

KOJŲ RAUMENŲ ADAPTACIJA TAIKANT SKIRTINGŲ STRATEGIJŲ JĖGOS KRŪVIUS

Sigitas Kamandulis¹, Albertas Skurvydas¹, Marius Brazaitis¹, Daiva Imbrasienė^{1,2}, Nerijus Masiulis¹, Zita Andrijauskaitė¹, Audrius Sniečkus¹, Vidas Paleckis¹, Darius Babickas³
Lietuvos kūno kultūros akademija¹, Kauno medicinos universitetas², Sporto klubas „Idėja“³, Kaunas, Lietuva

Sigitas Kamandulis. Biomedicinos mokslų daktaras, Lietuvos kūno kultūros akademijos Sportinių žaidimų katedroje einantis docento pareigas, Sporto ir judesių mokslo centro vyresnysis mokslo darbuotojas. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus motorinės sistemos adaptacija prie fizinio krūvio, sukeliančio raumenų pažeidą.

SANTRAUKA

Kūno rengybos specialistai dažnai taiko 10 serijų metodiką (viena raumenų grupė treniruojama tik kartą per savaitę atliekant vieną pratimą 10 serijų po 10 kartojimų), tačiau šios metodikos veiksmingumas moksliniais eksperimentais mažai pagrįstas. Taigi tyrimo tikslas — nustatyti keturgalvio šlaunies raumens storio ir kojų raumenų jėgos pokytį po septynių savaitių trukmės pratybų, atliktų taikant skirtingas jėgos lavinimo metodikas. Buvo kelta hipotezė, kad dažni mažos apimties jėgos ugdymo krūviai yra veiksmingesni nei reti didelės apimties. Pastarieji, būdami ne tokie intensyvūs, mažiau aktyvuoja nervinius ir hormoninius mechanizmus, nuo kurių ypač priklauso raumenų jėgos ir masės didėjimas.

Buvo tiriama 14 fiziškai aktyvių vyrų, kurių amžius — $23,3 \pm 5,2$ m., ūgis — $181,7 \pm 5,1$ cm, svoris — $77,7 \pm 11,1$ kg. Prieš eksperimentą tiriamieji treniruokliu atliko spaudimo kojomis testą, po kurio pagal gautus rezultatus buvo suskirstyti į dvi grupes: pirmą eksperimentinę (E 1 — atliko dažnus, mažos apimties krūvius) ir antrą eksperimentinę (E 2 — atliko retus didelės apimties krūvius). Eksperimentas truko 7 savaites. Kiekvieną savaitę tiriamieji turėjo po trejas pratybas. Abi eksperimentinės grupės vienodai treniravo visus kūno, išskyrus kojų raumenis. E 1 tiriamieji treniruokliu spaudė svorį kojomis 3 kartus per savaitę po 3, 3 ir 4 serijas po 10 kartojimų. E 2 tiriamieji spaudė svorį kojomis vieną kartą per savaitę 10 serijų po 10 kartojimų. Matuoti rodikliai prieš eksperimentą ir po jo: keturgalvio šlaunies raumens storis (ultragarsu), izometrinė maksimalioji valinga ir 100 Hz elektrostimuliacijos sukelta jėga, per kelio sąnarį esant 70° kampui (0° — koja visiškai ištiesta), izokinetinė koncentrinė jėga — $30^\circ/s$ ir $300^\circ/s$ greičiu, maksimalioji kojų raumenų jėga — spaudžiant svorį treniruokliu, kūno svoris, riebalų procentas, apskaičiuotas kūno masės indeksas.

Po septynių savaitių jėgos krūvių E 1 grupės tiriamųjų keturgalvio šlaunies raumens storis padidėjo $10,6 \pm 9,5\%$ ($p < 0,05$), E 2 — $12,6 \pm 11,3\%$ ($p < 0,05$) ($p > 0,05$, lyginant E 1 ir E 2 rodiklius). Eksperimento metu labiausiai padidėjo maksimalioji kojų raumenų jėga spaudžiant svorį treniruokliu: $17,7 \pm 11,2\%$ ($p < 0,05$) E 1 ir $19,2 \pm 12,3\%$ ($p < 0,05$) E 2 grupėje ($p > 0,05$, lyginant E 1 ir E 2 rodiklius). Tuo tarpu izometrinė maksimalioji valinga ir 100 Hz elektrostimuliacijos sukelta jėga bei izokinetinės koncentrinės jėgos momentas statistiškai reikšmingai nepasikeitė ir nepriklausė nuo taikytos krūvių išdėstymo strategijos.

Tyrimo rezultatai parodė, kad motorinės sistemos adaptacija yra labai specifinė. Reti didelės apimties ir dažni mažos apimties septynių savaitių trukmės raumenų jėgos lavinimo krūviai labai padidino keturgalvio šlaunies raumens storį ir maksimaliąją kojų raumenų jėgą spaudžiant svorį treniruokliu, tačiau mažai keitė izometrinę bei izokinetinę jėgą. Taikant skirtingą jėgos ugdymo metodiką, aktyvuojami ne tie patys adaptacijos mechanizmai, tačiau buvo sukeltas labai panašus adaptacijos efektas.

Raktažodžiai: 10 serijų metodas, keturgalvio šlaunies raumens storis, izometrinė jėga, izokinetinė jėga, elektrostimuliacija.

IVADAS

Varžybų rezultatai pasiekiami nuolat didinant funkcinės organizmo galimybes (Bompa, 1999). Vienas iš svarbiausių veiksnių, lemiančių sportininko pasirengimo lygį, yra griaučių raumenų jėga. Taikant jėgos lavinimo krūvį, raumeninėse skaidulose padidėja baltymų sintezė. Šiam procesui būdinga: 1) metabolitų su-

sikaupimas; 2) nuo insulino priklausančio augimo veiksnio (IGF-1), testosterono ir kitų raumenų augimą skatinančių hormonų sekrecija; 3) raumenų pažeida ir padidėjęs genų, reguliuojančių baltymų sintezę, bei satelitinių ląstelių aktyvumas (Jennische et al., 1987; Häkkinen, 1989; Jones et al., 1989; Tesch, Alkner, 2003; Crewther et al.,

2006). Raumenų susitraukimo jėga didėja ir dėl centrinių nervinių veiksnių (Sale, 1988; Komi, 1986; Aagaard, 2003).

Raumenų jėgos ir masės didinimo metodikų įvairovė pagrįsta krūvio intensyvumo, trukmės ir dažnumo kaitaliojimu. Pradedantiesiems dažniausiai rekomenduojamos trejos pratybos per savaitę: per kiekvieną iš jų atliekama 6—10 pratimų, 2—3 serijos po 8—12 kartojimų. Didelio meistriškumo kūno rengybos sportininkai atlieka 4—6 pratybas, o kai kuriais atvejais net 8—12 pratybų per savaitę (dvejas pratybas per dieną skirtingoms raumenų grupėms ugdyti). Tokio tipo pratybomis (dažniais, bet palyginti mažos apimties krūviais) galima labiau padidinti mikrociklo (savaitės) krūvio intensyvumą. Manoma, kad didesnis intensyvumas labiau aktyvuoja nervinius ir hormoninius mechanizmus, todėl smarkiai didėja raumenų jėga ir masė (Kraemer et al., 1995; Green et al., 1998; Campos et al., 2002; Harber et al., 2004).

Pastebėta, kad raumenų masę pakankamai veiksmingai didina reti didelės apimties krūviai (Sale et al., 1990). Po tokių krūvių raumenų apimtis didėja dėl metabolinio stimulo aktyvavimo (Jones et al., 1989; Crewther et al., 2006). Kūno rengybos specialistai dažnai taiko 10 serijų metodiką: per šio tipo pratybas viena raumenų grupė treniruojama tik kartą per savaitę, atliekant 10 serijų po 10 kartojimų. Nors 10 serijų metodika taikoma dažnai, jos veiksmingumas moksliniais eksperimentais mažai pagrįstas.

Tyrimo tikslas — nustatyti keturgalvio šlaunies raumens storio ir kojų raumenų jėgos pokytį po septynių savaitių trukmės pratybų, kurių metu buvo taikomos skirtingos jėgos lavinimo metodikos. Atliekant tyrimą kelta hipotezė: dažni mažos apimties jėgos krūviai yra veiksmingesni nei reti didelės apimties krūviai, kadangi pastarieji, būdami ne tokie intensyvūs, mažiau aktyvuoja nervinius ir hormoninius mechanizmus, nuo kurių ypač priklauso raumenų jėgos ir masės didėjimas (Green et al., 1998; Fry, 2004).

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji. Buvo tiriama 14 fiziškai aktyvių vyrų, kurie turėdavo sportinių žaidimų pratybas 2—3 kartus per savaitę. Jų amžius — $23,3 \pm 5,2$ m., ūgis — $181,7 \pm 5,1$ cm, svoris — $77,7 \pm 11,1$ kg. Prieš eksperimentą tiriamieji treniruokliu atliko spaudimo kojomis testą, po kurio pagal gautus rezultatus buvo suskirstyti tolygiai į dvi grupes: pirmą (E 1) eksperimentinę (atliko

dažnus mažos apimties krūvius) ir antrą (E 2) eksperimentinę (atliko retus didelės apimties krūvius). Per paskutinius 6 mėnesius tiriamieji nedarė jėgos lavinimo pratimų, savaitę prieš tyrimą ir jo metu papildomai nesportavo. Taip pat buvo susitarta, kad eksperimento metu tiriamieji išlaikys savo mitybos įpročius. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl žmonių eksperimentų etikos.

Tyrimo protokolai. Prieš tyrimus tiriamieji buvo supažindinti su jėgos matavimo procedūra ir atliko keletą bandymų. Svorio spaudimo kojomis treniruokliu testą jie atliko sporto klube „Idėja“. Po savaitės LKKA Žmogaus motorikos laboratorijoje išmatuotas keturgalvio šlaunies raumens storis ir nustatyta kojų raumenų izometrinė bei izokinetinė jėga. Testavimų eiga:

1. Tiriamųjų kūno svoris, riebalų procentas ir kūno masės indeksas nustatyti kūno sudėties analizatoriumi „Tanita“ (*Tanita Corporation*, Japonija).
2. Dominuojančios kojos keturgalvio šlaunies raumens storis išmatuotas ultragarsine diagnostine sistema TITAN™ (*SonoSite*, JAV).
3. Pramankšta: trukmė — 8 min, galingumas — 80 W, veloergometro mynimo dažnumas — 70 aps. / min (*Ergo-fit 177*, Vokietija).
4. Tiriamieji buvo sodinami į izokinetinio dinamometro kėdę, tvirtinami diržais. Testuota dominuojanti koja per kelio sąnarį esant 70° kampui (0° — koja per kelio sąnarį visiškai ištiesta). Testavimo seka: 1) elektrostimuliacija 100 Hz (P 100) dažniu; 2) matuojama izometrinė maksimalioji valinga jėga (MVJ) — du bandymai (kiekvienas 2—3 s trukmės) darant 60 s pertrauką. Registruojamas bandymas, kurio metu pasiekama didžiausia jėga.
5. Dominuojančios kojos koncentrinė jėga nustatyta tiesiant ir lenkiant blauzdą po 3 kartus 30° / s ir 300° / s greičiu. Tarp skirtingo greičio testavimų buvo daroma 60 s pertrauka. Registruojamas bandymas, kurio metu pasiekama didžiausia jėga.

Tokia pačia seka testavimai atlikti po 7 savaitių pratybų programos. Kiekvieną savaitę tiriamieji turėjo po trejas pratybas. Abi eksperimentinės grupės vienodai treniravo visus kūno, išskyrus kojų, raumenis. E 1 tiriamieji atliko dažnus mažos apimties krūvius — kojomis spaudė svorį treniruokliu 3 kartus per savaitę po 3 (pirmadieniais, trečiadieniais) arba 4 serijas (penktadieniais) po 10 kartojimų. E 2 tiriamieji atliko retus didelės apimties krūvius — svorį spaudė treniruokliu vieną

kartą per savaitę (trečiadieniais), 10 serijų po 10 kartojimų. Pertraukos tarp serijų — 60 s. Atlikimo tempas 2-0-4 (2 s koncentrinė judesio fazė, 0 s su-laikymas, 4 s ekscentrinė judesio fazė). Visus kitus pratimus tiriamieji atliko vidutiniu intensyvumu po 3—4 serijas ir po 6—12 pakartojimus.

Kojų raumenų jėgos testavimas. Izometrinės ir izokinetinės jėgos testavimui naudotas izokinetinis dinamometras (*Biodex Medical System 3*, New York). Tiriamieji buvo testuojami sėdintys, atlošo kampas — 90°. Norint sumažinti pečių, liemens ir šlaunies judesius, šios kūno dalys buvo apjuosiamos diržais. Blauzda tvirtinama diržu su sagtimi apatiniame trečdalyje, 4 cm virš kulnakaolio gum-buro. Kelio anatominė sąnario ašis sulyginama su dinamometro dinaminės apkrovos mazgo ašimi atliekant valingą raumens susitraukimą 50% inten-syvumu. Elektrostimuliacijai atlikti ant keturgalvio šlaunies raumens distaliojo ir proksimaliojo treč-dalio buvo dedami paviršiniai 9 x 12 cm elektrodai (PG912x), turintys silikoninį apvalkalą. Elektrodai sujungiami su elektrostimuliumi, įmontuotu į elektromiografą „Medicor MG440“. Raumuo buvo dirginamas stačiakampės formos elektriniu impulsu arba jų serija. Vienkartinio impulso trukmė — 1 ms, stimuliavimo trukmė — 1 s. Stimuliavimo įtampa parinkta tokia, kad sukeltų didžiausią raumenų susitraukimo jėgą (150 V). Elektrostimulioriaus siunčiamų dirgiklių (impulsų serijos) dažnis ir ke-turgalvio šlaunies raumens susitraukimo jėga buvo registruojama IBM tipo asmeniniu kompiuteriu, kuriuo valdomas ir elektrostatinio stimuliavimo režimas (CPU i486–33MHz, RAM 8M) *Pulse Lab* programa (programos kūrėjas E. Pavilionis, 1994).

Maksimalioji kojų raumenų jėga buvo nustato-ma spaudžiant svorį horizontaliuju svorio spau-dimo kojomis treniruokliu (*Motus*, Pietų Korėja). Vengiant traumų taikyta metodika, pagrįsta karto-jimais — iki tol, kol tiriamasis pavargdavo vienos serijos metu. Tiriamieji, pasirinkę pasipriešinimą turėjo atlikti kuo daugiau kartojimų. Jeigu tiriamas-is atlikdavo 10 kartojimų, tai po 5 min testas buvo atliekamas iš naujo, padidinus pasipriešinimą. Pasipriešinimas buvo didinamas tol, kol tiriamasis nebegalėdavo pasiekti 10 kartojimų ribos. Mak-simalioji jėga apskaičiuota pagal formulę (Brzyccki,

1993): maksimalioji jėga, kg = pasipriešinimo dydis, kg / (1,0278 – (kartojimai × 0,0278)).

Ultragarsinė diagnostika (echoskopija). Ul-tragarsiniai griaučių raumenų tyrimai atlikti nau-dojant ultragarsinę diagnostinę sistemą TITAN™ ir ultragarsinį HST/10-5 MHz 25 mm linijinį daviklį (*SonoSite*, JAV). Tyrimai atlikti tiriama-jam gulint, atsipalaidavus. Keturgalvis šlaunies raumuo išmatuotas 5 taškuose. Taškai pasirinkti išvedus menamą linija tarp girnelės viršutinio krašto ir priekinio viršutinio klubikaulio dyglio kas 5 cm, t. y. 5, 10, 15, 20, 25 cm nuo girnelės viršutinio krašto. Raumens storis vertintas pagal centimetrinės skalės reikšmes, matomas ekrane. Analizuojant rezultatus imtas visų penkių taškų vidurkis.

Duomenų statistinė analizė. Gauti resul-tatai apdoroti matematinės statistikos metodais, skaičiuojant aritmetinį vidurkį (\bar{x}) ir standartinį nuokrypį (S). Skirtumo tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas nustatytas pagal dvipusį priklausomų imčių, pasikartojamų matavimo *Stjudento t* (*Student t*) kriterijų. Aritmetinių vidurkių skirtu-mas buvo laikomas reikšmingu, jeigu $p < 0,05$.

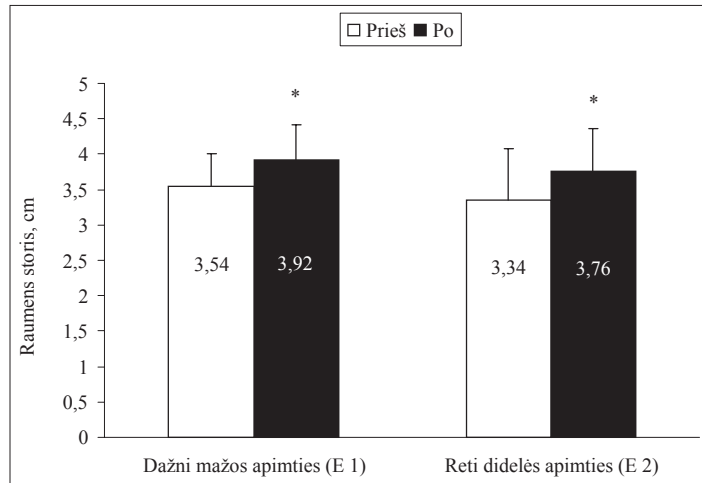
REZULTATAI

Po septynių savaičių jėgos krūvių tiriamųjų svoris ir riebalų kiekis pakito nedaug (žr. lent.). Pirmoje eksperimentinėje grupėje dominuojančios tiriamųjų kojos keturgalvio šlaunies raumens storis vidutiniškai padidėjo $10,6 \pm 9,5\%$ ($p < 0,05$), antroje — $12,6 \pm 11,3\%$ ($p < 0,05$) (1 pav.). Skir-tumas tarp grupių rodiklių pagal raumens sto-rio pokytį buvo statistiškai nereikšmingas ($p > 0,05$). Eksperimento metu labiausiai padidėjo maksimalioji kojų raumenų jėga spaudžiant svorį treniruokliu: $17,7 \pm 11,2\%$ ($p < 0,05$) pirmoje ir $19,2 \pm 12,3\%$ ($p < 0,05$) antroje grupėje ($p > 0,05$, lyginant E 1 ir E 2 rodiklius) (2 pav.). Dominuo-jančios kojos izometrinė maksimalioji valinga ir 100 Hz elektrostimuliacijos sukelta jėga (3 pav.), izokinetinės koncentrinės jėgos momentas (4 pav.) po septynių savaičių jėgos krūvių, nepriklausomai nuo taikytos treniruočių metodikos, statistiškai reikšmingai nepasikeitė.

Rodikliai	E 1 (dažni mažos apimties krūviai)		E 2 (reti didelės apimties krūviai)	
	Prieš	Po	Prieš	Po
Kūno masė, kg	78,3 ± 8,4	78,2 ± 9,6	77,2 ± 13,2	77,9 ± 13,1
KMI, kg / m ²	23,8 ± 2,6	23,7 ± 3,0	23,3 ± 3,7	23,5 ± 3,6
Riebalų kiekis, %	15,3 ± 4,3	14,6 ± 3,7	14,5 ± 6,0	14,1 ± 5,2

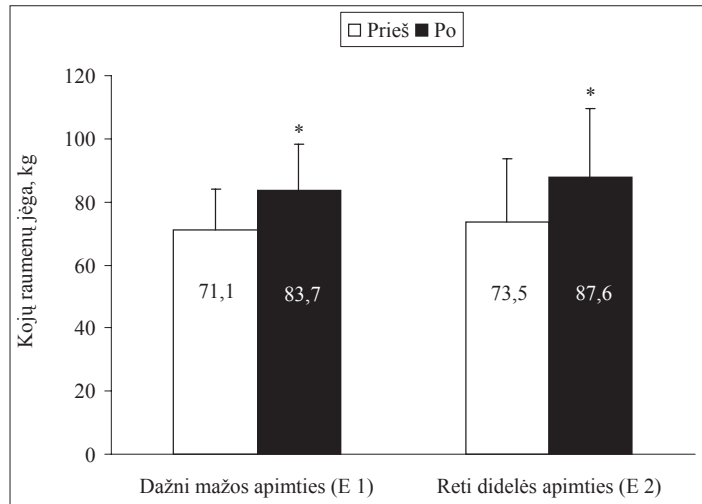
Lentelė. Kūno masės, kūno masės in-dekso (KMI) ir riebalų kiekio pokytis po septynių savaičių skirtingų strategijų jėgos krūvio ($\bar{X} \pm S$)

1 pav. Dominuojančios kojos keturgalvio šlaunies raumens storio pokytis po septynių savaičių skirtingų strategijų jėgos krūvio ($\bar{X} \pm S$)



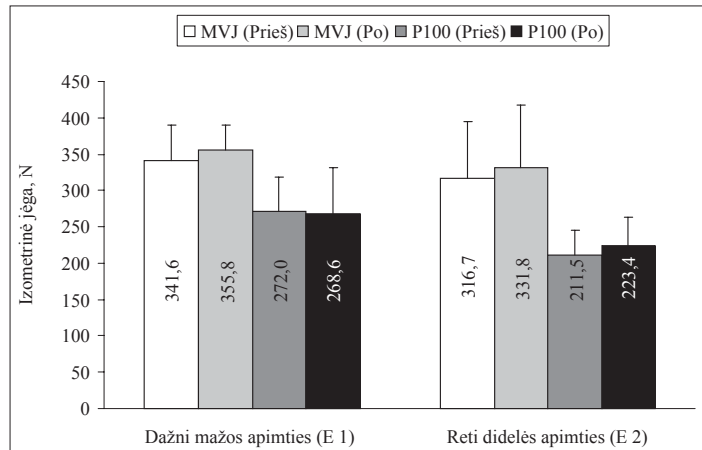
Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš jėgos pratybas.

2 pav. Kojų raumenų jėgos spaudžiant svorį treniruokliu pokytis po septynių savaičių skirtingų strategijų jėgos krūvio ($\bar{X} \pm S$)

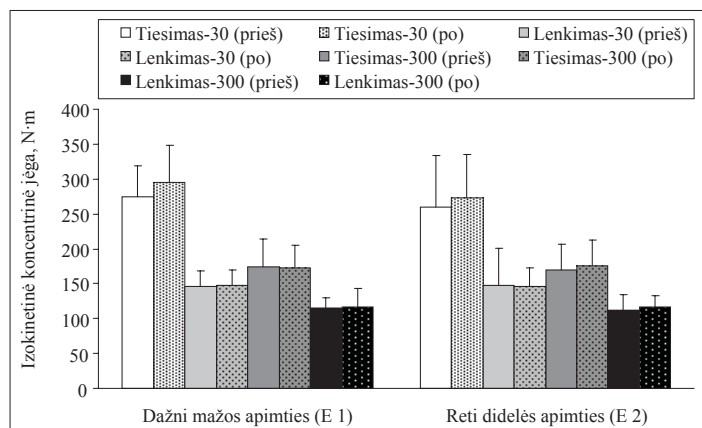


Pastaba. * — $p < 0,05$, lyginant su reikšme prieš jėgos pratybas.

3 pav. Dominuojančios kojos izometrinės maksimaliosios valingos (MVJ) ir 100 Hz elektrostimuliacija sukeltos jėgos (P 100) pokytis po septynių savaičių skirtingų strategijų jėgos krūvio ($\bar{X} \pm S$)



4 pav. Dominuojančios kojos koncentrinės jėgos, tiesiant ir lenkiant blauzdą 30 bei 300° / s greičiu, pokytis po septynių savaičių skirtingų strategijų jėgos krūvio ($\bar{X} \pm S$)



REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo rezultatai parodė, kad motorinės sistemos adaptacija yra labai specifinė. Kojų jėgos lavinimas svorį spaudžiant treniruokliu labiau padidino keturgalvio šlaunies raumens storį ir maksimaliąją kojų raumenų jėgą, bet mažai keitė izometrinio valingo ir elektrostimuliacijos sukulto raumens susitraukimo jėgą bei izokinetinio raumens susitraukimo jėgos momentą, esant skirtingam greičiui. Reti didelės apimties ir dažni mažos apimties krūviai sukėlė panašius adaptacinius motorinės sistemos pokyčius.

Tyrimas patvirtino, kad taikyti treniruotės metodai veiksmingai didina raumenų masę ir jėgą. Po tokių krūvių padidėja miofibrilių (baltymų, nuo kurių priklauso raumenų susitraukimas) kiekis ir tankis (Fitts, Widrick, 1996; Narici et al., 1996; Kraemer, Ratamess, 2004), aktino, miozino, troponino, tropomiozino, miozino AT-Fazės, parvalbumino, Ca-ATFazės, kreatinfosfokinazės ir kt., vieno sarkomero baltymų kiekis (Jones et al., 1989). Manoma, kad dėl intensyvių pratybų krūvių gali padidėti net raumeninių skaidulų skaičius (raumeninių skaidulų hiperplazija) (Appell et al., 1988; Kadi, Thornell, 2000). Raumenų masė ypač greitai didėja per pirmąsias 9–12 savaitių: pastebėtas 14% padidėjimas po 12 savaitių trukmės alkūnės lenkiamųjų raumenų treniravimo (Roman et al., 1993), 12% — po 9 savaitių trukmės keturgalvio šlaunies raumens treniravimo (Tracy et al., 1999) ir 10% — po 14 savaitių trukmės šlaunies raumenų treniravimo (Aagaard et al., 2000). Mūsų tyrimo metu keturgalvio šlaunies raumens storis treniruojantis vidutiniškai padidėjo $11,6 \pm 10,2$ cm per palyginti trumpą laiką — septynias savaites. Be to, $18,9 \pm 11,8\%$ padidėjo kojų raumenų jėga spaudžiant svorį treniruokliu. Didelį ir greitą raumenų masės ir jėgos prieaugį iš dalies paaiškina tai, kad buvo tiriami fiziškai aktyvūs, tačiau prie jėgos krūvių neprisitaikę tiriamieji. Gerai žinoma, kad adaptacijos tempas priklauso nuo treniruotumo. Kuo mažesnis treniruotumas, tuo didesnis adaptacijos efektas (Häkkinen et al., 1989; Fleck, 1999). Didelio meistriškumo sportininkų raumenų masė ir jėgai padidinti reikalingi santykiškai didesnės apimties ir intensyvesni fiziniai krūviai (Zatsiorsky, 1995).

Skirtingus mechanizmus aktyvuojančios raumenų masės didinimo metodika sukėlė labai panašius adaptacinius pokyčius. Taikant 10 serijų metodą labiau aktyvuojami metaboliniai

mechanizmai. Šiam metodui būdingas santykiškai nedidelės apimties ir intensyvumo savaitinis krūvis, tačiau vienerių pratybų krūvio apimtis — ypač didelė. Pagrindiniai metaboliniai stimulai, skatinantys raumenų jėgos didėjimą, yra ATF, kreatinfosfato (KF) išsekimas ir metabolitų, atsirandančių skylant tokiems pagrindiniams energijos šaltiniams kaip neorganinio fosfato (Pi), adenozindifosforo rūgštis (ADF bei kreatino (K), padidėjimas (Zatsiorsky, 1995; Volek et al., 1999; Tesch, Alkner, 2003). Be to, po tokių krūvių padidėja raumenų rūgštis kiekis ir sumažėja pH (Crewther et al., 2006). Kitos eksperimento metu taikytos treniravimo metodikos savaitinio ciklo apimtis buvo tokia pat kaip ir 10 serijų atveju, tik krūvis buvo atliekamas ne per vienerias, bet per trejas pratybas. Tai leido padidinti krūvio intensyvumą. Intensyvesnis krūvis labiau aktyvuoja hormoninius ir nervinius bei metabolinius mechanizmus. Manoma, kad tokie hormonai kaip insulinas, augimo hormonas, testosteronas ir ypač nuo insulino priklausantis augimo veiksnys (IGF-1 ir IGF-2), skatina baltymų sintezę ir kartu — maksimaliosios raumenų jėgos didėjimą (Kraemer et al., 1995; Crewther et al., 2006; Wackerhage, Ratkevičius, 2008). Visgi atlikto tyrimo rezultatai nepatvirtino hipotezės, kad intensyvesni krūviai bus veiksmingesni nei reti didelės apimties krūviai (10 serijų metodika). Tokius rezultatus galėjo lemti tiriamųjų kontingentas. Prie jėgos krūvių prisitaikę atletai lengviau pakelia didelio intensyvumo krūvį nei pradedantieji (Zatsiorsky, 1995), kuriems pradinio rengimo etapais bet kurios metodikos taikymas gali sukelti didelius adaptacinius pokyčius.

Tyrimo rezultatai parodė, kad kojų raumenų maksimalioji jėga spaudžiant svorį treniruokliu (t. y. atliekant pratimą tokiomis pat sąlygomis kaip treniruojantis) padidėjo statistiškai reikšmingai, tačiau izometrinė valinga ir elektrostimuliacijos sukelta raumenų susitraukimo jėga bei izokinetinio raumenų susitraukimo jėgos momentas pasikeitė nedaug. Tai susiję su krūvio specifiškumu — dinaminė jėga tiesiogiai neperkeliamą į izometrinę, ir atvirkščiai. Raumenų susitraukimo jėgos prieaugis, ją lavinant valingai, ne visada pastebimas nevalingo elektrostimuliacijos sukulto raumenų susitraukimo metu. Kadangi sportininkų darbingumas priklauso nuo daugelio veiksnių, kiekvienam veiksniai ar jų sumai aktyvuoti reikia tam tikro fizinio krūvio (Sale, 1988; Skurvydas, 1998; Kraemer, Ratamess, 2004). Visiškai nestebina tai, kad atlikto tyrimo metu

nepadidėjo raumenų susitraukimo jėga esant skirtingam raumenų susitraukimo greičiui. Taip atsitiko dėl to, kad testavimo režimas ir greitis neatitiko treniravimo specifikos. Su labai dideliu pasipriešinimu išugdyta maksimalioji raumenų jėga gali trukdyti atlikti judesius dideliu greičiu (Skurvydas, 1998). Priklausomai nuo to, kokių greičiu ir jėga raumuo susitraukinėja pratybų metu, prie tokių jis labiau ir prisitaiko.

IŠVADOS

Reti didelės ir dažni mažos apimties septynių savaitių trukmės raumenų jėgos lavinimo krūviai smarkiai padidino keturgalvio šlaunies raumens storį ir maksimaliąją kojų raumenų jėgą spaudžiant svorį treniruokliu, tačiau mažai keitė izometrinę ir izokinetinę jėgą. Taikant skirtingą jėgos krūvio metodiką buvo aktyvuojami ne tie patys adaptacijos mechanizmai, tačiau jie sukėlė labai panašų adaptacijos efektą.

LITERATŪRA

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: Effects of resistance training. *Journal Applied of Physiology*, 89 (6), 2249—57.
- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Science Reviews*, 31, 61—67.
- Appell, H. J., Forsberg, S., Hollmann, W. (1988). Satellite cell activation in human skeletal muscle after training: Evidence for muscle fiber neof ormation. *International Journal of Sports Medicine*, 9 (4), 297—9.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization: Theory and Methodology of training*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *JOHPERD* 64, 88—90.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K. et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *Journal Applied of Physiology*, 88, 50—60.
- Crewther, B., Cronin, J., Keogh, J. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute metabolic responses. *Sports Medicine*, 36 (1), 65—78.
- Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J. et al. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: Acute hormonal responses. *Sports Medicine*, 36 (3), 215—38.
- Fitts, R. H., Widrick, J. J. (1996). Muscle mechanics: Adaptations with exercise-training. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 24, 427—473.
- Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: A critical review. *Journal of Strength Conditioning Research*, 13 (1), 82—89.
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fiber adaptations. *Sports Medicine*, 34 (10), 663—79.
- Green, H., Goreham, G., Ouyang, J. et al. (1998). Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *American Journal of Physiology*, 276 (45), R 591—596.
- Häkkinen, K. A., Pakarinen, P. V., Komi, T. et al. (1989). Neuromuscular adaptations and hormone balance in strength athletes, physically active males and females during intensity strength training. In R. J. Gregor, R. F. Zernicke, W. Whiting (Eds.), *Proceedings of the XII International Congress of Biomechanics*. (pp. 889—894) Champaign, IL: Human Kinetics.
- Harber, M. P., Fry, A. C., Rubin, M. R. et al. (2004). Skeletal muscle and hormone adaptations to circuit weight training in untrained men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14 (3), 176—185.
- Jennische, E., Skottner, A., Hansson, H. A. (1987). Satellite cells express the trophic factor IGF1 in regenerating skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica*, 129, 9—50.
- Jones, D. A., Rutherford, O. M., Parker, D. F. (1989). Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 74, 233—256.
- Kadi, F., Thornell, L. E. (2000). Concomitant increases in myonuclear and satellite cell content in female trapezius muscle following strength training. *Histochemistry and Cell Biology*, 113 (2), 99—103.
- Komi, P. V. (1986). How important is neural drive for strength and power development in human skeletal muscle? In *Biochemistry of Exercise VI* (pp. 515—530). *International Series on Sport Sciences*, Vol. 16, ed. SALTIN, B. Champaign, IL, USA: Human Kinetics Publishers.
- Kraemer, W. J., Aguilera, B. A., Terada, M. et al. (1995). Responses of IGF-I to endogenous increases in growth hormone after heavy-resistance exercise. *Journal Applied of Physiology*, 79 (4), 1310—1315.
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E. et al. (1995). Compatibility of high intensity strength and endurance training on hormone and skeletal muscle adaptations. *Journal Applied of Physiology*, 78, 976—989.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (4), 674—688.
- Narici, M. V., Binzoni, T., Hiltbrand, E. et al. (1996). In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. *Journal of Physiology*, 496 (1), 287—297.
- Roman, W. J., Fleckenstein, J., Straygundersen, J. et al. (1993). Adaptations in the elbow flexors of elderly males after heavy-resistance training. *Journal Applied of Physiology*, 74, 750—4.
- Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D. et al. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (3), 348—356.
- Sale, D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 135—145.
- Skurvydas, A. (1998). *Judesių valdymo ir sporto fiziologijos konspektai*. Kaunas: LKKA.
- Tesch, P. A., Alkner, B. A. (2003). Acute and chronic

muscle metabolic adaptation to strength training. In P. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sports*. (pp. 265—281) Blackwell Science Ltd.

Tracy, B. L., Ivey, F. M., Hurlbut, D. et al. (1999). Muscle quality. II. Effects of Strength training in 65- to 75-year-old men and women. *Journal Applied of Physiology*, 86 (1), 195—201.

Volek, J. S., Duncan, N. D., Mazzetti, S. A. et al. (1999).

Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31 (8), 1147—1156.

Wackerhage, H., Ratkevicius, A. (2008). Signal transduction pathways that regulate muscle growth. *Essays in Biochemistry*, 44, 99—108.

Zatsiorsky, V. M. (1995). *Science and Practise of Strength Training*. Champaign, IL: Human kinetics.

LEG MUSCLE ADAPTATION AFTER RESISTANCE TRAINING LOADS WITH DIFFERENT STRATEGIES APPLIED

Sigitas Kamandulis¹, Albertas Skurvydas¹, Marius Brazaitis¹, Daiva Imbrasienė^{1,2}, Nerijus Masiulis¹, Zita Andrijauskaitė¹, Audrius Sniečkus¹, Vidas Paleckis¹, Darius Babickas³
Lithuanian Academy of Physical Education¹, Kaunas Ubniversity of Medicine²,
Sports Club „Idea“³, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

Specialists of physical fitness often apply the so called method of 10 sets: one muscle group is trained only once a week performing 10 series of 10 repetition in each series. However, the efficiency of the 10 sets method has not been fully substantiated by scientific experiments. The aim of the present research was to establish the changes in quadriceps muscle thickness and leg muscle strength after seven weeks of resistance training applying different methods of strength development. We have hypothesized that frequent strength loads of low volume are more effective than rare loads of high volume as the latter ones, being less intensive, activate nervous and hormonal mechanisms less, and the increase in muscle strength and size greatly depends on those mechanisms.

The subjects of the research were 14 physically active men whose age was 23.3 ± 5.2 years, height — 181.7 ± 5.1 cm, and weight — 77.7 ± 11.1 kg. Before the experiments the subjects performed a leg pressing test on the training machine after which they were divided into two groups according to the test results: the first experimental group (E 1 — frequent loads of low volume) and the second experimental group (E 2 — rare loads of high volume). The experiment lasted for 7 weeks. Every week the subjects had three practice sessions. Both experimental groups trained all the muscles of the body equally except for the leg muscles. The subjects in E 1 group performed leg pressing on the training machine three times a week: 3, 3 and 4 series with 10 repetitions in each series. The subjects in E 2 group performed leg pressing on the training machine once a week: 10 series with 10 repetitions in each series. The measurements taken before and after the experiment: quadriceps muscle thickness by ultrasound, isometric maximal voluntary force and force induced by 100 Hz electro-stimulation at the angle of 70° at the knee joint (0° — full leg extension), isokinetic concentric force at the speed of 30 and $300^\circ / s$, maximal leg muscle force performing force pressing on the training machine, body weight, percentage of body fat, and body mass index.

After seven weeks of resistance training the quadriceps muscle thickness in group E 1 increased by $10.6 \pm 9.5\%$ ($p < 0.05$), in E 2 it increased by $12.6 \pm 11.3\%$ ($p < 0.05$) ($p > 0.05$, comparing E 1 and E 2). In the course of the experiment the most prominent increase was observed in maximal leg muscle force while performing force pressing on the training machine: $17.7 \pm 11.2\%$ ($p < 0.05$) in E 1, and $19.2 \pm 12.3\%$ ($p < 0.05$) in E 2 ($p > 0.05$, comparing E 1 and E 2). However, maximal isometric voluntary force, force induced by 100 Hz electro-stimulation and isokinetic concentric torque did not change statistically significantly irrespective of the strategies applied during resistance training.

Research results indicated that adaptation of motor system was highly specific. Infrequent loads of high volume and frequent loads of low volume developing leg muscle strength and lasting for seven weeks considerably improved quadriceps muscle thickness and maximal leg muscle force of pressing on the training machine, but they hardly changed isometric and isokinetic force. Methods of applying strength loads of different intensities activated not the same mechanisms, but they caused similar adaptation effect.

Keywords: 10 sets method, quadriceps muscle thickness, isometric force, isokinetic force, electro-stimulation.

Gauta 2009 m. lapkričio 8 d.
Received on November 8, 2009

Priimta 2010 m. vasario 4 d.
Accepted on February 4, 2010

Dr. Sigitas Kamandulis
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 600 73021
E-mail s.kamandulis@lkkka.lt