

KELIO TIESIAMŪJŲ RAUMENŲ JĖGOS SVYRAVIMO PRIKLAUSOMYBĖ NUO HIPERTERMIJOS ATLIEKANT MAKSIMALAUS INTENSYVUMO IZOMETRINIUS PRATIMUS

Marius Brazaitis, Albertas Skurvydas, Kazimieras Pukėnas, Kazys Vadopalas,
Ieva Lukošiuė-Stanikūnienė, Nerijus Masiulis, Sigitas Kamandulis
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Marius Brazaitis. Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos krypties doktorantas. Mokslinių tyrimų kryptis — raumenų fiziologija: temperatūros poveikis raumenų funkcijai.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti kelio tiesiamųjų raumenų jėgos svyravimo priklausomybę nuo hipertermijos atliekant maksimalaus intensyvumo izometrinius pratimus. Tiriamieji — sveiki fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 9$) (amžius — $21,6 \pm 2,6$ m., kūno svoris — $81,1 \pm 9,9$ kg, ūgis — $183,2 \pm 7,7$ cm). Buvo atliekami du tyrimai — kontrolinis ir eksperimentinis. Eksperimentinis nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu kojos buvo šildomos pasyviai (tiriamieji 45 min kojas laikė šiltoje vonioje, kurios vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$). Visi tiriamieji atliko 80 s valingą izometrinių krūvių, tiesdami koją per kelio sąnarį fiksuotu 120° kampu (naudotas izokinetinis dinamometras). Registruota keturgalvio šlaunies raumens maksimalioji valinga jėga (MVJ). Rektalinė temperatūra buvo matuojama prieš pasyvų kojų šildymą ir po jo. Raumenų susitraukimo jėgos svyravimas įvertintas spektro galios tankį (SGT) skaičiuojant pagal Welsh.

Po pasyvaus kojų šildymo rektalinė temperatūra padidėjo nuo $37,35 \pm 0,32$ iki $39,31 \pm 0,31^\circ\text{C}$ ($p < 0,001$; $p < 0,05$). Kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo metu trečią krūvio sekundę MVJ sumažėjo, lyginant su prieš krūvį nustatyta reikšme, ir šis reikšmingas pokytis išliko 15 s po krūvio ($p < 0,05$). Dešimtą izometrinių krūvio sekundę nustatytas reikšmingas MVJ skirtumas tarp kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo rodiklių ($p < 0,05$). Dviejų veiksmų dispersinė analizė parodė, kad analizuojamų jėgos rodiklių pokytis priklauso nuo laiko ($p < 0,001$) ir hipertermijos dydžio ($p < 0,01$), o sąveikos tarp jų rodikliai reikšmingai nepakito ($p > 0,05$). Išanalizavus viso krūvio pradžios ir pabaigos nuovargio indeksą (NI) pastebėta, kad hipertermija reikšmingai labiau padidino nuovargio rodiklį ($p < 0,05$), palyginti su kontroline reikšme. Laikas reikšmingai paveikė jėgos svyravimo SGT dydžio ir dažnio juostos (DJ) kaitą ($p < 0,001$), o hipertermija vertinamų rodiklių nepaveikė ($p > 0,05$). Hipertermija (eksperimentinis tyrimas) padidino raumenų nuovargį, bet nepakeitė jėgos svyravimo (dažnio ir amplitudės) kaitos sudėtingumo atliekant maksimalaus intensyvumo izometrinių krūvių. Eksperimentinio ir kontrolinio tyrimo metu spektro galios tankio amplitudės ir dažnio juostos rodikliai pakito vienodai. Jėgos signalo spektro galios tankio rodiklių kaita sudėtingėja priklausomai nuo laiko, t. y. kuo ilgiau atliekamas pratimas, tuo jėgos svyravimas darosi sudėtingesnis ir mažiau prognozuojamas (išsiplečia dažnių juosta, atsiranda keli dominuojantys dažniai).

Raktažodžiai: hipertermija, raumenų jėgos svyravimas, izometriniai pratimai, spektrinė analizė.

ĮVADAS

Griaučių raumenų veikla stipriai koreliuoja su temperatūros pokyčiais juose (Bennett, 1984; Ranatunga, 1998; De Ruiter, De Haan, 2000). Padidėjus ašinei kūno temperatūrai iki kritinės ribos (vidutinio fizinio aktyvumo asmenų — $38,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$, didelio meistriškumo — $39,2 \pm 0,1^\circ\text{C}$), žmogaus kūnas perkaista, atsiranda nuovargis, o hidratacija ir aklimatizacija šio pokyčio neveikia (Cheung, McLellan, 1998). Hipertermija padidina fiziologinę kūno įtampą,

dėl kurios gali smarkiai sumažėti fizinis darbingumas, padidėja viso kūno išsekimo, perkaitimo, traumos ar netgi mirties tikimybė. Daugelis gyvūnų nutraukia fizinę veiklą tada, kai jų ašinė kūno temperatūra pasiekia saugią ribą. Literatūroje nuolatos keliami hipotezė, kad pavojingai aukšta vidinė kūno temperatūra tiesiogiai padidina nuovargį ir pagreitina išsekimą. Pastaroji tema plačiai nagrinėjama, tačiau esminiai mechanizmai iki galo nėra išsiaiškinti (Morrison et al., 2004). Hiperter-

mijos sąlygomis fizinis darbingumas sumažėja dėl ašinės temperatūros padidėjimo iki kritinės ribos (Cheung, McLellan, 1998), kurią pasiekus yra aktyvinamos termoreguliacijos ir širdies kraujagyslių sistemos (Rowell, 1974). Hipertermijos sąlygomis atsiradę periferijos pokyčiai — padidėjęs raumenų susitraukimo ir atsipalaidavimo greitis (De Ruyter, De Haan, 2000) — gali tiesiogiai paveikti raumenų valingą aktyvumą, nes temperatūra pakeičia motorinio vieneto impulso dažnį, reikalingą tetaniam susitraukimui atlikti (Todd et al., 2004).

Jėgos svyravimo rodiklis yra svarbus indikatorius vertinant neuroraumeninę sistemą (Newell, Corcos, 1993; Hausdorff et al., 1994). Manoma, kad raumenų jėgos svyravimas glaudžiai susijęs su motorinių vienetų jaudinimo struktūros persitvarkymu. Daugelis tyrimų parodė, kad jėgos svyravimo mechanizmas priklauso nuo impulso dažnio motoriniame vienete dydžio (Allum et al., 1978; Christakos, 1982), jo kaitos (Enoka et al., 2003) ir sinchroniškumo tarp jų (Taylor et al., 2002). Atlikta nemažai tyrimų, vertinant širdies kraujagyslių sistemos ritmiškumą, jėgos svyravimą ir priklausomumą nuo amžiaus ir ligos, tačiau nepavyko rasti tokių (Christou, Carlton, 2002; Kornatz et al., 2005), kurie nagrinėtų, kaip hipertermija veikia jėgos svyravimą.

Tyrimo tikslas — nustatyti kelio tiesiamųjų raumenų jėgos svyravimo priklausomybę nuo hipertermijos atliekant maksimalaus intensyvumo izometrinius pratimus.

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Tiriamieji — sveiki fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 9$). Jų amžius — $21,6 \pm 2,6$ m., kūno svoris — $81,1 \pm 9,9$ kg, ūgis — $183,2 \pm 7,7$ cm. Tiriamieji buvo supažindinti su tyrimo tikslais, 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 aptartas ir patvirtintas Kauno regioniniame biomedicininų tyrimų etikos komitete (Protokolo Nr. 130/2005; Leidimo Nr. BE-2-54).

Dinamometro nustatymas. Izometrinė kelio tiesiamųjų raumenų jėga buvo vertinama naudojant izokinetinį dinamometrą (*Biodex Medical System 3*, New York). Tiriamieji sodinami į dinamometro įrenginio kėdę, testuojama dešinė koja. Prie dinamometro pritvirtinamas papildomas blauzdos tvirtinimo įtaisas. Nustatoma kelio anatomicinė są-

nario ašis ir sulyginama su dinamometro dinaminės apkrovos mazgo ašimi. Nustatoma visa kelio sąnario amplitudė (ištiesus koją 0° ir sulenkus 115° kampu). Norint sumažinti viso kūno inercinį svyravimą, tiriamasis apjuosiamas pečių, liemens ir šlaunies diržais. Blauzda sutvirtinama diržu su sagtimi virš kulnakaolio gumuro ties apatiniu trečdaliu, koja per kelio sąnarį fiksuojama 90° ir 60° kampu, pasveriamą tada, kai ji fiksuota $72 \pm 5^\circ$ kampu (gravitacinės sunkio jėgos momentu).

Eksperimento aprašymas. Buvo atliekami du tyrimai — kontrolinis ir eksperimentinis. Eksperimentinis nuo kontrolinio skyrėsi tuo, kad jo metu kojos buvo šildomos pasyviai.

Prieš eksperimentą atliktas žvalgomasis tyrimas, kurio metu tiriamieji turėjo priprasti prie laboratorijos aplinkos sąlygų ir pasimokyti atlikti maksimaliai valingą (MVJ) izometrinį krūvį. Ne anksčiau kaip po savaitės tiriamieji kontrolinio arba eksperimentinio tyrimo metu atliko krūvį.

Taikant pasyvaus šildymo metodiką, tiriamieji, atvykę į laboratoriją, 30 min ramiai sėdėdavo įprastinės temperatūros kambaryje ($20\text{--}22^\circ\text{C}$) (Sargeant, 1987), išmatuota jų rektalinė temperatūra. Vėliau buvo atliekamas kontrolinis MVJ matavimas, t. y. darant 2 min pertrauką atlikti trys maksimalūs valingi raumens susitraukimai tiesiant blauzdą per kelio sąnarį 120° fiksuotu kampu (raumens susitraukimo trukmė — 5 s). Paskui buvo taikomas pasyvus kojų šildymas, iš karto po šildymo vėl matuojama rektalinė temperatūra. Išlipus iš vonios, ne vėliau kaip po 5 min, tiriamasis buvo sodinamas į specialią dinamometro kėdę ir turėjo atlikti MVJ izometrinį krūvį. Praėjus 15 (A 15) ir 300 (A 300) s po krūvio, atliekamas kontrolinis testavimas.

Kontrolinio tyrimo metu po neintensyvios pramankštos (10 min bėgimo — pulso dažnis 110—130 tv. / min) tiriamieji buvo sodinami į specialią izokinetinio dinamometro kėdę ir atliko testavimą pagal tą patį protokolą kaip ir eksperimentinio tyrimo metu, tik pasyviai kojų nešildant ir nematuojuojant rektalinės temperatūros.

MVJ izometrinis krūvis. MVJ izometrinis krūvis truko 80 s. Tiriamieji krūvio metu buvo motyvuojami verbaliniu ir vizualiu jėgos signalo kitimo atgaliniu ryšiu. Tiriamasis maksimaliomis pastangomis turėjo tiesti koją per kelio sąnarį 120° fiksuotu kampu (rankos sukryžiuotos ant krūtinės). Registruota keturgalvio šlaunies raumens maksimalioji valinga jėga.

Pasyvaus šildymo metodika. Tiriamieji 45 min sėdėjo kojas panardinę šiltoje vonioje,

kurių vandens temperatūra — $44 \pm 1^\circ\text{C}$, kambario temperatūra $20\text{--}22^\circ\text{C}$. Šildymo metu jie negalėjo vartoti jokių gėrimų ar naudoti dirbtinio vėsinimo įrenginių. Šildymo pabaigoje raumens temperatūra 3 cm gylyje padidėja $\sim 2,7^\circ\text{C}$ (Sargeant, 1987; Ramanauskienė ir kt., 2006). Vandens temperatūra buvo matuojama buitiniu vandens termometru, patalpos — oro termometru.

Rektalinės temperatūros matavimo metodika. Pagrindinis hipertermijos būsenos nustatymo rodiklis yra rektalinė temperatūra (Cheung, McLellan, 1998). Rektalinė temperatūra buvo matuojama silikoninės gumos zonda su termodavikliu (*Ellab, tipas Rectal probe, Danija*). Tiriamasis prieš pasyvų šildymą ir po jo įsikišdavo zondą su termodavikliu į išeinamąją angą (laikas — 10 s, gylis — 12 cm) (Proulx et al., 2003). Zondas su termodavikliu po panaudojimo buvo sterilizuojamas autoklave.

Spektro galios tankio (SGT) matavimas. MVJ izometrinio krūvio metu užregistruota jėgos signalo laiko eilutė, diferencijuota taikant skirtumo funkciją, t. y. nustatant raumenų jėgos svyravimus. Tyrimo metu užregistruotų svyravimų (registravimo dažnis — 100 Hz) amplitudė ir dažnis parodė dinaminių sistemų sudėtingumo kaitą. Laiko eilutė buvo suskaidyta į aštuonias laiko imtis po 1000 taškų. SGT pagal *Welch* yra plačiai naudojamas rodiklis vertinant fiziologinius raumenų valingų susitraukimų procesus (Farina et al., 2002).

Matematinė statistika. Buvo apskaičiuojami rodiklių aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Vegetacinių sistemų rodiklių kaitos priklausomumas nuo raumenų temperatūros ir laiko kaitos buvo analizuojamas taikant dviejų veiks-

nių dispersinę analizę. Skirtumo tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal Studento dvipusį nepriklausomų imčių *t* kriterijų. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$.

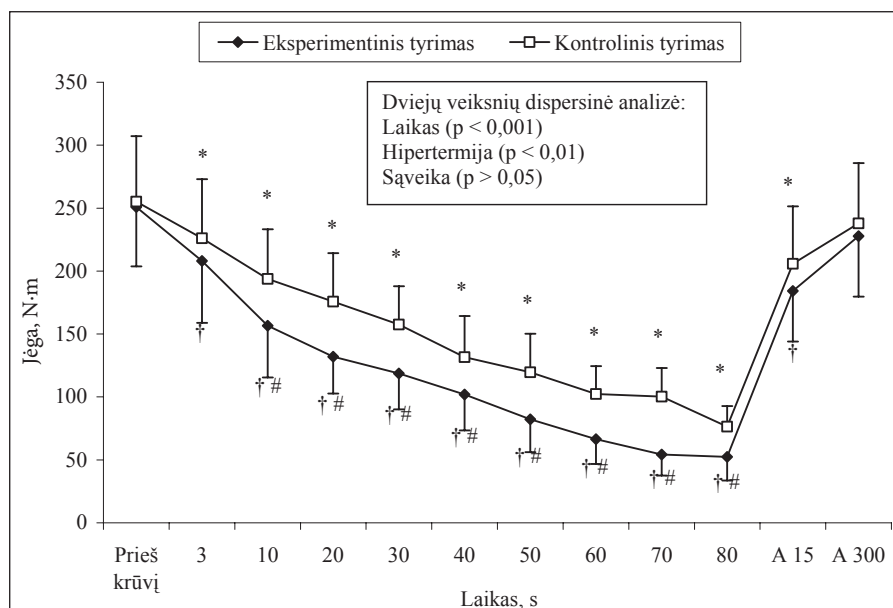
REZULTATAI

Tyrimo metu nustatyta, kad po pasyvaus šildymo rektalinė temperatūra padidėjo nuo $37,35 \pm 0,32$ iki $39,31 \pm 0,31^\circ\text{C}$ ($p < 0,001$).

Iš raumenų jėgos kitimo maksimalaus intensyvumo izometrinio krūvio matyti (1 pav.), kad kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo metu jėga 3 krūvio sekundę sumažėjo, lyginant su prieš krūvį nustatyta reikšme, ir šis reikšmingas pokytis išliko 15 s (A 15) po krūvio ($p < 0,05$). Lyginant kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo rodiklius, dešimtą krūvio sekundę nustatytas reikšmingas raumenų jėgos skirtumas ($p < 0,05$). Dviejų veiksnių dispersinę analizę atskleidė, kad analizuojamų jėgos rodiklių pokytis priklausė nuo laiko ($p < 0,001$) ir hipertermijos dydžio ($p < 0,01$), o sąveikos tarp jų rodikliai reikšmingai nepakitę ($p > 0,05$).

Išanalizavus viso krūvio pradžios ir pabaigos nuovargio indeksą (NI) pastebėta, kad hipertermija reikšmingai padidino vertinamą rodiklį ($p < 0,05$), palyginti su kontrolinio tyrimo reikšme (2 pav.).

Nustatyta, kad laikas reikšmingai paveikė jėgos svyravimo SGT dydžio ir dažnio juostos (DJ) kaitą ($p < 0,001$) tada, kai hipertermija vertinamų rodiklių neveikė ($p > 0,05$) (žr. 1 lent.). Didžiausias SGT dydis buvo nustatytas 0—10 sekundę (kontrolinio tyrimo — $0,54 \pm 0,61 \text{ N}^2 / \text{Hz}$, eksperimentinio — $0,59 \pm 0,53 \text{ N}^2 / \text{Hz}$, šie dydžiai nustatyti atitinkamai $10,67 \pm 1,12\text{--}16,89 \pm 2,52 \text{ Hz}$

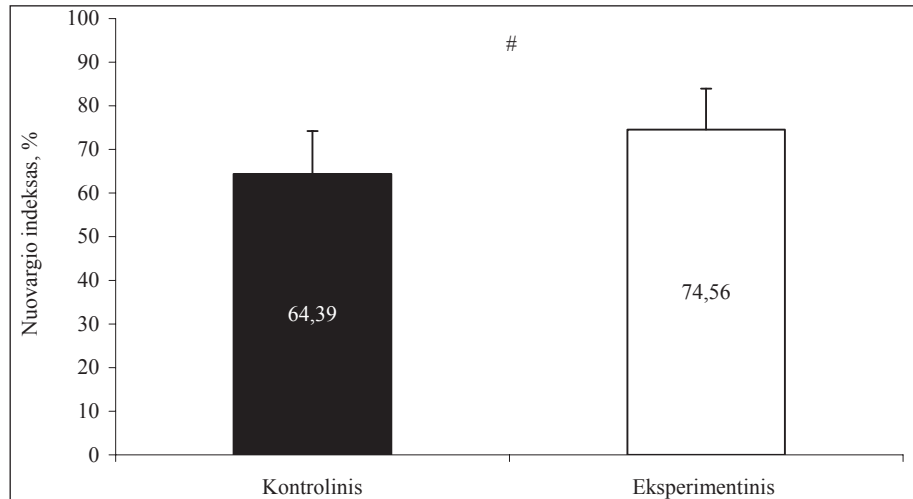


1 pav. MVJ rodikliai atliekant izometrinį krūvį, kai koja tiesiama 120° fiksuotu kampu

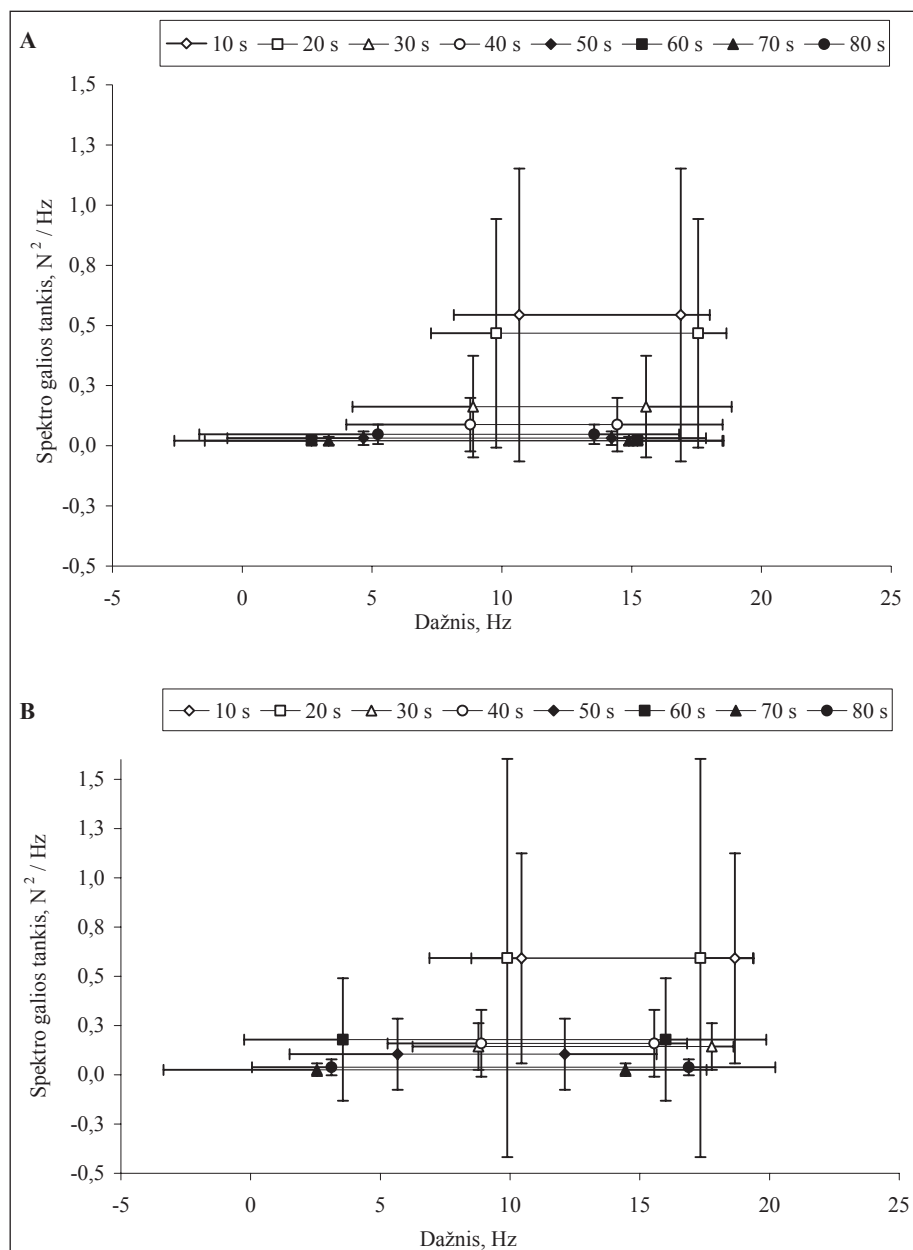
Pastaba. # — statistiškai reikšmingas skirtumas tarp kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo rodiklių ($p < 0,05$); † — eksperimentinio tyrimo rodikliai, palyginti su pradine reikšme ($p < 0,05$); * — kontrolinio tyrimo rodikliai, palyginti su pradine reikšme ($p < 0,05$).

2 pav. MVJ nuovargio indeksas

Pastaba. # — statistiškai reikšmingas skirtumas tarp kontrolinio ir eksperimentinio tyrimo rodiklių ($p < 0,05$).

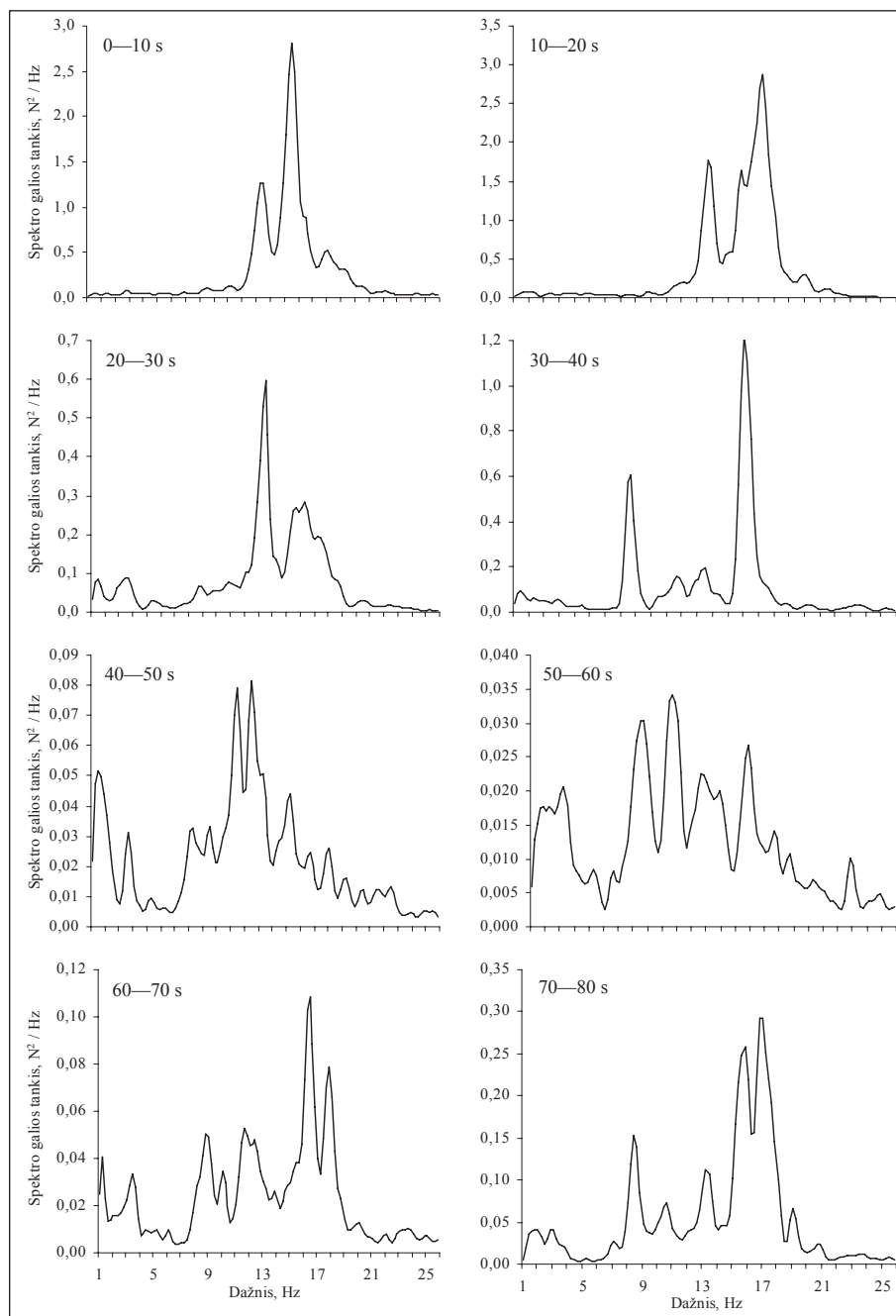


3 pav. Spektro galios tankio rodikliai atliekant MVJ izometrinę krūvį, kai koja tiesiama fiksuotu 120° kampu (kontrolinis (A) ir eksperimentinis tyrimas (B))



ir $10,44 \pm 0,73$ — $18,67 \pm 1,94$ Hz dažnio juostoje), mažiausias — 60—70 sekundę (kontrolinio tyrimo — $0,02 \pm 0,02$ N^2 / Hz , eksperimentinio —

$0,03 \pm 0,03$ N^2 / Hz , kur dažnio juostos dydis — $3,33 \pm 3,61$ — $14,89 \pm 4,78$ Hz ir $2,56 \pm 3,13$ — $14,44 \pm 5,92$ Hz) (3 pav.).



4 pav. Spektro galios tankio rodikliai atliekant MVJ izometrinę krūvį, kai koja tiesiama fiksuotu 120° kampu (originalūs vieno tiriamojo duomenys (kontrolinis tyrimas))

Spektro galios tankio dydžio priklausomybė nuo:	
Laiko	$p < 0,001$
Hipertermijos	$p > 0,05$
Sąveikos	$p > 0,05$
Dominuojančio dažnio lauko dydžio priklausomybė nuo:	
Laiko	$p < 0,001$
Hipertermijos	$p > 0,05$
Sąveikos	$p > 0,05$

Lentelė. Spektro galios tankio dispersinė dviejų veiksnų analizė

REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu nustatyta: kojų pasyvaus šildymo metu padidėjusi rektalinė temperatūra rodo tiriamųjų hipertermiją.

A. J. Sargeant (1987) nustatė, kad pasyviai šildant kojas vandenyje vidinė raumenų (3 cm gylyje) temperatūra padidėja ~ 2,7°C, o vienkartinio raumens susitraukimo jėga ir galingumas apytikriai padidėja 11%, tačiau dėl to greičiau atsiranda

nuovargis. I. Ramanauskienės ir kt. (2006) atliktu tyrimu nustatyta raumenų vidinė temperatūra buvo tokia pati, o raumenų susitraukimo jėga ir galinumas, atliekant izokinetinius pratimus (50 kojos tiesimų—lenkimų) dideliu greičiu ($450^\circ / s$), išliko nepakitusi, palyginti su pradinėmis reikšmėmis.

Padidėjus ašinei kūno temperatūrai iki $38,7^\circ C$ (vidutinio fizinio aktyvumo asmenų) ar iki $39,2^\circ C$ (didelio meistriškumo), kūnas perkaista, atsiranda nuovargis (Cheung, McLellan, 1998). Pasyviai padidinus ašinę kūno temperatūrą iki $39,5^\circ C$ ir atliekant 10 s trukmės maksimalaus intensyvumo izometrinius pratimus (kojos tiesimą 120° fiksuotu kampu), raumenų jėga sumažėja $11 \pm 13\%$, palyginti su pradinėmis reikšmėmis (Morrison et al., 2004). Atlikto tyrimo metu tiriamųjų ašinė temperatūra padidėjo iki $39,3 \pm 0,3^\circ C$, o raumenų jėga buvo $14 \pm 5,7\%$ mažesnė, taip pat nustatytas greitesnis raumenų nuovargis, lyginant su pradinėmis reikšmėmis. Manoma, kad centrinės nervų sistemos nuovargis tiesiogiai priklauso nuo ašinės temperatūros padidėjimo, pastaroji priklausomybė ir yra pagrindinis indikatorius, kuris lemia greitesnį raumenų jėgos mažėjimą dirbant izometriiniu režimu ir lyginant su pradinėmis reikšmėmis (Morrison et al., 2004).

Tyrimo metu pastebėta, kad hipertermija nepadidino kojos tiesiamųjų raumenų maksimaliosios jėgos rodiklių kaitos atliekant izometrinius pratimus. Vertinant SGT ir DJ kaitą valingo izometri-

nio krūvio metu nustatyta, kad didėjant raumenų nuovargiui jėgos svyravimų dominuojančios amplitudės dydis mažėjo, o dažnio juosta išsiplėtė. Išsiplėtus dažnio juostai, padidėjo panašaus dydžio amplitudžių skaičius, kuris rodo maksimaliosios raumenų jėgos fiziologinių rodiklių (motorinių vienetų suminės impulsacijos ir sinchroniškumo dažnio) kaitos sudėtingumą (4 pav.). Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad jėgos svyravimo rodikliai kinta priklausomai nuo laiko, ir tai daugiau lemia raumenų nuovargio mechanizmai, o ne hipertermija.

IŠVADOS

1. Hipertermija (eksperimentinis tyrimas) padidino raumenų nuovargį, bet nepakeitė jėgos svyravimo (dažnio ir amplitudės) kaitos sudėtingumo atliekant maksimalaus intensyvumo izometrinį krūvį.
2. Eksperimentinio ir kontrolinio tyrimų metu spektro galios tankio amplitudės ir dažnio juostos rodikliai pakito vienodai.
3. Jėgos signalo spektro galios tankio rodiklių kaita sudėtingėja priklausomai nuo laiko, t. y. kuo ilgiau atliekamas pratimas, tuo jėgos rodiklių svyravimas darosi sudėtingesnis ir mažiau prognozuojamas (išsiplėčia dažnių juosta, atsiranda keli dominuojantys dažniai).

LITERATŪRA

- Allum, J. H. J., Dietz, V., Freund, H. (1978). Neuronal mechanisms underlying physiological tremor. *Journal of Neurophysiology*, 41, 557—571.
- Bennett, A. F. (1984). Thermal dependence of muscle function. *American Journal of Physiology*, 247, R 217—229.
- Cheung, S. S., McLellan, T. M. (1998). Comparison of short-term aerobic training and high aerobic power on tolerance to uncompensable heat stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70 (7), 637—643.
- Christakos, C. N. (1982). A study of the muscle force waveform using a population stochastic model of skeletal muscle. *Biology of Cybernetic*, 44, 91—106.
- Christou, E. A., Carlton, L. G. (2002). Age and contraction type influence motor output variability in rapid discrete tasks. *Journal of Applied Physiology*, 93, 489—498.
- Enoka, R. M., Christou, E. A., Hunter, S. K. et al. (2003). Mechanisms that contribute to differences in motor performance between young and old adults. *Journal of Electromyography Kinesiology*, 13, 1—12.
- Farina, D., Fattorini, L., Felici, F., Filligoi, G. (2002). Nonlinear surface EMG analysis to detect changes of motor unit conduction velocity and synchronization. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1753—1763.
- Hausdorff, J. M., Peng, C. K., Ladin, Z., Wei, J. Y., Goldberger, A. L. (1994). Is walking a random walk? Evidence for long-range correlations in stride interval of human gait. *Journal of Applied Physiology*, 78, 349—358.
- Kornatz, K. W., Christou, E. A., Enoka, R. M. (2005). Practice reduces motor unit discharge variability in a hand muscle and improves manual dexterity in old adults. *Journal of Applied Physiology*, 98, 2072—2080.
- Morrison, S., Sleivert, G. G., Cheung, S. S. (2004). Passive hyperthermia reduces voluntary activation and isometric force production. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 729—736.
- Newell, K. M., Corcos, D. M. (1993). *Variability and motor control*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.
- Ramanauskienė, I., Skurvydas, A., Brazaitis, M. ir kt. (2006). Moterų ir vyrų kelio tiesiamųjų ir lenkiamųjų raumenų susitraukimo funkcijos priklausomybė nuo tempera-

- tūros. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 3 (63), 49—54.
- Ranatunga, K. W. (1998). Temperature dependence of mechanical power output in mammalian (rat) skeletal muscle. *Experimental Physiology*, 83, 371—376.
- Rowell, L. B. (1974). Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Review*, 54, 75—159.
- De Ruyter, C. J., De Haan, A. (2000). Temperature effect on the force / velocity relationship of the fresh and fatigued human adductor pollicis muscle. *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.
- Taylor, A. M., Steege, J. W., Enoka, R. M. (2002). Motor-unit synchronization alters spike-triggered average force in simulated contractions. *Journal of Neurophysiology*, 88, 265—276.
- Tood, G., Butler, J. E., Taylor, J. L., Gandevia, S. C. (2004). Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. *Journal of Physiology*, 563 (2), 621—631.

DEPENDENCE OF KNEE EXTENSORS POWER FLUCTUATION ON HYPERTHERMIA PERFORMING ISOMETRIC EXERCISES AT MAXIMAL INTENSITY

Marius Brazaitis, Albertas Skurvydas, Kazimieras Pukėnas, Kazys Vadopalas,
Ieva Lukošiuūtė-Stanikūnienė, Nerijus Masiulis, Sigitas Kamandulis
Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the research was to determine knee extensors isometric contraction power vibration stability fluctuation dependence on hyperthermia. The object of the study were healthy men who were physically active ($n = 9$) (age — 21.6 ± 2.6 years, weight — 81.1 ± 9.9 kg, height — 183.2 ± 7.7 cm). Two tests were carried out. The first one was control, the other was experimental. The experimental test differed from the control one in passive warming of legs (the participants of the test were keeping their legs in a warm bath for 45 minutes; the temperature of the water was $44 \pm 1^\circ\text{C}$). All the participants experienced a voluntary isometric strain of 80 seconds when stretching one of their legs by a knee joint at a 120° fixed angle (isokinetic dynamometer). The moment of maximum power was registered (N·m). Rectal temperatures were measured before and after the passive heating. In order to evaluate the muscle isometric contraction power vibration stability fluctuation power spectrum density (PSD) was measured.

Rectal temperature increased from 37.35 ± 0.32 to $39.31 \pm 0.31^\circ\text{C}$ ($p < 0.001$). The moment of muscle isometric contraction power decreased at the 3rd second of the strain. This significant change lasted for almost 15 seconds after the strain ($p < 0.05$). A significant difference of muscle isometric contraction power between the hyperthermia and the control test was determined at the 10th second of the strain ($p < 0.05$). When evaluating the dispersive analysis of the two factors, it was found that the change of the tested indices of the power depended on the factor of time ($p < 0.001$) and hyperthermia ($p < 0.01$) whereas the interaction between them did not bring a big influence on the results ($p = 0.564$). The time influenced the value of power spectrum density (PSD) and the change of frequency rate (FR) ($p < 0.001$), whereas the time did not influence the indices judged as hyperthermia ($p > 0.05$).

The results showed that hyperthermia impaired muscle fatigue, but did not change force output complexity during MVC isometric bout. Power spectrum density analyses showed similar shift of force output frequency and amplitude during the control and the experimental test. The level of force output complexity depended on the duration of exercise (more sustained exercise showed higher complexity level).

Keywords: hyperthermia, muscle vibration, isometric contraction of a muscle, spectrum analyses.

Gauta 2007 m. vasario 7 d.
Received on February 7, 2007

Priimta 2007 m. balandžio 24 d.
Accepted on April 24, 2007

Marius Brazaitis
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302677
E-mail kku712@yahoo.com