

AR JUDESIŲ MOKYMASIS PAKEIČIA ŠUOLIO TIKSLUMO PRIKLAUSOMYBĘ NUO POTENCIACIJOS?

Jūratė Kudirkaitė, Albertas Skurvydas, Edita Lingytė, Nerijus Masiulis, Kazimieras Pukėnas, Vidas Bružas, Viktoras Šilinskas

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Jūratė Kudirkaitė. Biologijos mokslo krypties doktorantė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Lengvosios atletikos katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — motorinės sistemos kompleksinė ir dinaminė adaptacija.

SANTRAUKA

Duomenų, kaip mokymasis veikia judesių tikslumą, rasti galima, tačiau visai nėra žinoma, kaip nervų ir raumenų sistemos (NRS) potenciacija paveiks šuolio atlikimo tikslumo rodiklius. Tyrimo tikslas — nustatyti, ar judesių mokymasis pakeičia šuolio tikslumo priklausomybę nuo potenciacijos. Siekdami užsibrėžto tikslo, stengėmės atsakyti į šiuos klausimus: 1) ar NRS potenciacija pakeičia maksimalų šuolio aukštį? 2) ar NRS potenciacija pakeičia šuolio atlikimo tikslumą ir kaitumą? 3) ar 9 mokymosi pratybos pakeičia tikslumą ir kaitumą? 4) ar išmokto judesio atlikimo tikslumas ir kaitumas mažiau priklauso nuo potenciacijos?

Buvo tiriami 8 fiziškai aktyvūs vyrai (amžius — $20,3 \pm 0,71$ metų, ūgis — $1,82 \pm 3,46$ m, kūno masė — $77,5 \pm 9,07$ kg). Tiriamieji po 10 min lėto bėgimo pramankštos atliko vertikalius šuolius iš vietos ant KISTLER plokštės. Po trijų maksimalaus aukščio šuolių buvo apskaičiuojamas kiekvieno tiriamojo 30% maksimalaus aukščio šuolis (tikslumo šuolis). Pailsėję 5 min, tiriamieji atliko tikslumo šuolius tol, kol pasiekė reikiamą šuolio aukštį, ir jiems buvo suteikiama grįžtamoji informacija (GI), tada turėjo atlikti dar 20 šuolių nesuteikiant GI. Po šių šuolių jiems buvo skiriamas potenciaciją sukeliantis krūvis (PK), o pailsėjęs 1 min vėl atliekama 20 šuolių be GI. Tas pats tyrimas pakartotas po devynerių šuolio tikslumo mokymosi pratybų.

Nustatyta, kad 9 mokymosi pratybos ir PK padidino šuolio maksimalaus aukščio rodiklius ($p < 0,05$). Manome, kad vertikalaus šuolio aukščio rodikliai po mokymosi padidėjo ne dėl raumenų, bet dėl nervų sistemos adaptacijos, kitaip tariant dėl to, kad CNS išmoko tiksliau valdyti šuolio metu dalyvaujančius raumenis. Taip pat po mokymosi sumažėjo absoliučių ir kaitumo klaidų dydis ($p < 0,05$). Vadinasi, po mokymosi tiriamieji atliko tikslesnius ir stabilesnius šuolius. PK prieš mokymąsi padidino absoliučių ir kaitumo klaidų dydį ($p < 0,05$), o po mokymosi neturėjo įtakos šiems tikslumo rodikliams ($p > 0,05$). Manome, kad po mokymosi tiriamieji adaptavosi prie potenciacijos sukeltų NRS pokyčių. Visa tai rodo, kaip mokantis tiksliai atlikti šuolius smegenyse susidaro vidiniai modeliai, kurie leidžia atlikti šuolius tiksliau ir stabiliau.

Raktažodžiai: centrinė nervų sistema, šuolių tikslumas ir kaitumas, potenciacija, vidiniai modeliai, mokymasis.

ĮVADAS

Žmogaus judesių atlikimo tikslumas priklauso nuo išmokimo, motorinės atminties, raumenų koordinacijos, laiko ir erdvės pojūčio (Goodbody & Wolpert, 1998), judesio sudėtingumo ir kt. (Shadmehr & Moussavi, 2000). Svarbus judesių valdymo veiksnys yra gebėjimas jau išmokus judesius atlikti esant naujoms, nuolat kintančioms sąlygoms, priešingoms nei jie buvo išmokti (Reynolds & Bronstein, 2003). Judesių mokymosi metu yra sukuriama motorinė programa, nuo kurios sudarymo tikslumo priklauso agonistų, sinergetų, antagonistų, rankų ir kojų raumenų koordinacija, kuri padeda geriau atlikti

šuolį (Schmidt, 1988; Skurvydas ir kt., 1988). Nors galima rasti duomenų, kaip mokymasis veikia judesių tikslumą ir kad kojų raumenų potenciacija padidina maksimalų šuolio aukštį, tačiau visai nėra žinoma, kaip nervų ir raumenų sistemos (NRS) potenciacija veikia šuolio atlikimo tikslumo rodiklius.

Tyrimo tikslas — nustatyti, ar judesių mokymasis pakeičia šuolio tikslumo priklausomybę nuo potenciacijos.

Hipotezės: a) mokymasis sumažins kaitumo ir absoliučių klaidų dydį; b) nervų ir raumenų sistemos (NRS) potenciacija padidins kaitumo ir

absoliučių klaidų dydį; c) mokymasis sumažins potenciacijos poveikį kaitumo ir absoliučių klaidų dydžiui.

Siekdami užsibrėžto tikslo, stengėmės atsakyti į šiuos klausimus: 1) ar NRS potenciacija pakeičia maksimalų šuolio aukštį? 2) ar NRS potenciacija pakeičia šuolio atlikimo tikslumą ir kaitumą? 3) ar 9 mokymosi pratybos pakeičia tikslumą ir kaitumą? 4) ar išmokto judesio atlikimo tikslumas ir kaitumas mažiau priklauso nuo potenciacijos?

TYRIMO METODAI IR ORGANIZAVIMAS

Buvo tiriami 8 jauni fiziškai aktyvūs vyrai (amžius — $20,3 \pm 0,71$ metų, ūgis — $1,82 \pm 3,46$ m, kūno masė — $77,5 \pm 9,07$ kg). Tiriamieji 4 dienas prieš tyrimą buvo supažindinami su būsimo eksperimento eiga.

Šoklumo testavimas. Tiriamieji po 10 minučių lėto bėgimo (110—120 tv. / min) atliko vertikalius šuolius, amortizuojamai pritūpdami per kelių sąnarius iki 90° kampo, liemuo — vertikali padėtis, rankos ant klubų. Šuoliai buvo atliekami ant KISTLER plokštės (BioWare Performance Software Version 3.0 Type 2812A2-3. Operating Instruction. Kistler Instrumente AG Winterthur).

Kojų raumenų jėgos nustatymas. Tiriamajam reikėjo pritūpti 90° kampu ir atsistoti laikant ant pečių maksimalaus svorio štangą (su Smito

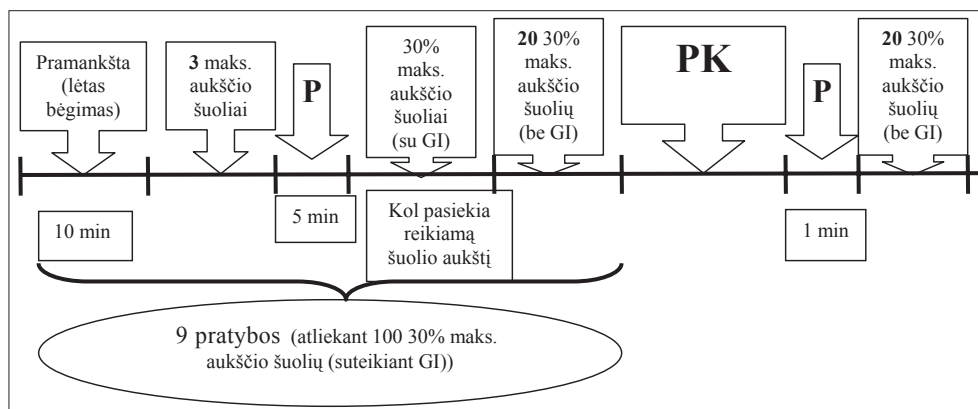
staklėmis). Tiriamiesiems iš pradžių buvo skiriamas 40—60% maksimaliosios kojų raumenų jėgos svoris. Pailsėjus 1 min ir po raumenų tempimo pratimų jau buvo skiriamas 60—80% maksimaliosios jėgos svoris. Tada poilsis tarp bandymų buvo pailgintas iki 5 min tam, kad tiriamasis prieš kiekvieną bandymą būtų visiškai atsigavęs. Svoris buvo didinamas tol, kol tiriamasis jau nebegalėdavo su juo atsistoti.

Kojų raumenų potenciacija. Per kelius pritūpus iki 90° kampo, raumuo du kartus po 10 s (kas 30 s pailsint) izometriškai išugdydavo 70% maksimaliosios kojų raumenų jėgos intensyvumą. Tiriamieji po potenciaciją sukeliančio krūvio (PK) pailsėję 1 min (P), atliko 3 maksimalaus aukščio šuolius.

Tyrimo eiga. Tiriamieji prieš krūvį atlikdavo pramankštą 10 min lėtai bėgdami. Tada buvo nustatoma jų maksimalioji kojų raumenų jėga ($111,9 \pm 31,73$ kg). Tiriamiesiems pailsėjus 4 dienas, buvo atliekami tolesni tyrimai. Prieš krūvį tiriamieji vėl 10 min lėtai bėgo (110—120 tv. / min). Atlikus 3 maks. aukščio šuolius, buvo apskaičiuojamas kiekvieno tiriamojo 30% maks. aukščio šuolis. Po 5 min poilsio tiriamieji atlikdavo kelis 30% maks. aukščio šuolius, suteikiant jiems grįžtamąją informaciją (GI) tol, kol jie pasiekdavo reikiamą šuolio aukštį, tada atlikdavo 20 šuolių be GI. Po šuolių buvo atliekamas kojų raumenų PK. Prieš ir po PK praėjus 1 min, jie kas 5 s atlikdavo

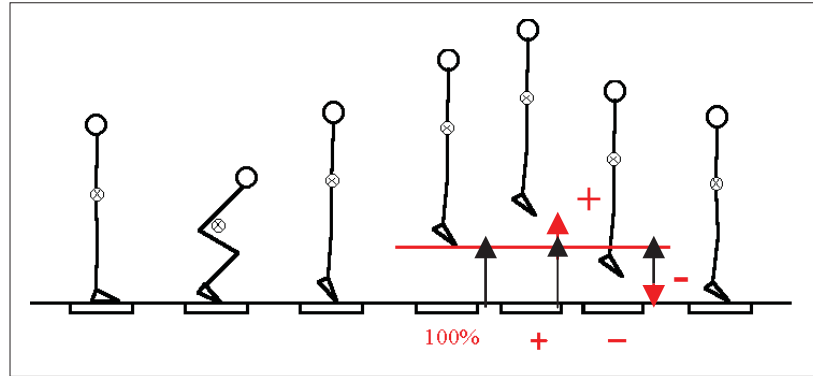


1 pav. Maksimaliosios kojų raumenų jėgos nustatymas



2 pav. Šuolio tikslumo nustatymo protokolas

3 pav. Konstantinių klaidų nustatymas



20 šuolių, kurių aukštis siekė 30% maksimalaus. Tiriamieji šuolius atliko nesuteikiant jiems GI, t. y. nebuvo pasakomas atlikto šuolio aukštis (2 pav.).

Tie patys tiriamieji per 9 pratybas mokėsi tiksliai atlikti šuolius, per vienerias padarydami po 100 30% maksimalaus aukščio šuolių, suteikiant GI. Visas tyrimas su PK pakartotas po 9 mokymosi pratybų.

Šuolio tikslumui įvertinti buvo apskaičiuojamos *absoliučios, konstantinės* ir *kaitumo* klaidos (Schmidt, Lee, 1999; Magill, 2006).

Absoliučios klaidos suteikia informacijos apie jų dydį ir apskaičiuojamos pagal formulę:

$$\text{Absoliuti klaida} = \sum |x_i - T| / n,$$

čia x_i — atliktas šuolis (cm);

T — taikinio dydis, t. y. reikiamas šuolio aukštis (30% maks.);

n — bandymų skaičius (20 šuolių);

vertikalūs skliausteliai (||) reiškia, kad vidurkis buvo apskaičiuojamas nekreipiant dėmesio į algebrinius ženklus (+ / -).

Absoliučios klaidos rodo absoliutų nuokrypį nuo reikiamo šuolio aukščio. Pavyzdžiui: jei tiriamajam reikėjo pašokti 30% maks. aukščio 12 cm, o jis pašoko 14,5 cm — tai absoliutus nuokrypis lygus 2,5 cm, jei pašoko 9 cm — tai absoliutus nuokrypis lygus 3 cm. Apskaičiuojant absoliučias klaidas, nebuvo kreipiamas dėmesys į algebrinius ženklus (+ / -).

Konstantinės klaidos rodo šuolių atlikimo nesimetriškumo tendenciją. Šios klaidos buvo apskaičiuojamos pagal formulę (Schmidt, Lee, 1999; Magill, 2006):

$$\text{Konstantinė klaida} = \sum (x_i - T) / n$$

Apskaičiuojant konstantinių klaidų dydį, buvo kreipiamas dėmesys į algebrinius ženklus (+ / -), t. y. žiūrima, kiek tiriamasis pašoko aukščiau ar žemiau, nei jam reikėjo (3 pav.). Pavyzdžiui: jei tiriamasis pašoko aukščiau, nei jam reikėjo — tai nuokrypio reikšmės buvo teigiamos (+),

o jei žemiau — neigiamos (-), t. y. jei tiriamajam reikėjo pašokti 30% maks. aukščio 12 cm, o jis pašoko 14,5 cm — tai absoliutus nuokrypis lygus +2,5 cm, jei pašoko 9 cm — absoliutus nuokrypis lygus -3 cm.

Kaitumo klaidos buvo apskaičiuojamos pagal formulę:

$$\text{Kaitumo klaida} = \sqrt{\sum (x_i - M)^2 / n},$$

čia M — atliktų šuolių vidurkis (cm).

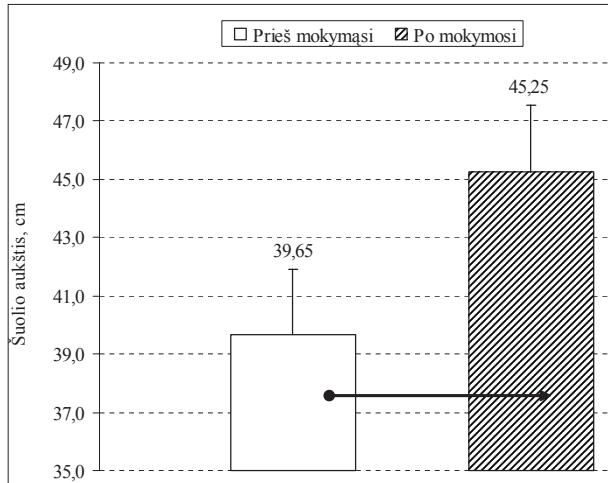
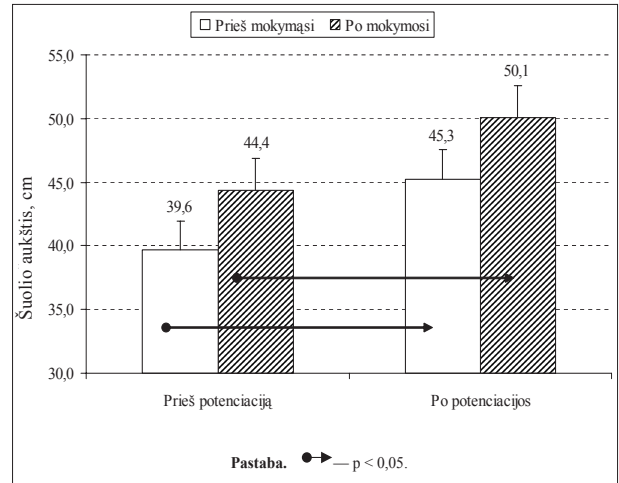
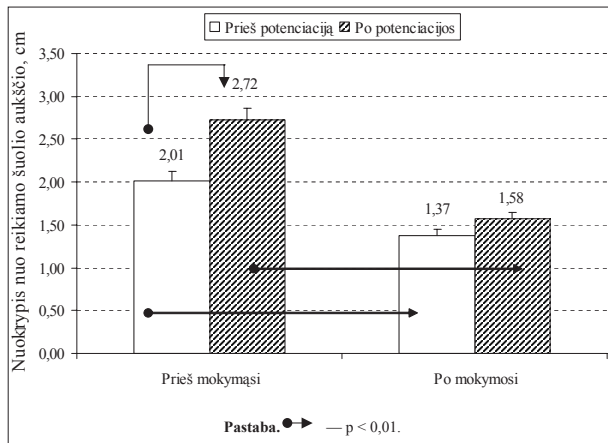
Jos rodo šuolių atlikimo kaitumą, nesuderinamumą, arba atvirkščiai, judesių atlikimo nuoseklumą, stabilumą (Schmidt, Lee, 1999; Magill, 2006).

Matematinė statistika. Išanalizavus tyrimo duomenis, apskaičiuotas aritmetinis rezultatų vidurkis (\bar{x}), vidutinis standartinis nuokrypis (s), skirtumo tarp vidurkių statistinis patikimumas (p), procentinė rezultatų kaita. Skirtumo tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas nustatytas pagal dvipusį nepriklausomų imčių Stjudento t kriterijų. Skirtingų veiksnių (mokymosi ir potenciacijos) rezultatų reikšmingumui įvertinti taikėme dviejų veiksnių dispersinę analizę (SPSS programų paketu). Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$.

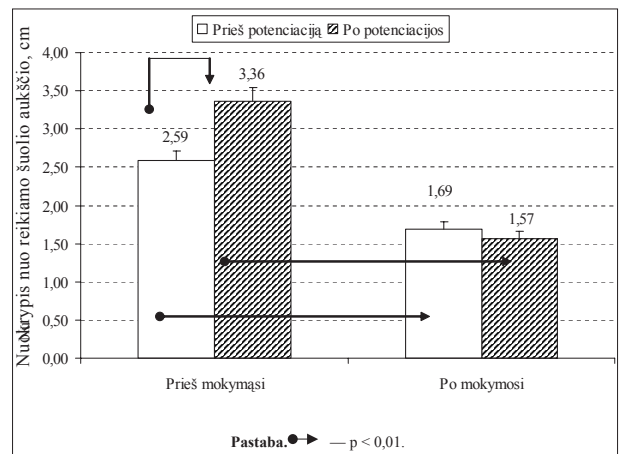
REZULTATAI

Maksimalaus šuolio aukščio kaita: mokymasis ir potenciacija. Devynerios šuolio tikslumo mokymosi pratybos statistiškai reikšmingai pagerino tiriamųjų maksimalaus šuolio aukščio rodiklius ($p = 0,04$). Tiriamieji po mokymosi pašoko 5,70 cm aukščiau nei prieš jį (nuo $39,6 \pm 6,04$ iki $45,3 \pm 6,52$ cm) (4 pav.).

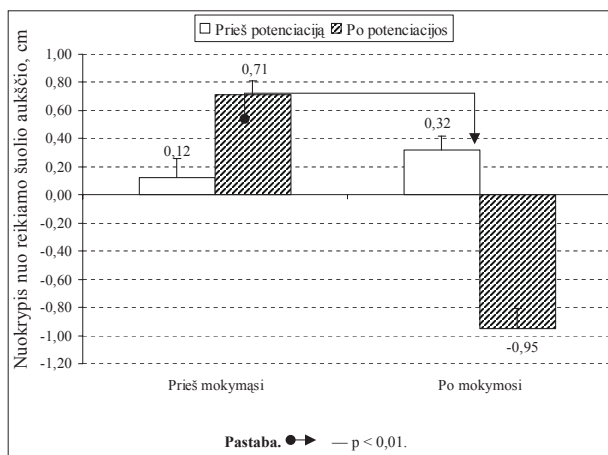
Statistiškai reikšmingai padidėjo maksimalaus šuolio aukščio rodikliai ir po kojų raumenų potenciacijos ($p < 0,05$). Prieš mokymąsi h_{maks} pagerėjo nuo $39,6 \pm 6,04$ iki $44,4 \pm 6,52$ cm, o kojų raume-

4 pav. Mokymosi poveikis maksimaliam šuolio aukščiui ($h_{maks.}$)5 pav. NRS potenciacijos poveikis maksimaliam šuolio aukščiui ($h_{maks.}$)

6 pav. Potenciacijos ir mokymosi poveikis absoliučiam tikslumui (absoliučios klaidos)



7 pav. Potenciacijos ir mokymosi poveikis klaidoms



8 pav. Potenciacijos poveikis konstantinių klaidų dydžiui prieš mokymąsi ir po jo

nų potenciacija maksimalų šuolio aukštį padidino nuo $45,3 \pm 5,45$ iki $50,1 \pm 5,86$ cm (5 pav.).

Šuolių atlikimo tikslumas ir kaitumas: mokymasis ir potenciacija. Absoliučios klaidos rodo, kad po mokymosi statistiškai reikšmingai pagerėjo šuolių atlikimas ($p = 0,000000003$). Tiriemieji, atlikdami šuolius į aukštį 30% maksima-

liosios jėgos intensyvumu, kai pratimas atliekamas be grįžtamosios informacijos suteikimo, po mokymosi absoliučių klaidų padarė 7% mažiau. PK statistikai reikšmingai ($p = 0,002$) padidino prieš mokymąsi atliekamų šuolių absoliučių klaidų dydį, ir tikslumas pablogėjo 4%, o po mokymosi dėl kojų raumenų potenciacijos šiek tiek pablogėjo atlikimo tikslumas (0,27 cm), tačiau nenustatėme statistiškai reikšmingo rezultato skirtumo ($p > 0,05$). Mokymosi ir potenciacijos sąsaja yra statistiškai reikšminga ($p = 0,021$). 9 šuolių tikslumo mokymosi pratybos sumažino absoliučių klaidų dydį (6 pav.).

Kaitumo klaidos rodo šuolių atlikimo kaitumą, arba atvirkščiai, judesių atlikimo nuoseklumą. Kaitumo klaidos priklausomai nuo mokymosi skiriasi statistiškai reikšmingai ($p = 0,0000000002$). Po 9 mokymosi pratybų prieš PK tiriamieji atliko 12% mažiau kintamus šuolius, taip pat po NRS potenciacijos kaitumo klaidų dydis buvo 7% mažesnis. Kaitumo klaidos priklausomai nuo NRS potenciacijos skiriasi statistiškai reikšmingai

Lentelė. Šuolio tikslumo rodiklių koreliacinis ryšys

	Klaidos		
	Konstantinės	Absoliučios	Kaitumo
	0,04	0,09	0,10

($p = 0,033$). Prieš mokymąsi dėl kojų raumenų potenciacijos atsirado daugiau kaitumo klaidų, o po mokymosi PK net sumažino kaitumo klaidas (7 pav.). Mokymosi ir potenciacijos sąsaja yra statistiškai reikšminga ($p = 0,005$).

Konstantinės klaidos rodo, kad po PK prieš mokymąsi tiriamieji pašoko aukščiau, nei jiems reikėjo ($0,71 \pm 0,43$ cm), o po jo pašoko žemiau ($-0,95 \pm 0,65$ cm). Konstantinės klaidos priklausomai nuo mokymosi statistiškai reikšmingai nesiskyrė ($p > 0,05$). NRS potenciacija statistiškai reikšmingai pakeitė konstantinių klaidų dydį ($p = 0,02$) (8 pav.). Mokymosi ir potenciacijos sąsaja yra statistiškai reikšminga ($p = 0,00000005$).

Tiriamųjų šuolio į aukštį absoliučių, kaitumo ir konstantinių klaidų dydžio prieš mokymąsi ir po jo koreliacinis ryšys yra labai silpnas (atitinkamai 0,09, 0,10 ir 0,04), todėl negalima prognozuoti, kaip mokymasis paveiks šių klaidų dydį (žr. lent.). Prieš mokymąsi išanalizavus tiksliausiai ($1,16 \pm 0,98$ cm) ir netiksliausiai atliekančio tiriamojo ($4,04 \pm 1,82$ cm) šuolių absoliučių klaidų dydį matyti, kad vieno iš aštuonių tiriamųjų, prieš mokymąsi tiksliausiai atlikusio šuolius, po mokymosi absoliučių klaidų dydis buvo jau beveik didžiausias — septintas iš aštuonių tiriamųjų ($1,47 \pm 0,73$ cm). Tiriamasis, prieš mokymąsi blogiausiai atlikęs šuolius, po mokymosi sumažino absoliučių klaidų dydį iki $0,76 \pm 0,76$ cm ir buvo šeštas pagal šį tikslumo rodiklį.

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo duomenys patvirtino iškeltas hipotezes: a) mokymasis sumažino kaitumo ir absoliučių klaidų dydį; b) NRS potenciacija padidino kaitumo ir absoliučių klaidų dydį; c) mokymasis sumažino potenciacijos poveikį kaitumo ir absoliučių klaidų dydžiui.

Mūsų žiniomis, tai yra pirmas tyrimas, įrodantis, kaip NRS potenciacija bei mokymasis atskirai ir kartu veikia šuolių atlikimo tikslumą (t. y. absoliučių, kaitumo ir konstantinių klaidų dydį). Neteko aptikti panašių tyrimų, nagrinėjančių, kaip potenciacija veikia judesių tikslumą ir kaitumą.

Nors tiriamieji turėjo stengtis atlikti kuo tiksliausius šuolius, tačiau po devynerių tikslumo mo-

kymosi pratybių pagerėjo ir tiriamųjų maksimalus šuolio aukštis ($h_{maks.}$). Yra nustatyta, kad net per kelias šoklumo pratybas padidėja valinga raumenų jėga, nes išmokstama geriau atlikti judesį (Schmidt, 1988). Taip pat autoriai teigia, kad dėl per šoklumo pratybas įvykusios nervų ir raumenų sistemos adaptacijos, dėl raumenų antagonistų slopinimo padidėjimo ir dėl geresnės sinergetų aktyvacijos padidėja vertikalus šuolio aukštis (Komi, 1984; Lyttle et al., 1996). Mokslininkai yra nustatę, kad tiek 6 (Rahimi & Behpur, 2005), tiek 4 ar 7 savaitių (et al., 2003) trukmės šuolių pratybos akivaizdžiai pagerina vertikalaus šuolio aukščio rodiklius. Mes manome, kad vertikalaus šuolio aukštis padidėjo ne dėl raumenų, bet dėl nervų sistemos adaptacijos, kitaip tariant dėl to, kad CNS išmoko tiksliau valdyti šuolio metu dalyvaujančius raumenis.

Ne tik mokymasis, bet ir NRS potenciacija pagerino tiriamųjų maksimalų šuolio aukštį. Valingo raumenų darbo metu sukelta potenciacija vadinama postaktyvacine potenciacija (PAP) ir gali būti sukelta tiek dinaminio, tiek izometrinio krūvio metu (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998; Chiu et al., 2003). Pastebėta, kad PAP po izometrinio ar dinaminio stimulo pagreitina jėgos išugdymą, šuolio aukštį ir važiuojant sprinto dviračiu pasiektą rezultatą (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998; Abbate et al., 2000). Yra žinoma, kad po bet kokio tipo raumens susitraukimo, pasireiškia postaktyvacinės potenciacijos mechanizmas, t. y. lengvųjų miozino grandžių fosforilinimas, kuris padidina miofilamentų jautrumą Ca^{2+} (MacIntosh, 2003), dėl to padidėja miozino skersinių tiltelių aktyvumas Ca^{2+} . D. G. Sale (2004) teigia, kad po submaksimalaus raumenų susitraukimo padidėja motorinių vienetų jėgos atsakas. Remdamiesi daugelio mokslininkų duomenimis (Abbate et al., 2000; MacIntosh, 2003; Sale, 2004), galime teigti, kad postaktyvacinė potenciacija padidina motorinių vienetų aktyvumą ir miozino skersinių tiltelių jautrumą Ca^{2+} , kartu padidindama tiriamųjų vertikalaus šuolio aukščio rodiklius.

Atlikto tyrimo metu tiriamieji turėjo 9 šuolių tikslumo mokymosi pratybas, po kurių sumažėjo absoliučių klaidų dydis. Kaip teigia D. C. Quesada ir R. A. Schmidt (1970), absoliučių klaidų

vidurkis sumažėja po judesio treniravimo. Manome, kad šuoliui išmokti užteko 9 pratybų, po kurių tiriamieji jau tiksliau atliko šuolius. Taip pat mokymasis sumažino kaitumo klaidų dydį tiek prieš NRS potenciaciją, tiek po jos. Įdomu tai, kad išmokto judesio kaitumo klaidų dydis po potenciacijos net sumažėjo, o prieš mokymąsi kojų raumenų potenciacija smarkiai padidino kaitumą. Mažesnį kaitumo klaidų dydį po mokymosi, manytume, lemia tai, kad tiriamieji išmoko atlikti tiksliai šuolius ir, kaip teigia A. M. Newell ir D. M. Corcos (1993), po mokymosi sumažėja judesio atlikimo kaitumas, kuris dažnai suprantamas kaip sensomotorinės sistemos stabilumo rodiklis. Remiantis mūsų gautais duomenimis, mokymasis pagerino šuolių atlikimo nuoseklumą ir tiriamieji atliko mažiau kaičius šuolius. Tai paaiškina A. M. Newell ir D. M. Corcos (1993) teiginys, kad rodiklių kaitumas sumažėja dėl motorinio įgūdžio išmokimo. Taip pat R. J. Beers su bendraautoriais (2004) teigia, kad kuo mažesnis judesio kaitumas, tuo judesys tikslesnis.

Kojų raumenų potenciacija skirtingai veikia konstantines šuolių atlikimo klaidas prieš mokymąsi ir po jo. Konstantinės klaidos rodo judesio atlikimo nesimetriškumą (Magill, 2006). Prieš mokymąsi po NRS potenciacijos tiriamieji šoko aukščiau, nei jiems reikėjo, t. y. konstantinės klaidos buvo teigiamos (+), o po mokymosi konstantinių klaidų vidurkis parodė, kad tiriamieji šoko žemiau, negu jiems reikėjo (-). Galima teigti, kad kojų raumenų postaktyvacinė potenciacija skirtingai veikia išmoktą ir neišmoktą judesį.

Dėl NRS potenciacijos prieš mokymąsi pastebėtas didelis šuolių tikslumo pablogėjimas, o tokį organizmo atsaką gali patvirtinti teiginys, kad organizmo pokyčiai atliekant užduotį yra nuspėjami — žmogus negali iš anksto tiksliai susikurti savo motorinės programos (Wolpert et al., 2001). Nuo motorinės programos sudarymo tikslumo priklauso agonistų, sinergetų, antagonistų, rankų ir kojų raumenų koordinacija, kuri padeda geriau atlikti šuolį (Schmidt, 1988; Skurvydas ir kt., 1988). Tačiau jau po 9 tikslumo mokymosi pratybų kojų raumenų potenciacija nepakeitė 30% maksimalaus aukščio šuolio atlikimo tikslumo. Manome, kad per 9 pratybas buvo sukurta tikslesnė motorinė programa, kurios jau neveikė NRS potenciacija.

Po ilgo mokymosi žmonės yra pajėgūs pritaikyti prie didelių regos (Flanagan, Rao, 1995; Imamizu, Shimojo, 1995; Imamizu et al., 1995;

Ghahramani, Wolpert, 1997) ir raumenyno (Condit et al., 1997; Flanagan, Wing, 1997; Sheidt et al., 1997) pokyčių. Po mokymosi tiriamieji adaptavosi prie potenciacijos sukeltų NRS pokyčių, kurie neturėjo įtakos šuolių atlikimo absoliučiam ir kintamam tikslumui.

Žmogaus smegenų motorinėje žievėje po mokymosi susidarę vidiniai modeliai leidžia pritaikyti prie naujos dinamiškos aplinkos. Vidiniai modeliai — tai mechanizmai, pagal kuriuos CNS valdo jėgos jutimą, leidžiantį atlikti judesį. Kaip teigia R. L. Sainburg su bendraautoriais (1999), mokantis naujo judesio, CNS pamažu suformuoja dinaminės aplinkos vidinį vaizdą — vidinį modelį. Taigi, remdamiesi šių mokslininkų duomenimis, galime teigti, kad po 9 pratybų smegenyse susidarė vidiniai modeliai, kurie po mokymosi ir kojų raumenų potenciacijos leido tiksliau atlikti 30% maksimalaus aukščio šuolius. Todėl NRS potenciacija po mokymosi neturėjo įtakos judesio tikslumui bei kaitumui, t. y. šuolių atlikimo absoliučio ir kaitumo klaidų dydžiui.

Tyrimo rezultatai parodė, kad absoliučio, kaitumo ir konstantinių klaidų dydžio prieš mokymąsi ir po jo koreliacinis ryšys yra labai silpnas. Vadinasi, iš pirminių šuolių atlikimo duomenų negalima prognozuoti, kaip po mokymosi tiriamieji atliks 30% maksimalaus aukščio šuolius be GI. Kaip teigia E. Rudas su bendraautoriais (2006), iš tyrimo pradžioje nustatytų vertikalio šuolių rodiklių negalime prognozuoti būsimų rezultatų. Tai rodo, kad motorinės sistemos adaptacija yra kompleksiška, dinamiška ir netiesinė, t. y. sunkiai numanoma bei prognozuojama.

IŠVADOS

1. Devynerios mokymosi pratybos ir NRS potenciacija reikšmingai pagerino maksimalų šuolio aukštį.
2. Devynerios mokymosi pratybos statistiškai reikšmingai sumažino šuolių atlikimo absoliučio ir kaitumo klaidų dydį, t. y. po mokymosi pagerėjo tikslumas ir sumažėjo kaitumas.
3. Nervų ir raumenų sistemos potenciacija prieš mokymąsi padidino šuolių atlikimo absoliučio ir kaitumo klaidų dydį, tačiau po mokymosi neturėjo joms įtakos.
4. Mokantis tiksliai atlikti šuolius, smegenyse susidarė vidiniai modeliai, kurie leidžia atlikti šuolius tiksliau ir stabiliau.

LITERATŪRA

- Abbate, F., Sargeant, A. J., Verdijk, P. W. et al. (2000). Effects of high frequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 88, 1, 35—40.
- Beers, R. J., Haggard, P., Wolpert, D. M. (2004). The role of execution noise in movement variability. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1050—1063.
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W. et al. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (4), 671—677.
- Conditt, M. A., Gandolfo, F., Mussa-Ivaldi, F. A. (1997). The motor system does not learn the dynamics of the arm by rote memorization of past experience. *Journal of Neurophysiology*, 78, 554—560.
- Flanagan, J. R., Rao, A. K. (1995). Trajectory adaptation to a nonlinear visuomotor transformation: Evidence for motion planning in visually perceived space. *Journal of Neurophysiology*, 74, 2174—2178.
- Flanagan, J. R., Wing, A. M. (1997). The role of internal models in motor planning and control: Evidence from grip force adjustments during movements of hand-held loads. *Journal of Neuroscience*, 17, 1519—1528.
- Ghahramani, Z., Wolpert, D. M. (1997). Modular decomposition in visuomotor learning. *Nature*, 386, 392—395.
- Goodbody, S. J., Wolpert, D. M. (1998). Temporal and amplitude generalization in motor learning. *Journal of Neurophysiology*, 79, 1825—1838.
- Gullich, A., Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Stud Athletics*, 11, 67—81.
- Imamizu, H., Shimojo, S. (1995). The locus of visual-motor learning at the task or manipulator level: Implications from intermanual transfer. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception Performance*, 21, 719—733.
- Imamizu, H., Uno, Y., Kawato, M. (1995). Internal representations of the motor apparatus: Implications from generalization in visuomotor learning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception Performance*, 21, 1174—1198.
- Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 12, 81—121.
- Luebbbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W. et al. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. Prieiga per internetą: PMID: 14636088 [PubMed - indexed for MEDLINE]
- Lyttle, A. D., Wilson, G. J. & Ostrowski, K. J. (1996). Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and plyometrics training. *Journal of Strength Conditioning Research*, 10, 173—179.
- MacIntosh, B. R. (2003). Role of calcium sensitivity modulation in skeletal muscle performance. *News of Physiology Science*, 18, 222—225.
- Magill, R. A. (2006). *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*. McGraw-Hill International edition.
- Newell, A. M., Corcos, D. M. (1993). *Variability and Motor Control*. Human Kinetics Publishers.
- Quesada, D. C., Schmidt, R. A. (1970). A test of the Adams-Creamer decay hypothesis for the timing of motor responses. *Journal of Motor Behavior*, 2, 273—283.
- Rahimi, R. and Behpur, N. (2005). The effects of plyometric, weight and pliometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Physical Education and Sport*, Vol. 3, 1, 81—91.
- Reynolds, R. F., Bronstein, A. M. (2003). The moving platform aftereffect: Limited generalization of a locomotor adaptation. *Journal of Neurophysiology*, 91, 92—100.
- Rudas, E., Skurvydas, A., Mickevičienė, D., Bulotienė, D. (2006). Mergaičių ir berniukų šoklumo kaita. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1, 56—62.
- Sainburg, R. L., Ghez, C., Kalakanis, D. (1999). *Intersegmental dynamics are controlled by sequential anticipatory, error correction, and postural mechanisms*. The American Physiological Society.
- Sale, D. G. (2004). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30, 138—143.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D. (1999). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Human kinetics.
- Schmidt, R. A. (1988). *Motor Control and Motor Learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shadmehr, R., Moussavi, Z. M. (2000). Spatial generalization from learning dynamics of reaching movements. *Journal of Neuroscience*, 20, 7807—7815.
- Sheidt, R. A., Conditt, M. A., Reinkensmeyer, D. J., Mussa-Ivaldi, F. A. (1997). Motor adaptation persists in the absence of kinematic errors. *Society for Neuroscience Abstracts*, 23 (85), 4.
- Skurvydas, A., Stasiulis, A., Vilčinskis, P. (1988). *Šoklumo fiziologiniai pagrindai*. Vilnius.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z. and Flanagan, J. R. (2001). Perspectives and problems in motor learning. *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 5, 11, 487.
- Young, W. B., Jenner, A., Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12 (2), 82—88.

DOES MOVEMENT LEARNING CHANGE THE DEPENDENCE OF POTENTIATION ON JUMPING ACCURACY?

Jūratė Kudirkaitė, Albertas Skurvydas, Edita Lingytė, Nerijus Masiulis,
Kazimieras Pukėnas, Vidas Bružas, Viktoras Šilinskas

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of this research was to determine if movement learning changed the dependence of potentiation on jumping accuracy. In this study we tried to answer the following questions: 1) does neuro-muscle potentiation change the height of maximum jump? 2) does neuro-muscle potentiation change the accuracy and the variability of jumps? 3) do 9 series of drills change the accuracy and the variability of jumps? 4) do the accuracy and the variability of learnt jumps depend on potentiation less?

The subjects were healthy, physically active men ($n = 8$) (age — 21.3 ± 0.80 years, height — 1.80 ± 3.67 m, weight — 77.7 ± 9.07 kg and maximal leg muscular strength — 110.0 ± 30.65 kg). After 10 min of warming — up (slow running) the subjects performed standing vertical jumps on a Kistler platform. After three trial jumps the maximum height jump was determined and the jumping load of 30% maximum height was assigned (“accuracy jumps”). After 5 min rest the subjects performed “accuracy jumps” with feedback information (FI) of the jump height achieved when they reached the proper height and at a dash the subjects performed 20 jumps without FI. After these jumps a potentiation load (PL) was imposed, and after 1 min rest 20 jumps without FI were repeated. The same research protocol was repeated after 9 training series of “accuracy jumps”.

It was found that the 9 “accuracy jumps” training series and PL increased the height of vertical jumps ($p < 0.05$). We think that the increase of vertical jump was due to CNS adaptation. After learning the number of absolute and variable errors significantly decreased ($p < 0.05$), and the implication is that the subjects performed the jumps more accurately and steadily.

Before learning PL, increased the magnitude of absolute and variable errors ($p < 0.05$), but after learning PL did not impact the accuracy indexes ($p > 0.05$). We think that after learning the subjects adapted to PL changes. We suggest that learning jumps forms internal models in our brain.

Keywords: central nervous system, accuracy and variability of jumps, potentiation, internal models, learning.

Gauta 2006 m. gruodžio 6 d.
Received on December 6, 2006

Priimta 2007 m. vasario 13 d.
Accepted on February 13, 2007

Jūratė Kudirkaitė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 686 26255
E-mail jkudirkaite@lkka.lt