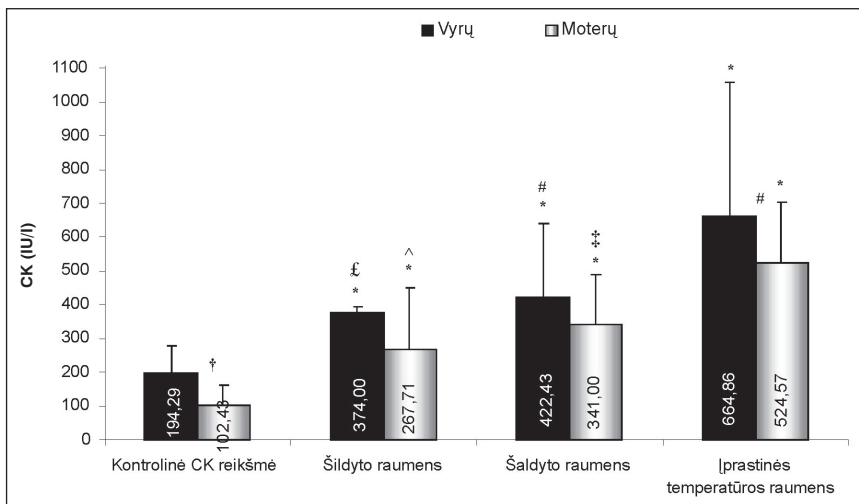
metu (2 D pav.). Nustatyta, kad moterų blauzdos tiesiamųjų raumenų NI yra reikšmingas ($p < 0,05$) tarp ĮTR ir šildytų raumenų bei tarp šaldytų ir ĮTR 11–20-o susitraukimų metu. Moterų MJM NI tiesiant ($p = 0,001$) ir lenkiant ($p = 0,007$) koją per kelio sąnarį fiksuotu 450°/s greičiu priklauso nuo laiko.

Kreatinkinazės (CK) aktyvumas ir vyrų, ir moterų kraujo serume, praėjus 24 h po izokinetinio krūvio, reikšmingai ($p < 0,05$) padidėjo, palyginus su kontroline reikšme, kai raumuo buvo įprastinės temperatūros, pašildytas ir pašaldytas. Nustatyta, kad vyrų ir moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai ($p < 0,05$) skiriasi tarp ĮTR ir šaldytų bei tarp ĮTR ir šildytų. Lyginant vyrų ir moterų įprastinės temperatūros raumens CK aktyvumo kraujo serume reikšmes, praėjus 24 h po krūvio, nustatytas statistiškai reikšmingas ($p < 0,05$) skirtumas (3 pav.).



Pastaba: $p < 0,05$ – blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėgos pokytis, palyginti su 1–10 susitraukimu, kai raumuo: † – įprastinės temperatūros, * – šildytas, † – šaldytas; # – $p < 0,05$ – įprastinės temperatūros ir šaldytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; ^ – $p < 0,05$ – šaldytų ir šildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas; £ – $p < 0,05$ – įprastinės temperatūros ir šildytų raumenų jėgos pokyčio skirtumas. RS – raumens susitraukimas.

2 pav. Maksimaliosios jėgos momento nuovargio indeksas krūvio metu (proc.): vyrų – tiesiant (A) ir lenkiant (B), moterų – tiesiant (C) ir lenkiant (D) koją per kelio sąnarį fiksuotu 450°/s greičiu



Pastaba: * – $p < 0,05$ – CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi nuo kontrolinės reikšmės. † – $p < 0,05$ – kontrolinės CK aktyvumo kraujo serume reikšmės reikšmingai skiriasi tarp vyrų ir moterų; # – $p < 0,05$ – vyrų ir moterų ĮTR CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi praėjus 24 h po krūvio, £ – $p < 0,05$ – vyrų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi tarp ĮTR ir šildytų, ^ – $p < 0,05$ – moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi tarp ĮTR ir šildytų, † – $p < 0,05$ – vyrų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi tarp ĮTR ir šaldytų, ‡ – moterų CK aktyvumas kraujo serume reikšmingai skiriasi tarp ĮTR ir šaldytų.

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

Tyrimo rezultatų aptarimas ir išvados

Pagrindiniai tyrimo duomenys parodė, kad temperatūros pokytis nepriklausomai nuo lyties nepadidino blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento, tačiau vyrų raumenų izokinetinio susitraukimo jėgos reikšmės buvo didesnės negu moterų. Blauzdos tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento rodiklių reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų. Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš krūvį, kuris buvo atliekamas dideliu ($450^\circ/\text{s}$) greičiu, sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą – kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume praėjus 24 h po krūvio.

Kodėl raumens susitraukimo jėga nepriklauso nuo temperatūros? Atlikto tyrimo duomenys sutampa su M. Brazaičio ir kt. (2005) pateiktaisiais: raumeniui susitraukinėjant maksimaliai valingai, kai 50 kartų atliekamas 50 Hz dažnio izometrinio režimo krūvis, kojų raumenų susitraukimo jėga nepriklauso nuo temperatūros. Bishopas ir kt. (2003) nustatė, kad raumenų temperatūros didinimas, skirtingai negu šaldymas, teigiamai veikia raumenų tamprumą, deguonies atsiskyrimą nuo hemoglobino ir mioglobino, gerina kraujo tėkmę raumenyse, greitina metabolinės reakcijas, didina veikimo potencialo sklaidimo sarkolema greitį, miozino ir kalcio ATP-azių aktyvumą (Ichihara, 1998). Pašaldytame raumenyje

lėtėja ATP hidrolizė, mažėja neorganinio fosfato koncentracija (Coupland et al., 2001), todėl mažėja aktino–miozino tiltelių sukibimo skaičius ir miozino tiltelių su aktinu jėga. Mūsų tyrimo rezultatai rodo, kad šildymas ir šaldymas nepriklausomai nuo lyties reikšmingai nepakeitė maksimaliuoju greičiu dirbančių blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo jėgos.

Kodėl raumenų nuovargis nepriklauso nuo temperatūros? Ilgalaikis raumenų aktyvumas neišvengiamai sukelia jų nuovargį. Raumenų nuovargis apibūdinamas kaip negebėjimas išlaikyti reikiamą krūvio intensyvumą. Raumenų nuovargio pobūdis priklauso nuo jų darbo arba aktyvacijos tipo. Ištvėrmė gali pablogėti esant aukštai aplinkos temperatūrai ir ji priklauso nuo kūno pradinės

temperatūros krūvio metu (Febbraio et al., 1994). Manome, kad raumens jėgos sumažėjimas atliekant izokinetinį krūvį ($50^\circ/\text{s}$ kojos tiesimų ir lenkimų per kelio sąnarį fiksuotu $450^\circ/\text{s}$ greičiu) yra susijęs su metaboliniu nuovargiu. Atlikto tyrimo rezultatai rodo, kad raumenų atsparumas nuovargiui, 50 kartų tiesiant ir lenkiant koją per kelio sąnarį, nepriklauso nuo šildymo ir šaldymo. Pasak Brazaičio ir kt. (2005), raumeniui susitraukinėjant maksimaliai valingai, kai 50 kartų atliekamas 50 Hz dažnio izometrinio režimo krūvis, po raumens šaldymo, palyginti su įprastine ir šildyto raumens būseną krūvio pradžioje, yra pastebimas greitas jėgos mažėjimas, o tolesnio krūvio metu raumens susitraukimo jėgos atsparumo nuovargiui kaita skirtingos temperatūros sąlygomis yra panaši. Mūsų atlikto tyrimo duomenys parodė, kad raumenų susitraukimo jėga, esant fiksuotam $450^\circ/\text{s}$ greičiui, nepriklausė nuo temperatūros ir atsigavo po krūvio praėjus 10 min.

Kodėl CK aktyvumas kraujo serume po 24 valandų reikšmingai skiriasi? Pažeidą netiesiogiai rodo sumažėjusi raumenų susitraukimo jėga ir greitis, skausmas, patinimas, raumens baltymų ištekėjimas į cirkuliacinę sistemą. Vidinė ląstelių pažeida sukelia uždegimą ir skausmą, kuris atsiranda praėjus 24–72 valandoms po fizinio krūvio ir atslūgsta po 5–7 dienu (Cleak and Eston, 1992). Per mechanškai 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, 1997). Manoma, kad ekscentrinių susitraukimų metu aktyvinamas mažesnis motoneuronų kiekis negu atliekant to paties galin-gumo koncentrinis susitraukimus, todėl pažeida yra didesnė (Enoka, 1996). Koncentrinės treniruotės mažina raumenų atsparumą žalojamiesiems ekscentriniamis krūviams (Gleeson et al., 2003). Atlikto tyrimo duomenys sutampa su Sipavičienės ir kt. (2004) gautaisiais – pažeistų raumenų šaldymas šalto vandens vonioje sumažino kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume po krūvio praėjus 24 h. Priežastis – po lokalaus raumenų šaldymo sumažėja limfos ir kraujo kapiliarų pralaidumas, mažiau kreatinkinazės patenka į raumens limfinę sistemą (Sipavičienė ir kt., 2004).

Ar nuo lyties priklauso blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento ir vidutinio galingumo rodikliai? Šio tyrimo rezultatai sutampa su kitų mokslininkų gautaisiais, įrodančiais, kad atliekant izokinetinius pratimus (50 kojos tiesimų ir lenkimų dideliu ($450^\circ/s$) greičiu) visos vyrų raumenų rodiklių reikšmės buvo didesnės negu moterų. Mokslininkai nustatė reikšmingą skirtumą tarp vyrų ir moterų I ir II A tipo raumeninių skaidulų raumens skespjūvio ploto (vyrų: I – 36,2 %, II A – 41,2 % ir II B – 22,6 %; moterų: I – 44 %, II A – 33,6 % ir II B – 22,4 %) keturgalviame šlaunies raumenyje. Taigi, net esant panašiam procentiniam I tipo (moterų – 43,1 %; vyrų – 39,8 %), II A tipo (moterų – 29,7 %; vyrų – 32,1 %) ir II B tipo (moterų – 19,9 %; vyrų – 20,2 %) raumeninių skaidulų skaičiui, vyrų raumenyse II tipo raumeninės skaidulos užima absoliučiai ir santykinai didesnę skerspjuvio plotą (Staron et al., 2000). Pincivero ir kt. (2003) analizavo vyrų ir moterų blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos ir galingumo skirtumą atliekant izokinetinį testą (30 tiesimų ir lenkimų $180^\circ/s$ greičiu) ir raumenims susitraukiant koncentrinio režimu. Mūsų atlikto tyrimo duomenys sutampa su šių mokslininkų gautaisiais, įrodančiais, kad vyrų blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų jėga buvo didesnė negu moterų.

Išvados

Temperatūros pokytis nepriklausomai nuo lyties nepadidino blauzdos tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento, tačiau vyrų raumenų izokinetinio susitraukimo jėgos reikšmės buvo didesnės negu moterų. Blauzdos tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos momento rodiklių

reikšmė (tiek vyrų, tiek moterų) yra didesnė už lenkiamųjų. Tiek šildymas, tiek šaldymas prieš krūvį, kuris buvo atliekamas dideliu greičiu, sumažino netiesioginį raumenų pažeidos simptomą – kreatinkinazės aktyvumą kraujo serume praėjus 24 h po krūvio.

LITERATŪRA

1. 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.
2. 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.
3. Brazaitis, M., Skurvydas, A., Ramanauskienė, I., Daniusevičiūtė, L., Žukauskaitė, S., Vadopalas, K. (2005). Kojų raumenų izometrinių susitraukimų poveikis raumenų nuovargiui ir atsigavimui esant skirtingai raumenų temperatūrai. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (58), 11–18.
4. 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.
5. 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.
6. Coupland, M. E., Puchert, E., Ranatunga, K. W. (2001). Temperature dependence of active tension in mammalian (rabbit psoas) muscle fibers: effect of inorganic phosphate. *Journal of Physiology*, 1, 536 (Pt 3), 879–891.
7. Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2339–2346.
8. 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.
9. Febbraio, M. A., Snow, R. J., Hargeaves, M., Stathis, C. G., Martin, I. K. and Carey, M. F. (1994). Muscle metabolism during exercise and the heat stress in trained men: Effect of acclimation. *Journal of Applied Physiology*, 76, 589–597.
10. Ferretti, G. (1992). Cold and muscle performance. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 185–187.
11. Friden, J., Lieber, R. L. (1997). Muscle damage induced by cyclic eccentric contractions: biomechanical and structural studies. In S. Salmons (Ed.), *Muscle Damage* (pp. 41–63). Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press.
12. 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.
13. Nielsen, B., Hylding, T., Bidstrup, F., Gonzalez-Alonso, J., Christoffersen, G. R. (2001). Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflügers Archive*, 442, 41–48.

14. 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), 134–41.
15. De Ruyter, C. J., De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force-velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *Pflugers Archive*, 440, 163–170.
16. 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.
17. Sipavičienė, S., Skurvydas, A., Mickevičienė, D., Lukošūtė, I., Kandratavičius, E., Bulotienė, D. (2004). Raumens šaldymo poveikis žmogaus griaucių raumenų susitraukimo savybėms. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (51), 47–51.
18. Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., Murray, T. F., Hostler, D. P., Crill, M. T., Ragg, K. E. and Toma, K. (2000). Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 48 (5), 623–629.
19. Wilmore, J. H. and Costill, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. Human Kinetics, 307–330.

EFFECT OF DIFFERENT TEMPERATURE ON MUSCLE FATIGUE AND RECOVERY FOR MALES AND FEMALES

Dr. Irina Ramanauskienė¹, Prof. Dr. Habil. Albertas Skurvydas², Marius Brazaitis², Assoc. Prof. Dr. Vitas Linonis¹, Dr. Dalia Mickevičienė², Loreta Stasiulevičienė²
Kaunas University of Technology¹, Lithuanian Academy of Physical Education²

SUMMARY

The aim of the present study was to establish the influence of muscle heating and cooling on knee flexors and extensors for males and females. *Methods of the study.* The participants of the study were 10 healthy male, age: 19–23 years; height – 177.8 ± 5.8 ; weight – 78.2 ± 6.1 and 10 female, age: 18–23 years; height – 166.4 ± 5.6 ; weight – 56.2 ± 6.1 . The participants of the study were seated in isokinetic dynamometer. In the control panel the isokinetic regimen was selected. The type of concentric contraction is automatically established by the system exercising in this regimen. Control measuring prior to load and 10 min, 30 min, 60 min and 24 h after it (3 times of leg extension and leg flexion in the knee joint at the fixed $450^\circ/s$ speed); isokinetic load – 50 leg extensions and flexions in the knee joint at the fixed $450^\circ/s$ speed. Before and after muscles cooling or heating we measured muscles temperature with needle thermometer. Creatine kinase activity in blood serum was estimated 1 h prior to load and 24 h after it. The evaluated parameters were: peak torque (measured in $N \cdot m$). *Results and*

discussion. After individual analysis of values we have found that muscle heating or cooling before exercise didn't decrease power in max speed of knee extensors and flexors for males and females. A comparison of CK activity in the blood serum of men's and women's muscles at control temperature (1 h prior to load) and at their usual temperature 24 h after load has revealed a statistically significant difference ($p < 0.05$). *The main conclusion.* Passive muscle warming and cooling, irrespective of gender, increased neither muscle contraction power or muscle contraction force and caused no changes in the rate of muscle resistance to fatigue and their recovery after isokinetic load performing 50 leg extensions–flexions at high ($450^\circ/s$) speed. Both muscle warming and muscle cooling caused a decrease in an indirect symptom of muscle damage – the amount of creatine kinase 24 h after isokinetic load.

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

Irina Ramanauskienė
 Kauno technologijos universitetas
 Donelaičio g. 73, LT-44248 Kaunas
 El. paštas: irina.ramanauskiene@ktu.lt