

HIPERTERMIJOS POVEIKIS MOTERŲ GRIAUČIŲ RAUMENŲ NUOVARGIUI IR ATSIGAVIMUI

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė¹, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹,
Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Soneta Ivanonė¹, Kazys Vadopalas¹, Kazimieras Pukėnas¹
Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas², Kaunas, Lietuva

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė. Biologijos mokslų magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantė. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: aklimatizacijos poveikis raumenų funkcijai.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais. Tiriamosios — sveikos fiziškai aktyvios moterys (n = 6). Jų amžius — 22,2 ± 3,4 m., kūno masė — 63,93 ± 6,74 kg, ūgis — 167,6 ± 7,2 cm. Buvo atliekami du tyrimai — kontrolinis ir eksperimentinis. Eksperimentinis tyrimas nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu vietoj pramankštos buvo pasyviai sukeliama hipertermija (tiriamosios sėdėdamos 45 min laikė kojas šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — 44 ± 1°C). Išlipusios iš vonios, ne vėliau kaip po 5 minučių, tiriamosios buvo sodinamos į specialią dinamometro kėdę ir atliko 2 min trukmės maksimalų valingą izometrinių raumenų susitraukimą (MVJ-2 min). Prieš krūvį ir praėjus 15 ir 300 sekundžių po jo buvo atliekamas kontrolinis testavimas (raumu stimuliuojamas 1, 10, 20, 50, 100 Hz elektros impulsais (stimuliacijos trukmė 1 s) ir TT 100 Hz (stimuliacijos trukmė 250 ms, dažnis 100 Hz)). Registruotas raumenų nevalingo susitraukimo jėgos momentas ir TT 100 Hz sukkelto raumenų susitraukimo atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmė.

Sukėlus hipertermiją, rektalinė kūno temperatūra vidutiniškai padidėjo 2,08 ± 0,24°C (p < 0,05), raumenų vidinė temperatūra (3 cm gylyje) — 2,99 ± 0,29°C (p < 0,05). Hipertermijos eksperimento metu tiriamosios vidutiniškai neteko 0,4 ± 0,07 kg, ir tai sudarė 0,62 ± 0,13% kūno svorio. Išanalizavus fiziologinį šilumos streso indeksą (10 balų sistema) nustatyta, kad tiriamosios hipertermijos metu patyrė labai didelį fiziologinį stresą — 8,85 ± 1,13 balų.

Pagrindinės tyrimo išvados: 1) hipertermija pagerina trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą; lokaliai pašildžius raumenis (pvz., kai jų temperatūra padidėja apie 3°C) ypač padidėja raumenų susitraukimo greitis ir galingumas, nes padidėjusi temperatūra skatina greitesnę ATP, KP ir glikogeno panaudojimą; 2) hipertermija padidina raumenų nuovargio dydį, atliekant ilgalaikius fizinius pratimus; 3) didesnis nevalingos jėgos momento rodiklių padidėjimas hipertermijos metu pastebėtas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad hipertermijos metu kylantis nuovargis gali atsirasti dėl dviejų pagrindinių priežasčių — raumenų lokalių ir centrinės nervų sistemos pokyčių.

Raktažodžiai: hipertermija, centrinis nuovargis, izometriniai pratimai.

IVADAS

Hipertermija padidina fiziologinę kūno įtampą, o tokiomis sąlygomis atliekant ilgus trukmės nenutrūkstamus fizinius pratimus stipriai sumažėja fizinis pajėgumas ir trukmė iki nuovargio (Galloway, Maughan, 1997). Dėl fizinės veiklos atsiradęs nuovargis, manoma, tiesiogiai susijęs su fizinio pajėgumo apribojimais, esančiais griaučių raumenyse arba nervų sistemoje (Ratkevičius et al., 1998). Hipertermijos sukeltamo nuovargio mechanizmas iki galo nėra supastas

(Morrison et al., 2004). Nustatyta, kad nuovargio atsiradimas tiesiogiai susijęs su šerdinės temperatūros padidėjimu iki kritinės ribos — 39,5°C, t. y. kai pastebimas neuroraumeninės aktyvacijos sumažėjimas (Nybo, Nielson, 2001).

Kai paralelinio K. Vadopalo (2007) ir bendra autorių tyrimo metu buvo taikoma tokia pati raumenų pasyvaus šildymo metodika ir panašus tyrimo protokolas, tiriamosioms buvo nustatyta hipertermija, kuri padidino merginų centrinį nuovar-

gį atliekant dviejų minučių maksimalų izometrinių krūvių. Nepavyko aptikti daugiau tyrimų, kuriais būtų analizuotas hipertermijos poveikis moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, jo priklausomumas nuo stimuliavimo dažnio. S. S. Cheung (2007) pastebėjo, kad vienas svarbiausių ateities tyrimų aspektų, tiriant hipertermijos poveikį centriniam ir raumenų nuovargiui, yra testavimas ir vertinimas lyties požiūriu. Tyrimo tikslas — nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais.

TYRIMO METODAI

Tiriamosios — sveikos fiziškai aktyvios moterys ($n = 6$). Jų amžius — $22,2 \pm 3,4$ m., kūno masė — $63,93 \pm 6,74$ kg, ūgis — $167,6 \pm 7,2$ cm. Tiriamosios buvo supažindintos su tyrimo tikslais, procedūra ir galimais nepatogumais. Norą dalyvauti tyrime jos patvirtino raštu. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno regioniniame biomedicininį tyrimų etikos komitete (Protokolo Nr. 130/2005; Leidimo Nr. BE-2-54).

Dinamometro nustatymas ir padėties suregulavimas. Izometrinė blauzdos tiesiamųjų raumenų jėga vertinta naudojant izokinetinį dinamometrą (*Biodex Medical System 3*, New York). Tiriamosios buvo sodinamos į dinamometro įrenginio kėdę, testuojama dešinė koja. Prie dinamometro pritvirtinamas papildomas blauzdos tvirtinimo įtaisas. Kelio anatominė sąnario ašis nustatoma ir sulyginama su dinamometro dinaminės apkrovos mazgo ašimi. Nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus 0° ir sulenkus blauzdą 115° kampu). Mažinant viso kūno inercinį svyravimą, tiriamoji apjuosiamas pečių, liemens ir šlaunies diržais. Blauzda įtvirtinama diržu virš kulnakaolio gumburo ties apatiniu trečdaliu, koja fiksuojama per kelio sąnarį 90° ir 60° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota $72^\circ \pm 5^\circ$ kampu (veikia gravitacinė sunkio jėga). Valdymo skyde pasirenkamas izometrinis režimas. Registravome raumenų nevalingo susitraukimo jėgos momentą ir TT 100 Hz sukulto raumenų susitraukimo atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmę.

Eksperimento eiga. Eksperimentas pirma kartą buvo aprašytas K. Vadopalo ir bendraautorių (2007). Prieš eksperimentą atliktas žvalgomasis tyrimas, kurio metu tiriamieji turėjo priprasti prie

laboratorijos aplinkos sąlygų ir pasimokyti atlikti didžiausio valingo izometrinio susitraukimo krūvių. Ne anksčiau kaip po savaitės tiriamieji, atrinkti atsitiktiniu būdu, atliko kontrolinį ir eksperimentinį tyrimą. Eksperimentinis tyrimas nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu vietoj pramankštos buvo pasyviai sukeliama hipertermija.

Taikant pasyvaus šildymo metodiką, tiriamosios, atvykusios į laboratoriją, 30 min ramiai sėdėdavo įprastinės temperatūros kambaryje ($20\text{—}22^\circ\text{C}$), paskui matuojama jų rektalinė temperatūra. Vėliau atliekamas kontrolinis MVJ matavimas, t. y. darant 2 min pertrauką atlikti trys maksimalūs valingi raumenų susitraukimai, kai blauzda per kelio sąnarį tiesiama fiksuotu 120° kampu (raumenų susitraukimo trukmė 5 s). Maždaug 2—3 šių susitraukimų sekundę keturgalvis šlaunies raumuo buvo stimuliuojamas 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serija. Paskui taikytas pasyvus kojų šildymas, iš karto po šildymo matuojama rektalinė temperatūra. Išlipusios iš vonios, ne vėliau kaip po 5 minučių, tiriamosios buvo sodinamos į specialią dinamometro kėdę ir atliko 2 min trukmės maksimalų valingą izometrinių raumenų susitraukimą (MVJ-2 min). Praėjus 15 ir 300 sekundžių po krūvio, atliktas kontrolinis testavimas. Krūvio metu tiriamosios vilkėjo šiltą ilgą sportinę aprangą, buvo užsidėjusios pirties kepurę (hipertermijai išlaikyti eksperimentinių tyrimų metu). Abiejų eksperimentų pabaigoje buvo matuojama rektalinė temperatūra (hipertermijai kontroliuoti).

Kontrolinio tyrimo metu tiriamosios po neintensyvios pramankštos — 10 min bėgimo (pulso dažnis — 110—130 tv. / min) — buvo sodinamos į specialią izokinetinio dinamometro kėdę ir atliko testavimą pagal tą patį protokolą, tik be pasyvaus raumenų šildymo.

Pasyvaus šildymo metodika. Tiriamosios sėdėdamos 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$, kambario temperatūra $20\text{—}24^\circ\text{C}$. Šildymo metu jos negalėjo vartoti jokių gėrimų ar naudoti dirbtinio vėsinimo įrenginių. Šildymo pabaigoje testuojamo raumens temperatūra 3 cm gylyje padidėja $\sim 2,7^\circ\text{C}$ (Ramanuskienė ir kt., 2006). Vandens temperatūra buvo matuojama vandens termometru, o patalpos — oro termometru. Tiriamosios prieš tyrimą ir po jo nuogos ir nusišluosčiusios buvo pasveriamos elektroninėmis svarstyklėmis (*Tanita TBF 300*, JAV). Tiriamųjų svorio skirtumas rodo skysčių kiekį, kurio jos neteko. Tiriamosios tarp svėrimų negalėjo šlapintis ir vartoti skysčių.

Rektalinės temperatūros matavimo metodika. Rektalinė temperatūra buvo matuojama zondų, apvilktu silikonine guma su įmontuotu termodavikliu (*Ellab, tipas Rectal probe*, Danija). Tiriamoji prieš pasyvų šildymą ir po jo išikišdavo zondą su termodavikliu į išeinamąją angą (laikas — 10 s, gylis — 12 cm) (Proulx et al., 2003).

Vidinės raumenų temperatūros matavimo metodika. Vidinė raumenų temperatūra matuojama adatiniais termometru (*MKA, Ellab, Hvidovre*, Denmark). Kontrolinė raumenų temperatūra matuojama įduriant 3 cm gylyje į šoninį platųjį šlaunies raumenį (*vastus lateralis*), vidurinį jo trečdalį šone nuo šlaunikaulio. Raumenų temperatūros matavimo procedūra pakartojama iš karto po pasyvaus šildymo.

Širdies ir kraujagyslių sistemos būsenos vertinimas. Pasyvaus šildymo metu širdies susitraukimų dažnis buvo registruojamas pulso matuokliu (*Polar 625 x*, Suomija) 5 sekundžių intervalais.

Fiziologinio streso (šilumos) indekso (FSI) matavimo metodika. FSI buvo apskaičiuotas pagal formulę (Moran, et al., 1998):

$$FSI = 5(T_{\text{rektalinė } t} - T_{\text{rektalinė } 0}) \times (39,5 - T_{\text{rektalinė } 0})^{-1} + (\dot{SSD}_t - \dot{SSD}_0) \times (180 - \dot{SSD}_0),$$

čia $T_{\text{rektalinė } 0}$ ir \dot{SSD}_0 — pradiniai matavimai; $T_{\text{rektalinė } t}$ ir \dot{SSD}_t — pasikartojantys matavimai per tam tikrą laiką.

FSI vertinimas: streso nėra arba labai mažas (0—2 balai), žemas (3—4 balai), vidutinis (5—6 balai), aukštas (7—8 balai) ir labai aukštas (9—10 balų).

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Analizuojamų rodiklių kaita priklausomai nuo raumens temperatūros ir laiko kaitos buvo

analizuojama taikant dviejų veiksnių dispersinę analizę. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$.

REZULTATAI

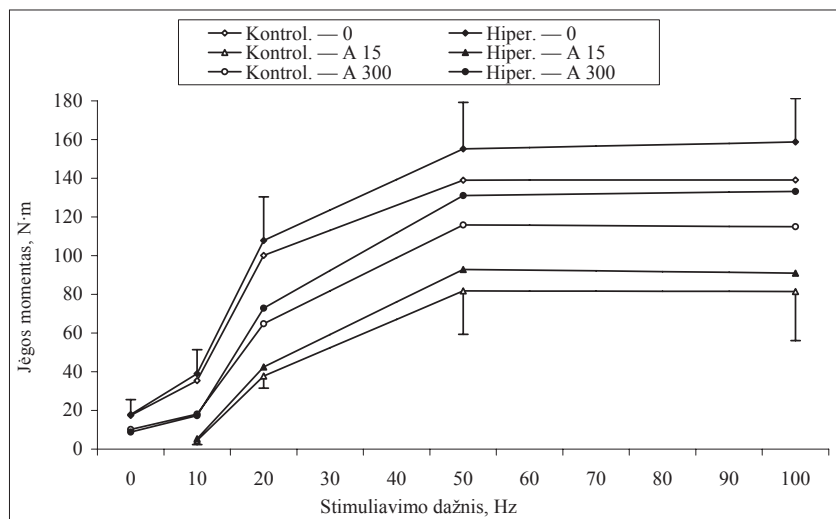
Sukėlus hipertermiją, rektalinė kūno temperatūra vidutiniškai padidėjo $2,08 \pm 0,24^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$), raumenų vidinė temperatūra (3 cm gylyje) — $2,99 \pm 0,29^\circ\text{C}$ ($p < 0,05$). Hipertermijos eksperimento metu tiriamosios vidutiniškai neteko $0,4 \pm 0,07$ kg, ir tai sudarė $0,62 \pm 0,13\%$ kūno svorio. Išanalizavus fiziologinį šilumos streso indeksą (10 balų sistema) nustatyta, kad tiriamosios hipertermijos metu patyrė labai didelį fiziologinį stresą — $8,85 \pm 1,13$ balų.

Hipertermijos metu stimuliuojant raumenį skirtingo dažnio elektriniais impulsais, nevalingos jėgos momentas buvo padidėjęs, lyginant su kontroliniais matavimais (1 pav.). Tačiau pastarasis skirtumas nereikšmingas ($p > 0,05$). Ryškiausias jėgos momento padidėjimas nustatytas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais (50 ir 100 Hz.) mažiausias — stimuliuojant mažais dažniais (1, 10 ir 20 Hz) (stimuliavimo trukmė — 1 sekundė). Atsigavimo metu, praėjus 15 (A 15) ir 300 (A 300) sekundžių po MVJ-2 min, buvo nustatytas reikšmingai sumažėjęs nevalingos jėgos momentas, lyginant su rodikliais prieš krūvį ($p < 0,001$). Gautas rezultatas nepriklausė nuo stimuliavimo dažnio ar hipertermijos būsenos ($p > 0,05$).

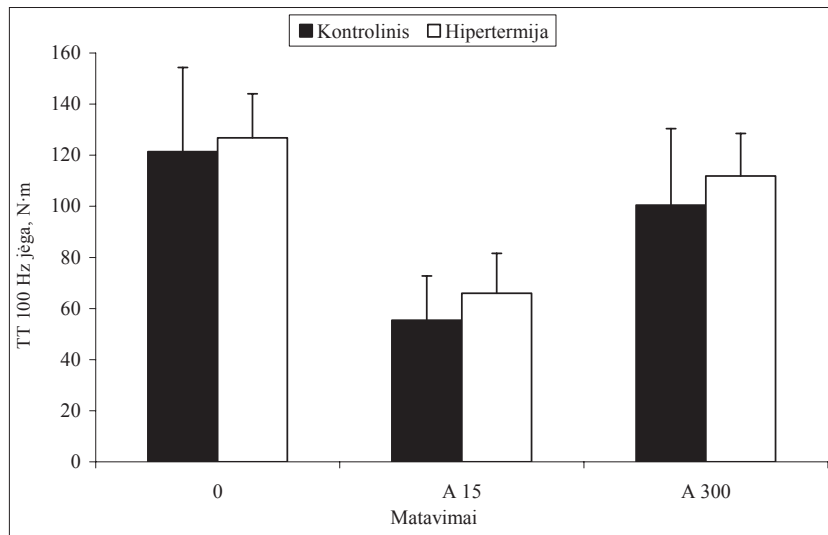
Panašūs rezultatai gauti ir tada, kai raumuo buvo stimuliuojamas 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz) (2 pav.).

Hipertermijos tyrimo metu apskaičiuavus TT 100 Hz raumenų atsipalaidavimo iki pusės jė-

1 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėga, sukelta skirtingų elektrinių impulsų serijos (1, 10, 20, 50 ir 100 Hz)

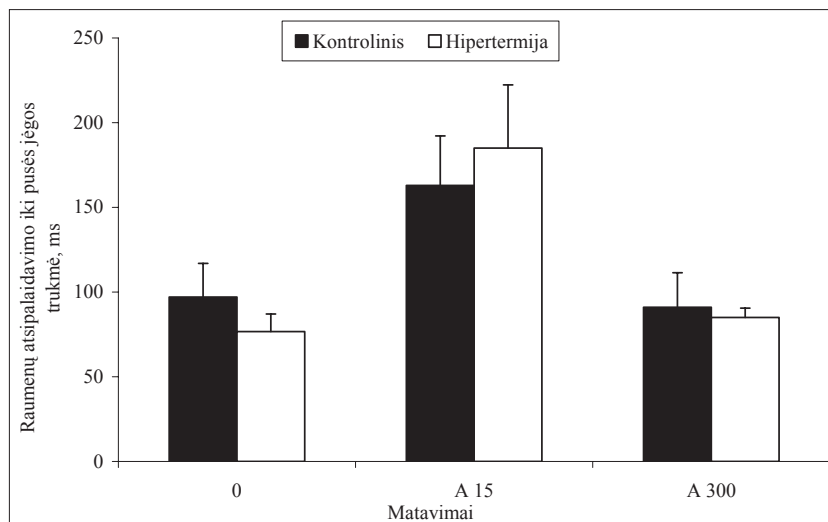


Pastaba. Stimuliavimo trukmė — 1 sekundė. Matavimai atlikti kontrolinio (Kontrol.) ir hipertermijos (Hiper.) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.



2 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėga, sukelta 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz)

Pastaba. Matavimai atlikti kontrolinio (K) ir hipertermijos (H) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.



3 pav. Kelio tiesiamųjų raumenų jėgos, sukeltos 100 Hz dažnio ir 250 ms trukmės elektrinių impulsų serijos (TT 100 Hz), atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmė

Pastaba. Matavimai atlikti kontrolinio (K) ir hipertermijos (H) eksperimento metu, prieš krūvį (0) ir praėjus 15 (A 15) bei 300 (A 300) sekundžių po jo.

gos trukmę nustatyta, kad prieš krūvį ir po jo praėjus 300 s raumuo atsipalaidavo greičiau, lyginant su kontrolinio matavimo rodikliais (3 pav.). Tačiau praėjus 15 s po krūvio raumenų atsipalaidavimo trukmė pailgėjo. Atlikus dviejų veiksnių dispersinę analizę nustatyta, kad analizuojamų TT 100 Hz raumenų atsipalaidavimo iki pusės jėgos trukmės rodiklių pokytis priklausė nuo laiko ($p < 0,001$) bei sąveikos tarp laiko ir būsenos ($p = 0,03$), o skirtinga būseną (kontrolinė vs hipertermija) rezultatų skirtumo reikšmingai nepaveikė ($p > 0,05$).

REZULTATŲ APTARIMAS

Pagrindinis šio tyrimo tikslas buvo nustatyti hipertermijos poveikį moterų raumenų nuovargiui ir atsigavimui, raumenį stimuliuojant įvairiais dažniais.

Atlikus tyrimą galima daryti šias išvadas: 1) hipertermija pagerina trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą; 2) hipertermija padidina

raumenų nuovargio dydį atliekant ilgalaikius fizinius pratimus; 3) didesnis hipertermijos metu nustatytas nevalingos jėgos momento padidėjimas pastebėtas raumenį stimuliuojant dideliais dažniais.

Gana netikėti tyrimo rezultatai — hipertermija, kurios metu pasireiškė centrinis nuovargis (Vadopalas et al., 2007), pagerino trumpalaikį nevalingą raumenų susitraukimą, ir šis pokytis nepriklausė nuo stimuliavimo dažnio. Galima daryti prielaidą, kad pastarasis raumenų susitraukimo pagerėjimas yra labiau veikiamas lokalių priežasčių nei centrinio nuovargio. Manome, kad trumpalaikė nevalinga raumenų jėga padidėjo dėl lokalaus raumenų pašildymo (pvz., kai raumenų temperatūra padidėja apie 3°C , ypač padidėja raumenų susitraukimo greitis ir galingumas). Padidėjusi temperatūra skatina greitesnę ATP, KP ir glikogeno panaudojimą, padidėja ATP hidrolizės, miozino ATP-azės aktyvumo ir Ca^{2+} pernešimo priklausomybė (Rall, Woledge, 1990). Padidinus raumenų temperatūrą

2,7°C, reikšmingai padidėja raumenų nevalingo susitraukimo jėga, atsipalaidavimo greitis, o maksimalioji valinga jėga išlieka nepakitusi (Bružas ir kt., 2003), padidėja šuolio aukštis (Kandratavičius ir kt., 2003).

Tyrimo metu, praėjus 15 sekundžių po krūvio, buvo nustatytas raumenų atsipalaidavimo greičio sumažėjimas. Manome, kad atsirado metabolinis nuovargis. Energijos aprūpinimas, metabolitai ir šilumos atidavimas yra pagrindiniai jėgą limituojantys veiksniai (Enoka, Stuart, 1992). Atliekant dinaminis fizinius pratimus, anaerobinės gliukolizės greitis adozin trifosfatas hidrolizės metu stipriai priklauso nuo temperatūros svyravimų (Ferretti et al., 1992). Raumenų temperatūros kilimas turėtų padidinti substratų panaudojimą ir šitaip padidinti metabolitų kaupimąsi. Gali būti, kad toks viduląstelinės terpės parūgštėjimas lemia susijungusių skersinių tiltelių mažėjimą, o jų sumavimo rezultatas — absoliučios jėgos mažėjimas

(Enoka, Stuart, 1992). H. Westerblad ir kt. (1998) nustatė, kad pH mažėjimo dėl H⁺ koncentracijos didėjimo poveikis jėgai mažėja tada, kai temperatūra didėja. Nustatyta, kad pH sumažėjimas gali tris kartus labiau sumažinti absoliučią jėgą, esant 12°C nei esant 32°C temperatūrai (Westerblad et al., 1998). Pašildytame raumenyje ATP poreikis gerokai padidėja (Thornley et al., 2003). ATP suvartojimo ir reikalingumo padidėjimas yra susijęs su padidėjusia metabolitų koncentracija iš suintensyvėjusios ATP hidrolizės (Thorney et al., 2003), nes pašildytas raumuo greičiau nuvargsta (Brazaitis ir kt., 2004).

IŠVADOS

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad hipertermijos metu nuovargis atsiranda dėl dviejų pagrindinių priežasčių — raumenų lokalių ir centrinės nervų sistemos pokyčių.

LITERATŪRA

- Brazaitis, M., Skurvydas, A., Ramanauskienė, I., Masiulis, N. (2004). Skirtingos temperatūros poveikis keturgalvio šlaunies raumens nuovargiui ir atsigavimui, esant nevalingam izometriniam raumens susitraukimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (54), 32—39.
- Bružas, V., Skurvydas, A., Lukošūtė, I. (2003). Šildymo poveikis raumens nuovargiui ir atsigavimui. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (52), 19—24.
- Cheung, S. S. (2007). Hyperthermia and voluntary exhaustion: Integrating models and future challenges. Review. *Applied Physiology Nutritional Metabolism*, 32, 808—817.
- Enoka, R. M., Stuart, D. A. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 72, 1631—1648.
- Ferretti, G., Ishii, M., Moia, C., Cerretelli, P. (1992). Effects of temperature on the maximal instantaneous muscle power of humans. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 112—116.
- Galloway, S. D., Maughan, R. J. (1997). Effects of ambient temperature on the capacity to perform prolonged cycle exercise in man. *Medical Science of Sports Exercise*, 29, 1240—1249.
- Kandratavičius, E., Skurvydas, A., Lukošūtė, I. (2003). Temperatūros poveikis šuolio be amortizuojamojo pritūpimo kinematiniais rodikliais. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 4 (54), 13—17.
- Morrison, S. A., Sleivert, G. G., Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 729—736.
- Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 91, 1055—1060.
- Proulx, C. I., Ducharme, M. B., Kenny, G. P. (2003). Effect of water temperature on cooling efficiency during Hyperthermia in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94, 1317—1323.
- Rall, J. A., Woledge, R. C. (1990). Influence of temperature on mechanics and energetic of muscle contraction. *American Journal of Physiology*, 259, R 197—203.
- Ramanauskienė, I., Skurvydas, A., Brazaitis, M. ir kt. (2006). Moterų ir vyrų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybė nuo temperatūros. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (63), 49—54.
- Ratkevičius, A., Skurvydas, A., Quistorff, B., Povilonis, E., Lexell, J. (1998). Effects of contraction duration on low-frequency fatigue in repetitive voluntary and exercise-induced exercise of human quadriceps muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 462—468.
- Thornley, L. J., Maxwell, N. S., Cheung, S. S. (2003). Local tissue temperature effects on peak torque and muscular endurance during isometric knee extension. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 588—594.
- Vadopalas, K., Skurvydas, A., Brazaitis, M. et al. (2007). Impact of hyperthermia and dehydration on skeletal muscle of adult women performing isometric exercise of maximum intensity. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (66), 48—55.
- Westerblad, H., Allen, D. G., Bruton, J. D. (1998). Mechanisms underlying the reduction of isometric force in skeletal muscle fatigue. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162, 253—260.

IMPACT OF HYPERTHERMIA ON SKELETAL MUSCLE FATIGUE AND RECOVERY OF FEMALES

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė¹, Marius Brazaitis¹, Albertas Skurvydas¹,
Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Soneta Ivanonė¹, Kazys Vadopalas¹, Kazimieras Pukėnas¹
*Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Technology²,
Kaunas, Lithuania*

ABSTRACT

Research aim was to establish impact of hyperthermia on women's muscle fatigue and recovery upon muscle stimulation with various frequencies. The study group were healthy and physically active women ($n = 6$). Their age was 22.2 ± 3.4 years, body mass — 63.93 ± 6.74 kg, height — 167.6 ± 7.2 cm. There were two studies performed — the control study and the experimental study. The experimental study differed from the control one because during it hyperthermia was passively induced instead of warm-up (the study group kept feet in the warm bath with water, the temperature of which was $44 \pm 1^\circ\text{C}$, sitting for 45 minutes). After the bath but no later than within 5 minutes the participants were asked to sit on a special dynamometer chair and perform a two-minute maximal voluntary isometric muscle contraction (MVJ-2 min). The control test was performed prior to the load and 15 and 300 s after the load (the muscle was stimulated by electrical impulses — 1, 10, 20, 50, 100 Hz (duration of stimulation — 1 s) and TT 100 Hz (duration of stimulation — 250 ms, frequency — 100 Hz)). Involuntary muscle contraction force momentum was registered as well as duration of half relaxation of TT 100 Hz induced muscle contraction.

After passive heating, the rectal temperature increased $2.08 \pm 0.24^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$) on average, the internal muscle temperature increased (3 cm deep) $2.99 \pm 0.29^\circ\text{C}$ ($p < 0.05$). The subject lost 0.4 ± 0.07 kg on average during the hyperthermia experiment, and it made $0.62 \pm 0.13\%$ of the body mass. Physiological stress index (10 point system) shows that subjects underwent very high physiological stress — 8.85 ± 1.13 .

The main conclusions of the research: 1) hyperthermia improves momentary involuntary muscle contraction; it is considered, that the rate and capacity of muscle contraction increase after local heating, because of higher temperature forces using of ATP, KP and glycogen; 2) hyperthermia increases muscle fatigue upon performing sustained physical exercises; 3) greater increase in involuntary force momentum determined during hyperthermia occurred during the high-frequency muscle stimulation rather than during the one of low-frequency.

Generally our study showed that fatigue after hyperthermia was increased by two main determinants — the local changes of muscle and the changes in central nervous system.

Keywords: hyperthermia, central fatigue, isometric exercises.

Gauta 2008 m. birželio 4 d.
Received on June 4, 2008

Priimta 2008 m. rugsėjo 9 d.
Accepted on September 9, 2008

Ieva Lukošūtė-Stanikūnienė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302677
E-mail ieva.lukosute@antidopingas.lt