

VYRŲ IR MOTERŲ KINEMATINIŲ IR ELEKTROMIOGRAMOS RODIKLIŲ KAITA ATLIEKANT 100 ŠUOLIŲ

Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Albertas Skurvydas¹, Irina Ramanauskienė², Marius Brazaitis¹, Saulė Sipavičienė¹, Kristina Zaičėnkoviėnė¹

Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno technologijos universitetas², Kaunas, Lietuva

Laura Daniusevičiūtė. Reabilitacijos magistrė. Lietuvos kūno kultūros akademijos biomedicinos mokslų krypties doktorantė. Kauno technologijos universiteto Kūno kultūros ir sporto centro, Kūno kultūros katedros metodininkė. Mokslinių tyrimų kryptis — motorinės sistemos nuovargio priklausomumas nuo moterų menstruacinio ciklo fazės.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti vyrų ir moterų kinematinės savybės ir elektromiogramos rodiklių kaitą atliekant 100 šuolių.

Tiriamieji — sveiki fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 10$) ir moterys ($n = 10$), kurių amžius 19—23 metai. Vyrų kūno masė — $78,2 \pm 6,1$ kg, ūgis — $179,8 \pm 5,8$ cm. Moterų kūno masė — $58,2 \pm 6,1$ kg, ūgis — $168,4 \pm 5,6$ cm. Vertikalių šuolių aukščiui matuoti buvo naudojama kontaktinė platforma (60×60 cm) ir su ja sujungtas elektroninis šuolio aukščio ir atsispjimo laiko matuoklis „New Test“ (Suomija). Šuolių metu buvo naudojamas mobilusis goniometras-elektromiografas Biometrics Ltd, skirtas žmogaus judesių kinematinėms savybėms ir raumenų elektromiogramai (EMG) registruoti.

Nustatant raumenų agonistų elektrinį aktyvumą, prietaiso elektrodai buvo pritvirtinti ant keturgalvio šlaunies raumens vidurinės linijos, o raumenų antagonistų — ant dvigalvio šlaunies raumens vidurinės linijos. Kelio sąnario kampu pokyčiams registruoti goniometro biosensoriai buvo tvirtinami lygiagrečiai kelio sąnariui išorinėje kojos dalyje: viena biosensoriaus dalis tvirtinama ant keturgalvio šlaunies raumeninės fascijos, kita — ant kojų blauzdų raumenų šoninės dalies. Mobilusis goniometras-elektromiografas Biometrics Ltd yra elektriškai izoliuotas. Prieš pradėdant registruoti raumenų elektrinį aktyvumą ir kelio sąnario kampu pokyčius, buvo nustatytas 3 V diapazono registravimo mastelis, pasirinktas 1 kHz duomenų registravimo dažnis raumenims aktyvinti ir 2 kHz duomenų registravimo dažnis kelio sąnario kampu pokyčiams fiksuoti, 4600 mV duomenų registravimo jautrumas raumenų aktyvumui matuoti. Pritvirtinus raumenų elektrinio aktyvinimo elektrodus ir goniometro biosensorius, tiriamasis atsistodavo ant šuolių platformos per kelio sąnarius tiesiomis kojomis. Tada buvo nustatomos nulinės goniometro biosensorių reikšmės ir pradėdama šuoliuoti. Raumenų aktyvumui nustatyti apskaičiuota kvadratų vidurkio šaknis (RMS), pasirinktas vėlinimas 4. Apskaičiuota šuolių trukmė, keturgalvio ir dvigalvio raumens EMG. Šuoliai buvo atliekami nušokant nuo 75 cm aukščio pakylės amortizuojamai tūptelint per kelius iki 90° kampo. Nustatytas maksimalus pritūpimo kampas per kelius, keturgalvio ir dvigalvio raumens EMG nuo šuolio pradžios iki maksimalaus kelio sąnario kampo pokyčio (T 1 fazė) ir nuo maksimalaus kelio sąnario kampo iki šuolio pabaigos (T 2 fazė).

Išanalizavus gautus duomenis nustatyta, kad labiau sumažėjo vyrų šuolio aukštis nei moterų, šuolių trukmė buvo ilgesnė moterų nei vyrų, nors moterys pritūpė mažiau nei vyrai. Agonisto ir antagonisto raumens EMG rodikliai statistiškai reikšmingai sumažėjo tiek vyrų, tiek moterų. Be to, nepastebėta statistiškai reikšmingo skirtumo tarp vyrų ir moterų šuolių atlikimo kinematinėms rodiklių kaitos.

Raktažodžiai: keturgalvis, dvigalvis raumuo, kelio sąnario kampu pokyčiai, EMG, lytis.

ĮVADAS

Fiziologiniai mechanizmai, tokie kaip raumens nervinis aktyvinimas ir raumens struktūros savybės, veikia raumenis atliekant judesius maksimaliu ar submaksimaliu režimu (Aagaard et al., 2002; Bojsen-Møller et al., 2005).

Vertikalūs šuoliai dažnai taikomi norint įvertinti raumenų nervinį aktyvumą ar raumens struktūros ypatybes atliekant krūvį maksimaliu ekscen-

triniu-koncentrinu raumenų susitraukimo režimu. Atliekant šuolius labiau išnaudojamos raumenų elastinės ir refleksinės savybės. Šoklumas priklauso ne tik nuo raumenų susitraukimo galingumo, bet ir nuo raumens bei sausgyslės elastingumo. Kuo elastingesnis raumuo ir sausgyslė, tuo geresnis šoklumas atliekant amortizuojamo tūptelėjimo šuolius. Taigi norint įvertinti raumens struktūros

ypatybes, reikia analizuoti šuolio atlikimo kaitos rodiklius (Caseroti et al., 2001; Kubo et al., 2002). Tačiau vertinant šuolio kaitą apskritai, prarandama informacija apie atskirų raumenų grupių, sąnario darinių, dalyvaujančių tam tikroje šuolio fazėje, savybes (Caseroti et al., 2001; Rittweger et al., 2004). Juk raumenų antagonistų ir agonistų tam tikras elektrinis aktyvumas stabilizuoja sąnarį ir apsaugo jį nuo per didelio sulenkimo. Skirtingose šuolio atlikimo fazėse raumenys nevienodai aktyvinami elektra, atsiranda kelio sąnario pokyčiai (Beltman et al., 2003).

Raumenų gebėjimas ugdyti jėgą priklauso nuo lyties. Nustatyta, kad vyrų jėga didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės, jėgos, galingumo, vyraujančių greitųjų raumeninių skaidulų (Hunter, Enoka, 2001). Moterims ir vyrams tiesiant kelį ir lenkiant alkūnę izometrinio režimu nustatyta, kad moterų tiek kelio tiesiamasis, tiek alkūnės lenkamasis raumenys buvo atsparesni nuovargiui (Albert et al., 2006). Moterų keturgalvio raumens elektromiogramos rodikliai rodo geresnę raumeninę ištvermę fizinio krūvio metu negu vyrų (Hunter, Enoka, 2001; Clark et al., 2003; Albert et al., 2006). Tačiau neaptikome tyrimų, nagrinėjančių moterų ir vyrų kelio kampo pokyčių rodiklius. Todėl šio tyrimo tikslas — nustatyti vyrų ir moterų šuolių kinematinės savybes ir elektromiogramos rodiklių kaitą atliekant 100 šuolių.

METODIKA

Tiriamieji — sveiki fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 10$) ir moterys ($n = 10$), kurių amžius 19–23 metai. Vyrų kūno masė — $78,2 \pm 6,1$ kg, ūgis — $179,8 \pm 5,8$ cm. Moterų kūno masė — $58,2 \pm 6,1$ kg, ūgis — $168,4 \pm 5,6$ cm. Tyrimo protokolas aptartas ir patvirtintas Kauno regioniam biomedicinių tyrimų etikos komitete (protokolo Nr. BE-2-24).

Šoklumo testavimas. Vertikalių šuolių aukščiui matuoti buvo naudojama kontaktinė platforma (60×60 cm) ir su ja sujungtas elektroninis šuolio aukščio bei atsispjimo laiko matuoklis „New Test“ (Suomija). Šuolio aukštis nustatomas atsižvelgiant į laiko trukmę, kurią tiriamasis išbūna pašokęs, t. y. pagal lėkimo fazės trukmę. Šuolio laikas ir aukštis buvo apskaičiuojamas pagal formulę (Bosco et al., 1983):

$$h = \frac{g \times t_p^2}{8} = 1,22625 \times t_p^2,$$

čia h — šuolio aukštis (m);

g — laisvojo kritimo pagreitis ($9,81 \text{ m/s}^2$);

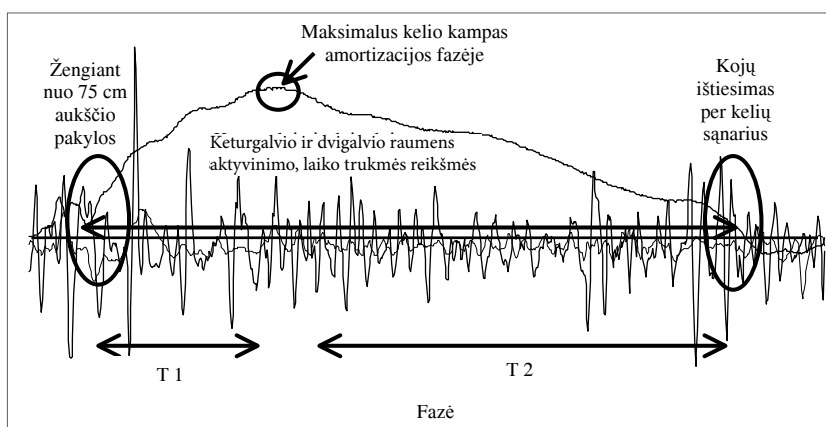
t_p — lėkimo fazės trukmė (s).

Šuolio aukščio mažėjimo nuovargio indeksas (NI) apskaičiuotas pagal formulę:

$$NI = (H_{pr} - H_{pb}) / H_{pr} \times 100 \text{ procentų,}$$

kai H_{pr} — trijų pradinių šuolių aukščių vidurkiai ir H_{pb} — trijų paskutinių šuolių aukščių vidurkiai.

Elektromiogramos rodiklių testavimas. Šuolių metu buvo naudojamas mobilusis goniometras-elektromiografas *Biometrics Ltd*, skirtas žmogaus judesių dinaminėms ir kinematinėms savybėms nustatyti. Mobilioju goniometru-elektromiografu *Biometrics Ltd* apskaičiuojame laiko trukmę, keturgalvio ir dvigalvio raumens aktyvumo reikšmes. Šie rodikliai buvo registruojami tiriamajam žengus nuo 75 cm aukščio pakylas, pasiekus amortizacijos fazę (tūptelėjus iki 90° kampo) ir ištiesus kojas per kelio sąnarius. Amortizacijos fazėje buvo nustatytos maksimalaus kelio sąnario kampo pokyčio reikšmės. Taip pat apskaičiuotos keturgalvio ir dvigalvio raumens aktyvumo reikšmės nuo šuolio pradžios iki maksimalaus kelio sąnario kampo pokyčio (T 1 fazė) ir nuo maksimalaus kelio sąnario kampo pokyčio iki šuolio pabaigos (T 2 fazė) (1 pav.).



1 pav. Keturgalvio ir dvigalvio raumens aktyvumo ir kelio sąnario kampų pokyčio reikšmės tiriamajam žengiant nuo 75 cm aukščio pakylas, pasiekus amortizacijos fazę, ir ištiesiant kojas per kelio sąnarius

Tyrimo organizavimas. Tiriamieji po 10—15 min neintensyvios pramankštos (lėto veloergometro mynimo, kai pulso dažnis 120—130 tv. / min) ant kontaktinės platformos atliko 100 šuolių nuo 75 cm aukščio pakylės, amortizuojamai tūptelėdami per kelių sąnarius iki 90° kampo (rankos ant juosmens). Laiko intervalas tarp visų šuolių — 20 sekundžių.

Prieš šuolius prie tiriamųjų buvo pritvirtinti mobilaus goniometro-elektromiografo *Biometrics Ltd* elektrodai ir biosensorius. Norint nustatyti raumenų agonistų elektrinį aktyvumą, prietaiso elektrodai buvo pritvirtinti ant keturgalvio šlaunies raumens vidurinės linijos, o raumenų antagonistų — ant dvigalvio šlaunies raumens vidurinės linijos. Kelio sąnario kampų pokyčiams registruoti goniometro biosensoriai buvo tvirtinami lygiagrečiai kelio sąnariui išorinėje kojos dalyje: viena biosensoriaus dalis tvirtinama ant keturgalvio šlaunies raumeninės fascijos, kita ant kojų blauzdų raumenų šoninės dalies. Mobilusis goniometras-elektromiografas *Biometrics Ltd* buvo elektriškai izoliuotas.

Prieš pradėdant registruoti raumenų elektrinį aktyvumą ir kelio sąnario kampų pokyčius buvo nustatytas 3 V diapazono registravimo mastelis, pasirinktas 1 kHz duomenų registravimo raumenų aktyvinimo dažnis ir 2 kHz duomenų registravimo dažnis kelio sąnario kampų pokyčiams registruoti, 4600 mV duomenų registravimo jautrumas raumenų aktyvumui matuoti. Pritvirtinus raumenų elektrinio aktyvinimo elektrodus ir goniometro biosensorius, tiriamasis atsistodavo ant kontaktinės platformos per kelio sąnarius tiesiomis kojomis. Tada buvo nustatomos nulinės goniometro biosensorių reikšmės ir pradėdama šuoliuoti. Nustatant raumenų aktyvumą, apskaičiuota kvadratų vidurkio šaknis (RMS) ir pasirinktas vėlinimas 4.

Matematinė statistika. Tyrimo duomenų analizė atlikta naudojant *Excel 2002* programą. Vertinant tyrimų duomenis, apskaičiuotas aritmetinis vidurkis, standartinis kvadratinis nuokrypis. Rezultatų patikimumas įvertintas skaičiuojant pagal Studento *t* kriterijų. Skirtingų veiksmų rezultatų reikšmingumui įvertinti taikyta dviejų veiksmų dispersinė analizė naudojant SPSS programų paketą. Buvo pasirinktas $p < 0,05$ patikimumo lygmuo.

REZULTATAI

Atlikus dviejų veiksmų dispersinę analizę nustatyta, kad lyginant moterų ir vyrų 100 šuolių aukščio absoliučias reikšmes pastebimas statistiškai reikšmingas aukščio mažėjimas ($p < 0,05$) (2 pav.), šuolio aukščio rodiklių pokytis priklausė nuo šuolių kiekio bei šuolių kiekio ir lyties sąsajų ($p < 0,05$).

Tyrimo metu apskaičiavus šuolio aukščio mažėjimo nuovargio indeksą (NI), aptiktas statistiškai reikšmingas moterų NI rodiklių sumažėjimo ($6,53 \pm 0,50\%$) skirtumas, lyginant su vyrų ($14,98 \pm 0,46\%$) (1 lent.) ($p < 0,05$).

Dviejų veiksmų dispersinė analizė rodo, kad lyginant moterų ir vyrų maksimalaus kelio kampo reikšmes amortizacijos fazėje po 1—10 šuolio nustatytas patikimas moterų ir vyrų rodiklių skirtumas ($p < 0,05$) (3 pav.). 1—10 šuolio metu moterys pritūpė mažiau nei vyrai, todėl moterų maksimalaus kelio kampo reikšmės mažesnės ($50,41^\circ$) nei vyrų ($81,81^\circ$). Taip pat 90—100 šuolio metu moterys pritūpė mažiau nei vyrai: nustatytos mažesnės moterų maksimalaus kelio kampo reikšmės tūptelint ($60,43^\circ$) nei vyrų ($92,82^\circ$). Tačiau tiek moterų, tiek vyrų šios reikšmės buvo didesnės 90—100 šuolio metu nei po 1—10. Atlikus dviejų veiksmų dispersinę analizę nustatytas statistiškai patikimas skirtumas, lyginant moterų ir vyrų maksimalaus kelio kampo reikšmes tūptelint 90—100 šuolio metu ($p < 0,05$) (3 pav.).

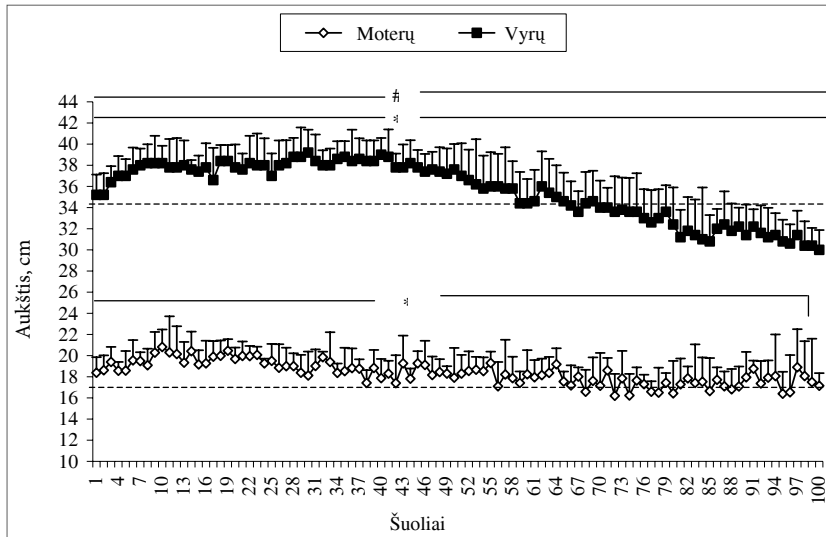
Dviejų veiksmų dispersinė analizė rodo, kad lyginant moterų ir vyrų laiko trukmės reikšmes 1—10 šuolio metu nėra patikimo skirtumo tarp moterų ir vyrų ($p > 0,05$) (4 pav.) rodiklių. Taip pat nustatytas nepatikimas skirtumas, lyginant moterų ir vyrų laiko trukmės reikšmes po 90—100 šuolio ($p > 0,05$) (4 pav.).

Atlikus dviejų veiksmų dispersinę analizę nustatyta, kad lyginant moterų ir vyrų keturgalvio raumens aktyvumo reikšmes 1—10 ir 90—100 šuolio metu, pastebimas patikimas skirtumas tarp moterų ir vyrų rodiklių ($p < 0,05$) (5 pav.). Nustatytas glaudus ryšys tarp keturgalvio raumens aktyvumo rodiklių po 1—10 ir po 90—100 šuolio. Tiek moterų, tiek vyrų keturgalvio raumens aktyvumo absoliučios reikšmės po 90—100 šuolio sumažėjo, tačiau lyginant keturgalvio rau-

Lentelė. Moterų ir vyrų nuovargio indeksas (NI)

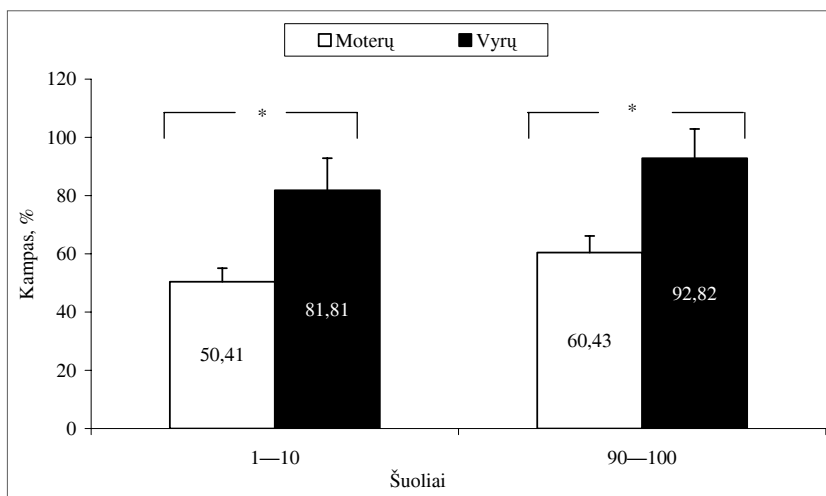
Tiriamieji	Nuovargio indeksas (NI)
Moterys	$6,53 \pm 0,50\% \#$
Vyrai	$14,98 \pm 0,46\% \#$

Pastaba. # — nuovargio indeksas, lyginant moterų ir vyrų rodiklius mažėjant šuolio aukščiui ($p < 0,05$).



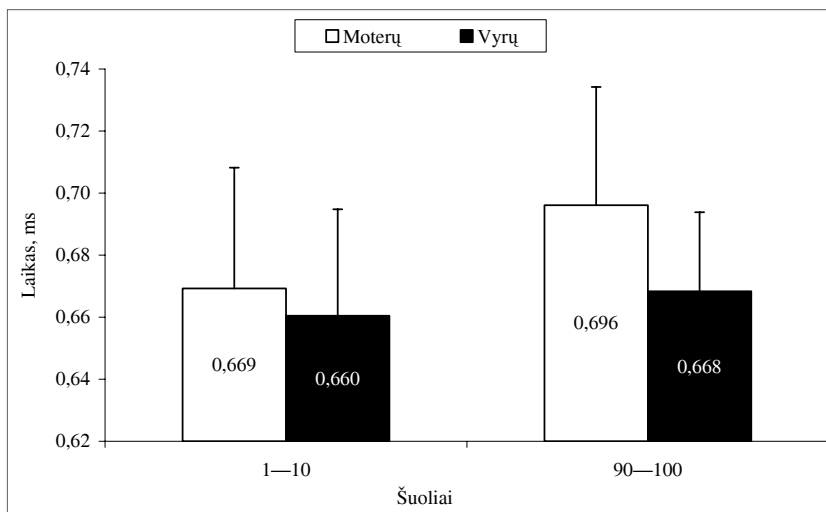
2 pav. Moterų ir vyrų 100 šuolių aukščio absoliučios reikšmės

Pastaba. * — šuolio aukščio pokytis, lyginant su pradine reikšme ($p < 0,05$); # — šuolio aukščio pokytis, lyginant moterų ir vyrų rezultatus ($p < 0,05$).



3 pav. Moterų ir vyrų maksimalaus kelio kampo reikšmės 1—10 ir 90—100 šuolio metu

Pastaba. * — maksimalaus kelio kampo reikšmės 1—10 šuolio metu, lyginant moterų ir vyrų rodiklius ($p < 0,05$).



4 pav. Moterų ir vyrų laiko trukmės reikšmės 1—10 ir 90—100 šuolių metu

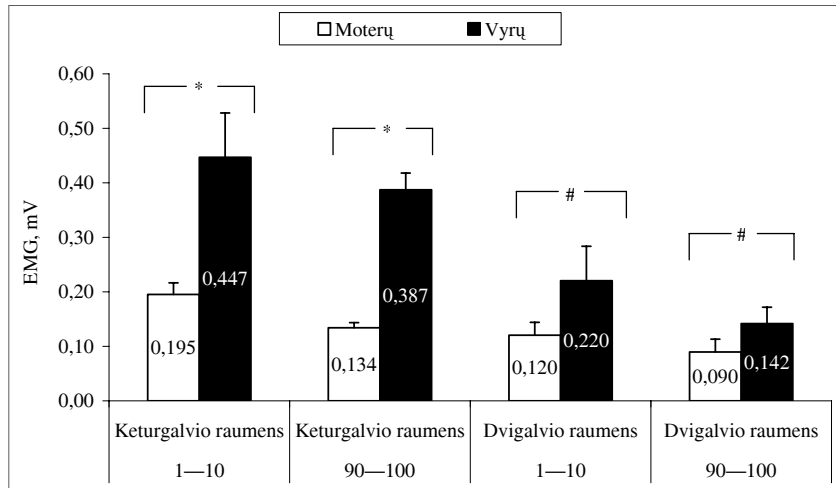
mens aktyvumo reikšmes tarp lyčių matyti, kad vyrų raumens aktyvumas didesnis (0,447 mV po 1—10 šuolio) nei moterų (0,195 mV po 1—10 šuolio). Ta pati tendencija išliko ir po 90—100 šuolio.

Dviejų veiksmų dispersinė analizė rodo, kad lyginant moterų ir vyrų dvigalvio raumens aktyvumo reikšmes 1—10 ir 90—100 šuolio metu, pastebimas patikimas skirtumas tarp moterų ir vyrų ($p < 0,05$)

(5 pav.), taip pat pastebimas dvigalvio raumens aktyvumo rodiklių ryšys po 1—10 ir po 90—100 šuolio. Nustatytas moterų ir vyrų dvigalvio raumens aktyvumo absoliučių reikšmių po 90—100 šuolio mažėjimas, tačiau lyginant dvigalvio raumens aktyvumo reikšmes tarp lyčių matyti, kad vyrų raumens aktyvumas didesnis (0,220 mV po 1—10 šuolio) nei moterų (0,120 mV 1—10 šuolio). Ta pati tendencija išliko ir po 90—100 šuolio.

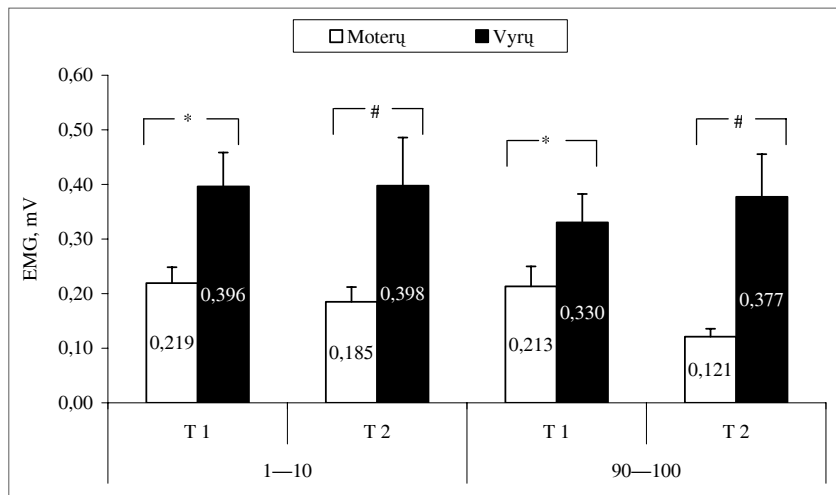
5 pav. Moterų ir vyrų keturgalvio ir dvi-
galvio raumens EMG reikšmės 1–10 ir
90–100 šuolio metu

Pastaba. * — keturgalvio raumens aktyvu-
mo reikšmės 1–10 ir 90–100 šuolio metu,
lyginant moterų ir vyrų rodiklius ($p < 0,05$);
— dviagalvio raumens aktyvumo reikšmės
1–10 ir 90–100 šuolio metu, lyginant
moterų ir vyrų rodiklius ($p < 0,05$).

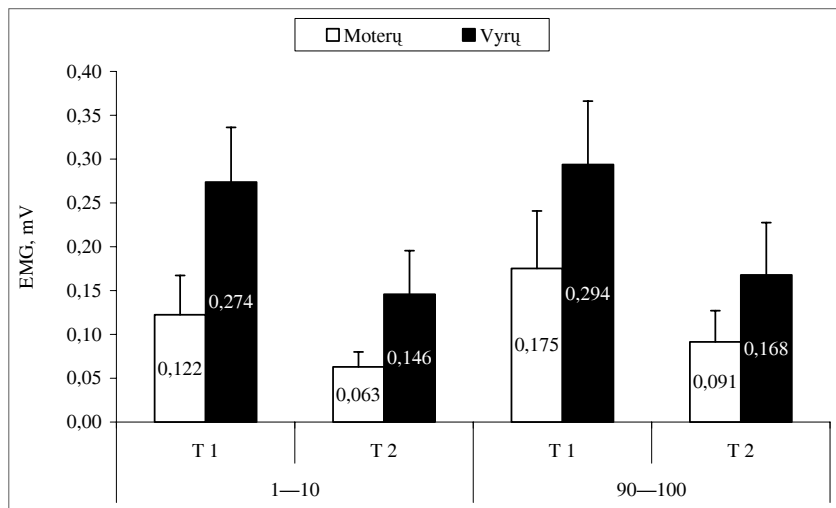


6 pav. Moterų ir vyrų keturgalvio raumens
aktyvumo reikšmės T 1 ir T 2 fazėse 1–10
ir 90–100 šuolio metu

Pastaba. * — keturgalvio raumens aktyvu-
mo reikšmės T 1 fazėje po 1–10 ir 90–100
šuolio, lyginant moterų ir vyrų rodiklius
($p < 0,05$); # — keturgalvio raumens aktyvu-
mo reikšmės T 2 fazėje po 1–10 ir 90–100
šuolio, lyginant moterų ir vyrų rodiklius
($p < 0,05$).



7 pav. Moterų ir vyrų dviagalvio raumens
aktyvumo reikšmės T 1 ir T 2 fazėse 1–10
ir 90–100 šuolio metu



Dviejų veiksnių dispersinė analizė parodė mo-
terų ir vyrų keturgalvio raumens aktyvumo reikš-
mių T 1 ir T 2 fazėse po 1–10 šuolio patikimą
skirtumą ($p < 0,05$) (6 pav.). Lyginant moterų ir
vyrų keturgalvio raumens aktyvumo reikšmes T 1
ir T 2 fazėse po 90–100 šuolio, nustatytas pati-
kimas skirtumas ($p > 0,05$) (6 pav.). Analizuojant
moterų keturgalvio raumens aktyvumo absoliučias
reikšmes T 1 ir T 2 fazėse po 1–10 šuolio matyti,

kad šios reikšmės sumažėjo (T 1 — 0,219 mV,
T 2 — 0,185 mV). Ta pati tendencija vyrauja po
90–100 šuolio (T 1 — 0,213 mV, T 2 — 0,121 mV)
(6 pav.). Analizuojant vyrų keturgalvio raumens
aktyvumo absoliučias reikšmes T 1 ir T 2 fazėse
po 1–10 šuolio ir po 90–100 šuolio, šios ten-
dencijos negalima patvirtinti. Vyrų keturgalvio
raumens aktyvumo absoliučios reikšmės padidėjo
(T 1 — 0,396 mV, T 2 — 0,398 mV po 1–10

šulio; T 1 — 0,330 mV, T 2 — 0,377 mV po 90—100 šulio) (6 pav.).

Atlikus dviejų veiksmų dispersinę analizę nustatyta, kad lyginant moterų ir vyrų dvigalvio raumens aktyvumo reikšmes T 1 ir T 2 fazėse po 1—10 šulio, nėra patikimo skirtumo ($p > 0,05$) (7 pav.). Patikimas skirtumas tarp lyčių nenustatytas ir lyginant moterų ir vyrų dvigalvio raumens aktyvumo reikšmes T 1 ir T 2 fazėse po 90—100 šulio, ($p > 0,05$) (7 pav.). Analizuojant moterų dvigalvio raumens aktyvumo absoliučias reikšmes T 1 ir T 2 fazėse po 1—10 šulio matyti, kad šios reikšmės sumažėjo (T 1 — 0,122 mV, T 2 — 0,063 mV). Ta pati tendencija vyrauja po 90—100 šulio (T 1 — 0,175 mV, T 2 — 0,091 mV) (7 pav.). Lyginant vyrų dvigalvio raumens aktyvumo absoliučias reikšmes T 1 ir T 2 fazėse po 1—10 ir po 90—100 šulio, ši tendencija išliko (T 1 — 0,274 mV, T 2 — 0,146 mV po 1—10 šulio; T 1 — 0,175 mV, T 2 — 0,091 mV po 90—100 šulio) (7 pav.).

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo rezultatai parodė, kad atliekant 100 šuolių vyrų šuolių aukštis labiau sumažėjo nei moterų. Tai patvirtina hipotezė, kuria teigiama, kad moterų raumenų ištvermė fizinio krūvio metu yra geresnė (Hunter, Enoka, 2001; Clark et al., 2003; Albert et al., 2006). Apskaičiavus šulio aukščio mažėjimo nuovargio indeksą (NI), nustatytas didesnis vyrų raumenų nuovargis ($14,98 \pm 0,46\%$) nei moterų ($6,53 \pm 0,50\%$). Tai patvirtina nuomonę, kad moterys šulio metu nesutelkia visų savo pastangų (Albert et al., 2006), nors yra prašomos. Vyrauja dvi hipotezės — skirtingą nuovargio atsiradimą lemia: 1) skirtinga vyrų ir moterų raumenų masė; 2) nevienodas vyrų ir moterų raumenų aktyvumas (Clark et al., 2003). Gauti duomenys patvirtina, kad raumenų nuovargis ir nuovargio trukmės laikas fizinio krūvio metu priklauso nuo skirtingo vyrų ir moterų raumenų aktyvumo (Clark et al., 2003).

Analizuojant moterų ir vyrų goniometro maksimalaus kelio kampo absoliučias reikšmes po 1—10 ir 90—100 šulio pastebėta, kad vyrai tūptelėjo giliau ($81,81^\circ$ kampas po 1—10 šulio; $92,82^\circ$ kampas po 90—100 šulio) nei moterys ($50,41^\circ$ kampas po 1—10 šulio; $60,43^\circ$ kampas po 90—100 šulio), nors abiejų lyčių buvo prašyta tūptelti iki 90° kampo. Tai patvirtina nuomonę, kad moterys nesutelkia maksimalių pastangų šulio metu, todėl negeba maksimaliai valingai

sutraukti keturgalvio šlaunies raumens ir paskatinti motorinio vieneto aktyvumo (Albert et al., 2006). Analizuojant kelio kampo pokyčių rodiklius galima teigti, kad moterų kelio kampo rodikliai yra stabilesni nei vyrų. Stabilesnius moterų jėgos rezultatus nustatė mokslininkai izokinetinio pratimo metu — kai maksimaliosios jėgos momento rodikliai buvo didesni vyrų nei moterų, tačiau moterų jėga buvo stabilesnė (Davies, Dalsky, 1997).

Tiek vyrai, tiek moterys po 90—100 šulio tūptelėjo giliau nei po 1—10. Tai rodo raumenų nuovargį. Jo metu atsiranda raumenų struktūriniai ir funkciniai pokyčiai, kurie trukdo atlikti šuolius amortizuojamai tūptelint iki 90° kampo (Skurvydas et al., 2002; Horita et al., 2003; Kuitunen et al., 2004). Analizuojant elektromiogramos rodiklius šuolių metu pastebėta, kad moterų šulio trukmė ilgesnė nei vyrų. Tai patvirtina W. J. Albert ir kt. (2006) tyrimai, kurių rezultatai rodo, kad fizinio krūvio išlaikymo ar atlikimo trukmė priklauso nuo lyties, o ne nuo raumeninių skaidulų aktyvinimo strategijos. Atlikto tyrimo metu pastebėta, kad tiek vyrų, tiek moterų krūvio atlikimo trukmė buvo ilgesnė po 90—100 nei po 1—10 šulio. Šulio trukmės pailgėjimas rodo didesnę raumenų nuovargį (Kuitunen et al., 2002).

Raumenų nuovargį rodo ir po 90—100 šulio moterų ir vyrų keturgalvio ir dvigalvio raumens EMG reikšmių sumažėjimas. Yra teigiama, kad pavargęs dvigalvis raumuo neveikia galutinės kojos ištiesimo fazės (Beltman et al., 2003). Šuolių metu labiausiai yra veikiama keturgalvio raumens ir kelio sąnario nervinio aktyvumo savybės (Kuitunen et al., 2002). Tai rodo gautų duomenų didesnės keturgalvio raumens EMG absoliučios reikšmės nei dvigalvio. Lyginant šiuos moterų ir vyrų rodiklius, pastebėtos didesnės vyrų EMG reikšmės. Nustatyta, kad vyrų jėga didesnė negu moterų dėl didesnės jų raumenų masės (Pincivero et al., 2000; Hunter, Enoka, 2001), kuri lemia ir didesnę raumenų aktyvumą šulio metu.

Didesnis nuovargis šulio pabaigoje nei pradžioje lemia kelio sąnario kampo pokyčio reikšmes (Kuitunen et al., 2002). Tai patvirtino ir šulio jėgos tyrimai (Avela et al., 1999). Tiesioginę priklausomybę tarp agonisto raumeninio aktyvumo mažėjimo ir kelio sąnario kampo reikšmių mažėjimo pastebėjo S. Kuitunen ir kt. (2002). Analizuojant atlikto tyrimo duomenis — kiekvieno atskiro šulio pradžią ir pabaigą — pastebėta, kad tiek vyrų, tiek moterų keturgalvis ir dvigalvis raumuo labiau pavargę šulio pabaigoje nei pradžioje.

IŠVADOS

1. Vyrų šuolio aukštis labiau sumažėjo nei moterų, šuolių trukmė buvo ilgesnė moterų nei vyrų, nors moterys pritūpė mažiau nei vyrai.
2. Agonisto ir antagonisto raumens EMG reikšmė statistiškai reikšmingai sumažėjo tiek vyrų, tiek moterų.
3. Lyginant šuolių pradžią ir pabaigą, tiek vyrų, tiek moterų dvigalvis ir keturgalvis raumuo labiau pavargo atskiro šuolio pabaigoje nei pradžioje.

LITERATŪRA

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Anderson, J. L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1318—1326.
- Albert, W. J., Wrigley, A. T., McLean, R. B., Sleivert, G. G. (2006). Sex differences in the rate of fatigue development and recovery. *Dynamic Medicine*, 5, 2.
- Avela, J., Kyrolainen, H., Komi, P. V. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*, 86, 1283—1291.
- Beltman, J. G. M., Sargeant, A. J., Ball, D., Maganaris, C. N., de Haan, A. (2003). Effect of antagonist muscle fatigue on knee extension torque. *European Journal of Physiology*, 446, 735—741.
- Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology*, 99, 986—994.
- Bosco, C., Komi, P. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50 (2), 273—282.
- Casarotti, P., Aagaard, P., Simonsen, E. B., and Puggard, L. (2001). Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 84, 206—212.
- Clark, B. C., Manini, T. M., The, D. J., Doldo, N. A., Ploutz-Snyder, L. L. (2003). Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. *Journal of Applied Physiology*, 94, 2263—2272.
- Davies, M. J., Dalsky, G. P. (1997). Normalizing strength for body size differences in older adults. *Medicine Science of Sports Exercise*, 29 (5), 713—717.
- Horita, T., Komi, P. V., Hämäläinen, I., Avela, J. (2003). Exhausting stretch-shortening cycle (SSC) exercise causes greater impairment in SSC performance than in pure concentric performance. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 527—534.
- Hunter, S. K., Enoka, R. M. (2001). Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 91 (6), 2686—2694.
- Kubo, K., Kawakami, Y., Kanehisa, H., and Fukunaga, T. (2002). Measurement of viscoelastic properties of tendon structures in vivo. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 3—8.
- Kuitunen, S., Avela, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V. (2002). Acute and prolonged reduction in joint stiffness in humans after exhausting stretch-shortening cycle exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 107—116.
- Kuitunen, S., Avela, J., Kyröläinen, H., Komi, P. V. (2004). Voluntary activation and mechanical performance of human triceps surae muscle after exhaustive stretch-shortening cycle jumping exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 538—544.
- Pincivero, D. M., Coelho, A. J., Erikson, W. H. (2000). Perceived exertion during isometric quadriceps contraction. A comparison between men and women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40 (4), 319—326.
- Rittweger, J., Schiessl, H., Felsenberg, D., Runge, M. (2004). Reproducibility of the jumping mechanography as a test of mechanical power output in physically component adult and elderly subjects. *Journal of American Geriatrics Society*, 52, 128—131.
- Skurvydas, A., Dudoniene, V., Kalvenas, A., Zuoza, A. (2002). Skeletal muscle fatigue in long-distance runners, sprinters and untrained men after repeated drop jumps performed at maximal intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12, 34—39.

KINEMATICS AND VARIABILITY OF JUMPS OF WOMEN AND MEN ACCORDING TO ELECTROMIOGRAPHY PERFORMING 100 JUMPS

Laura Daniusevičiūtė^{1,2}, Albertas Skurvydas¹, Irina Ramanauskienė², Marius Brazaitis¹,
Saulė Sipavičienė¹, Kristina Zaičėnkoviėnė¹

*Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas University of Technology²,
Kaunas, Lietuva*

ABSTRACT

The aim of our study was to establish jump kinematic properties and their variability according to electromyography (EMG) performing 100 jumps: women versus men.

The subjects were healthy and physically active men ($n = 10$) and women ($n = 10$), whose age was 19–23 years. The body weight of men was 78.2 ± 6.1 kg, their height — 179.8 ± 5.8 cm. The body weight of women was 58.2 ± 6.1 kg, height — 168.4 ± 5.6 cm. To assess the vertical jump the force plate (60×60 cm) with the jump height and take-off time measurer “New Test” (Finland) was used. Surface EMG Biometrics Ltd was used during the jump, where the surface EMG and goniometry data were collected. The electrodes were attached to the middle line of vastus lateralis and biceps femoris. The values of maximal knee joint variations were registered when the biosensors were attached in parallel with the knee joint: one side of biosensors was attached to vastus lateralis fascia, the other — to the external side of the shin. When the electrodes and biosensors were attached, the participant stood on the 75 cm platform with straight legs at the knee joints. Then the scoreless biosensors values were set and the jumping started. During one jump we calculated contractions of vastus lateralis, biceps femoris, and the duration of time with surface EMG Biometrics Ltd. These values were calculated when the participant made a step from the 75 cm platform, got to amortization phase and stretched the legs at the knee joint. In the amortization phase we estimated the values of maximal knee joint variations. One jump was divided in some phases and we calculated the contractions of vastus lateralis, biceps femoris from the beginning of the jump to the maximal knee joint variations (T 1 phase) and from the maximal knee joint variations to the end of the jump (T 2 phase). Before the registration of contractions of vastus lateralis, biceps femoris and values of maximal knee joint variations, we set 3 V channel sensitivity, chose 1 kHz of sampling rate for muscle contractions and 2 kHz of sampling rate for maximal knee joint variations, then we set 4600 mV of excitation output. Root mean square (RMS) was calculated for muscle activation, where the delay was chosen as 4. The research showed that jump height got lower among men than women, but the endurance time of jump was longer for women than men, if women squatted less than men. Agonist and antagonist EMG got lower for men and women. We did not notice any important differences in jump kinematics variability in women versus men, either.

Keywords: vastus lateralis, biceps femoris, knee joint variations, EMG, gender.

Gauta 2008 m. gegužės 1 d.
Received on May 1, 2008

Priimta 2008 m. birželio 18 d.
Accepted on June 18, 2008

Laura Daniusevičiūtė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 600 65490
E-mail lauruka@yahoo.com