

# LĒTOJO MOKYMOSI POVEIKIS VYRŲ RANKOS GREITŲ TIKSLIŲ IZOMETRINIŲ SUSITRAUKIMŲ TIKSLUMUI IR STABILUMUI

Edita Kavaliauskienė, Albertas Skurvydas, Jūratė Stanislovaitienė, Aleksas Stanislovaitis, Nerijus Masiulis

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

**Edita Kavaliauskienė.** Biomedicinos mokslų daktarė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Individualių sporto šakų katedros asistentė. Mokslinių tyrimų kryptis — motorinės sistemos kompleksinė ir dinaminė adaptacija.

## SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — ištirti lėtojo mokymosi poveikį vyrų rankos greitų tikslų izometrinių susitraukimų tikslumui ir stabilumui. Buvo tiriami jauni fiziškai aktyvūs vyrai dešiniarankiai. Tiriamieji buvo suskirstyti į eksperimentinę ( $n = 8$ ; amžius  $21,3 \pm 0,5$  m. ( $\bar{x} \pm SD$ ), ūgis  $182,4 \pm 6,5$  cm, kūno masė  $73,1 \pm 5,7$  kg) ir kontrolinę ( $n = 8$ ; amžius  $21,4 \pm 0,6$  m., ūgis  $184,0 \pm 3,8$  cm, kūno masė  $74,5 \pm 3,9$  kg) grupes.

Tiriamieji, likus 4 dienoms iki tyrimo, buvo supažindinti su būsimo eksperimento eiga, pamokyti, kaip taisyklingai atlikti užduotį ir išmatuota jų maksimalioji valinga jėga (MVJ). MVJ buvo įvertinta izokinetiniu dinamometru „Biodex System Pro 3“. Tiriamieji krūvį atliko vyraujančia (dešine) ranka, kuri buvo nustatoma pagal Olfieldo klausimyną (Hannay, 1986). Tiriamasis pasodinamas į izokinetinio dinamometro kėdę, atlošo kampas —  $90^\circ$ . Dešinė ranka laikomasi už dinamometro rankenos, kaire — už diržo, pritvirtinto per juosmenį. Tyrimo metu tiriamieji buvo testuoti, t. y. atliko 20 greitų izometrinių raumenų susitraukimų (GIRS) 20% MVJ be grįžamosios informacijos suteikimo (be GI) ir po 10 s poilsio — 20 GIRS 20% MVJ su GI. Tiriamieji, atlikdami pratimą taikant GI, izometriniu dinamometro ekrane matydavo jiems reikiamą 20% MVJ nubrėžtą liniją, kad galėtų mokytis pajusti, kokia raumenų susitraukimo jėga reikia atlikti bandymą, kad ji siektų 20% MVJ. Po testavimo tiriamieji mokėsi — atliko 3 serijas 20 GIRS 20% MVJ su GI. Eksperimentinė grupė tą patį tyrimą kartojė per 9 pratimus kas antrą dieną ir po 4 savaitių pertraukos. Kontrolinė grupė atliko tą patį tyrimą, tik dalyvavo pirmose ir devintose pratybose.

Tyrimo rezultatai parodė, kad mokantis labiausiai pagerėjo tikslumas, atliekant pratimus be GI (apie 70%). Izometrinių susitraukimų stabilumas pagerėjo apie 35–40%, nepriklausomai nuo to, ar buvo testuojama su GI ar be jos. Taip pat nustatėme, kad po mokymosi pailsėjęs keturias savaites tikslumas išliko tik atliekant pratimus su GI, o stabilumas sumažėjo atliekant juos tiek su GI, tiek be jos. Izometrinių balistinių susitraukimų tikslumas ir stabilumas kinta pagal mokymosi dėsnį — per pirmas dvi pratybas išmokstama apie 50%.

Taigi galima daryti išvadą, kad izometrinių susitraukimų tikslumas ir stabilumas atliekant juos su grįžtama informacija pakito panašiai dėl mokymosi: per pirmas pratybas tiriamieji išmoko daugiau nei per kitas, ir toks lygis išliko po keturių savaitių pertraukos. Atliekant susitraukimus be grįžamosios informacijos daugiau pakito tikslumas nei stabilumas. Be to, po keturių savaitių poilsio izometriniai susitraukimai buvo atliekami stabiliai, bet netiksliai.

**Raktažodžiai:** judesių mokymasis, izometriniai susitraukimai, tikslumas, stabilumas, grįžtamoji informacija.

## IVADAS

Yra dvi mokymosi fazės: ankstyvoji (greitoji), kurios metu atlikimas pagerėja per vienas pratybas; vėlyvoji (lėtoji) — mokymasis tęsiasi keletą pratybų (Ungerleider et al. 2002) ir sutvirtinami motoriniai įgūdžiai (Maquet et al., 2003; Walker et al., 2003). Mokantis naujų įgūdžių gali pagerėti judesių atlikimo stabilumas ir tikslumas (Christou et al., 2007). Dauguma

tikslumo reikalaujančių užduočių tyrimų atliekama tiriant pirštų izometrinius susitraukimus (Floyer-Lea, Matthews, 2004, 2005; Christou et al., 2007) ar jų judesius (Beers et al., 2004; Hluštik et al., 2004; Poston et al., 2008 b). Daugiausia stabilumo ir tikslumo kaita mokymosi metu tirta ankstyvojoje (Beers et al., 2004; Floyer-Lea, Matthews, 2004, 2005; Christou et al., 2007; Poston et al., 2008 a,

b), o ne vėlyvojoje mokymosi fazėje (Hluštik et al., 2004; Floyer-Lea, Matthews, 2005). Labiausiai tikslumas pagerėja mokymosi pradžioje, ir tai susiję su smegenų aktyvavimo struktūriniais pokyčiais (Ungerleider et al., 2002; Floyer-Lea, Matthews, 2005). Stabilumas priklauso nuo raumens dydžio, jėgos ir motorinių vienetų kiekio. Minimaliosios variacijos teorija (angl. *The minimum variance theory*) teigia, kad stipresni (didesni) raumenys yra stabilesni nei silpnesni (mažesni) ir jie gali atlikti daug tikslesnius susitraukimus (Poston et al., 2008 a). Ankstyvojoje mokymosi fazėje tikslumas ir stabilumas pagerėja vienu metu po 40–60 kartojimų, paskui mokymasis sulėtėja (Beers et al., 2004; Floyer-Lea, Matthews, 2004, 2005; Christou et al., 2007; Poston et al., 2008 a, b). Vėlyvojoje mokymosi fazėje didžiausi prieaugio tempai pastebimi per pirmas dvi pratybas, o per kitas sulėtėja (Hluštik et al., 2004; Floyer-Lea, Matthews, 2005).

Išmokti nauji įgūdžiai dažniausiai atmintyje išlieka ilgą laiką (Baraduc et al., 2004). Judesių išmokimas priklauso nuo grįžtamosios informacijos suteikimo trukmės, rūšies ir dažnumo (Kaelin-Lang et al., 2002; Vaillancourt et al., 2006). Kada motorinė sistema prisitaiko prie naujos dinaminės aplinkos, galvos smegenų motorinėje žievėje susikuria vidiniai modeliai, pagal kuriuos centrinė nervų sistema valdo judesių atlikimą. Šie modeliai prognozuoja raumenų jėgą, greitį ir amplitudę, reikalingą kuo tikslesniam judesiui atlikti (Imamizu et al., 2000; Takahashi et al., 2006). Kai suteikiama grįžtamoji informacija apie užduoties atlikimą, greičiau susikuria vidiniai modeliai. Ankstesnio tyrimo (Kavaliauskienė ir kt., 2009) duomenys parodė, kad vidiniai modeliai susiformuoja jau po 5 kartojimų. Visgi nėra aišku, kiek ilgai išlieka tokie judesius valdantys modeliai.

Mūsų žiniomis, dar nėra aiškaus atsakymo į šiuos pagrindinius klausimus:

- kokia yra greitų ir tikslų izometrinių susitraukimų mokymosi kaita per 9 pratybas?
- ar per pirmas pratybas išmokstama daugiau nei per kitas?
- jei mokomasi su grįžtamąja informacija, tai ar testavimo rezultatai bus geresni, kai testuojama suteikiant grįžtamąją informaciją?
- kas greičiau tobulėja mokymosi metu — tikslumas ar stabilumas?

Keliame hipotezę, kad 9 mokymosi pratybos padidins izometrinių susitraukimų tikslumą ir stabilumą, didžiausias mokymosi poveikis bus po pirmų pratybų.

Tyrimo metu tiriamieji per 9-erias pratybas turėjo išmokti atlikti greitus ir tikslus izometrinius susitraukimus 20% maksimaliosios valingos jėgos. Norėjome išsiaiškinti, kiek laiko truks naujų įgūdžių mokymasis bei jų išlaikymas ir ar ši procesą lems grįžtamoji informacija. Tyrimo tikslas — ištyrėti lėtojo mokymosi poveikį vyrų rankos greitų tikslų izometrinių susitraukimų tikslumui bei stabilumui.

## TYRIMO METODIKA

**Tiriamieji.** Buvo tiriami jauni fiziškai aktyvūs vyrai dešiniarankiai ( $n = 8$ ), kurių amžius ( $\bar{x} \pm SD$ )  $21,3 \pm 0,5$  m., ūgis  $182,4 \pm 6,5$  cm, kūno masė  $73,1 \pm 5,7$  kg. Kontrolinę grupę sudarė jauni fiziškai aktyvūs vyrai dešiniarankiai ( $n = 8$ ), kurių amžius  $21,4 \pm 0,6$  m., ūgis  $184,0 \pm 3,8$  cm, kūno masė  $74,5 \pm 3,9$  kg. Tiriamieji, likus 3 dienoms iki tyrimo, buvo supažindinti su būsimo eksperimento eiga ir pamokyti, kaip taisyklingai atlikti užduotį. Tyrimas atliktas laikantis 1975 m. Helsinkio deklaracijoje priimtų principų dėl eksperimentų su žmonėmis etikos.

**Rankos raumenų maksimaliosios valingos jėgos (MVJ) nustatymas.** MVJ buvo įvertinta izokinetiniu dinamometru „Biodex System PRO 3“ (sertifikuota ISO 9001 EN 46001) — žmogaus raumenų testavimo ir reabilitacijos aparatūra. Tiriamieji tyrimą atliko vyraujančia (dešine) ranka, kuri buvo nustatoma pagal Olfieldo klausimyną (Hannay, 1986). Tiriamasis pasodinamas į izokinetinio dinamometro kėdę, atlošo kampas  $90^\circ$ . Atstumas tarp tiriamojo ir izokinetinio dinamometro ekrano — 1 m. Dešinė ranka laikomasi už dinamometro rankenos, kaire — už diržo, pritvirtinto per juosmenį. Rankos raumenys įtempiami izometriniu režimu, kai kampas per alkūnės sąnarių —  $80^\circ$ . Nustatant MVJ buvo prašoma tiriamųjų padidinti rankos lenkimo jėgą iki didžiausios ir išlaikyti ją 3 sekundes. Procedūra buvo kartojama tris kartus, tarp kartojimų skiriamas 1 minutės poilsis. Tyrimo metu tiriamieji raumens susitraukimo jėgos liniją matė izokinetinio dinamometro ekrane.

**Greiti tikslūs izometriniai susitraukimai (GTIS).** Pagal kiekvieno tiriamojo MVJ buvo paskaičiuota 20% jėga. Tiriamieji atliko 20% maksimaliosios jėgos vienkartinis staigius izometrinius raumens susitraukimus (viena serija — 20 kartojimų) intervalais kas 1 sekundę (be galimybės jų pakoreguoti). Pratimas atliekamas suteikiant vaizdinę grįžtamąją informaciją (su GI) ir be jos

(be GI). Atlikdami pratimą su GI, tiriamieji izokinetinio dinamometro ekrane matydavo nustatytos 20% jėgos liniją, kuri suteikdavo informaciją apie atliekamą veiksmą. Tiriamiesiems atliekant susitraukimus be GI — uždengdavome ekraną.

**Vienų pratybių atlikimo eiga.** Kiekvienose pratybose tiriamieji (1 A pav.):

- *Buvo testuojami.* Pabandymui atliekami 3 GTIS. Po 10 s atliekamas testavimas — 20 GTIS 20% MVJ be GI ir po 10 s poilsio — 20 GTIS 20% MVJ suteikiant GI.
- *Mokėsi.* Praėjus 10 s poilsiu po testavimo, tiriamieji mokėsi kuo tiksliau atlikti GTIS 20% nuo MVJ suteikiant GI 3 serijas po 20 kartojimų (1 min intervalu).

**Tyrimo protokolas.** Likus 4 dienoms iki tyrimo, tiriamieji buvo supažindinti su tyrimo eiga ir nustatyta kiekvieno iš jų MVJ (1 B pav.). Eksperimentinė grupė kas antrą dieną (iš viso 9 pratybos) mokėsi kuo tiksliau atlikti GTIS 20% MVJ. Po mėnesio pertraukos tiriamieji (pakartotinai buvo testuojami). Kontrolinė grupė atliko tą pačią užduotį kaip ir eksperimentinė, tik tyrimas atliktas per pirmas ir paskutines eksperimentinės grupės pratybas.

**Duomenų analizė.** Įvertindami GI poveikį GTIS tikslumui, skaičiavome absoliučių klaidų (AK) dydį, GTIS kaitumui nustatyti skaičiavome kaitumo klaidų (KaK) dydį, o konstantinės klaidos (KK) rodė raumens susitraukimo jėgos nesimetriškumo tendenciją (Magill, 2007). AK rodo absoliutų nuokrypį nuo reikiamo taikinio (šiuo atveju nuo reikiamos 20% izometrinės jėgos) dydžio. Skaičiuojant KK dydį buvo kreipiamas dėmesys į algebrinius ženklus (+ / -). Šios klaidos buvo skaičiuojamos pagal formulę:

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

čia  $x_i$  — atliktas IS (N·m); T — taikinio dydis, reikiamos izometrinės jėgos dydis (20% MVJ); n — susitraukimų skaičius; vertikalūs skliausteliai (| ) reiškia, kad vidurkis buvo skaičiuojamas nekreipiant dėmesio į algebrinius ženklus (+ / -).

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

čia  $x_i$  — atliktas IS (N·m); KKvid. — konstantinių klaidų vidurkis; n — susitraukimų skaičius (20 IS); skliausteliai ( ) reiškia, kad vidurkis buvo skaičiuojamas kreipiant dėmesį į algebrinius ženklus (+ / -).

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

čia  $x_i$  — atliktas IS (N·m); T — taikinio dydis, reikiamos izometrinės jėgos dydis (20% MVJ), n — susitraukimų skaičius; skliausteliai ( ) reiškia, kad vidurkis buvo skaičiuojamas kreipiant dėmesį į algebrinius ženklus (+ / -).

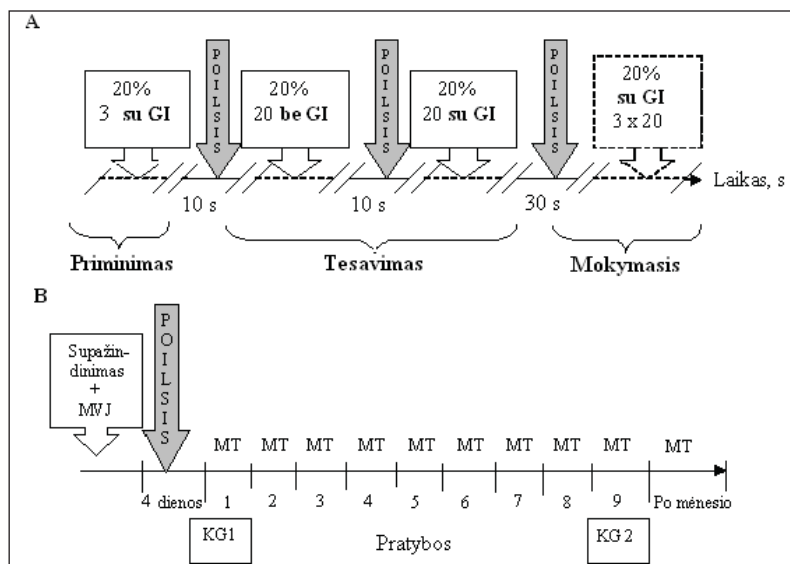
Norėdami apskaičiuoti, kiek procentų pagerėjo ar pablogėjo tikslumas ir stabilumas, skaičiavome išmokimo dydį (%):

$$\text{Išmokimo dydis} = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \times 100,$$

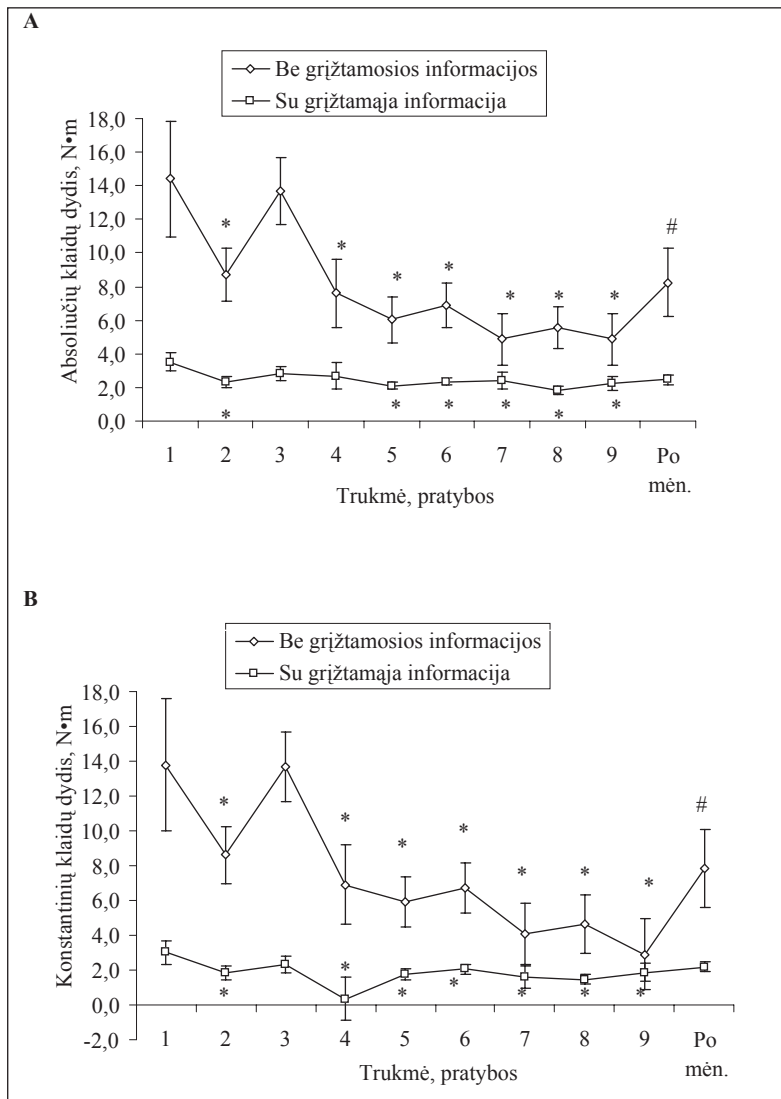
čia  $x_1$  — pirmų pratybių IS rezultato vidurkis (N·m);  $x_2$  — paskutinių pratybių IS rezultato vidurkis (N·m).

**Matematinė statistika.** Buvo skaičiuojami rodiklių aritmetiniai vidurkiai ( $\bar{x}$ ) ir vidutinis standartinis nuokrypis (s). Poveikio efektas tarp amžiaus bei skirtingų klaidų ir pratybių matavimų buvo nustatomas naudojant dviejų veiksmų dispersinę analizę. Jeigu buvo nustatoma, kad poveikis statistiškai reikšmingas, kartotiniams lyginimams apskaičiuoti taikytas *Post hoc* testas ir Bonferonio

1 pav. Tyrimo protokolas



**Pastaba.** A — vienų pratybių eiga; B — viso eksperimento eiga. MT — mokymas ir testavimas; KG1 — kontrolinės grupės pirmas testavimas; KG2 — kontrolinės grupės antras testavimas; GI — grįžtamoji informacija; MVJ — maksimalioji valinga jėga.



2 pav. Absoliučiu (A) ir konstantinių klaidų (B) kaita atliekant izometrinius susitraukimus su grįžtamąja informacija ir be jos

**Pastaba.** \* —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas skirtumas, palyginus su pirmomis pratybomis; # —  $p < 0,01$  statistiškai reikšmingas skirtumas, palyginus 9 pratybas su pratybomis po mėnesio.

korekcija. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai  $p < 0,05$ . Skaičiavimai atlikti naudojant *Microsoft® Office Excel 2003* ir *SPSS13 for Windows* programas.

## REZULTATAI

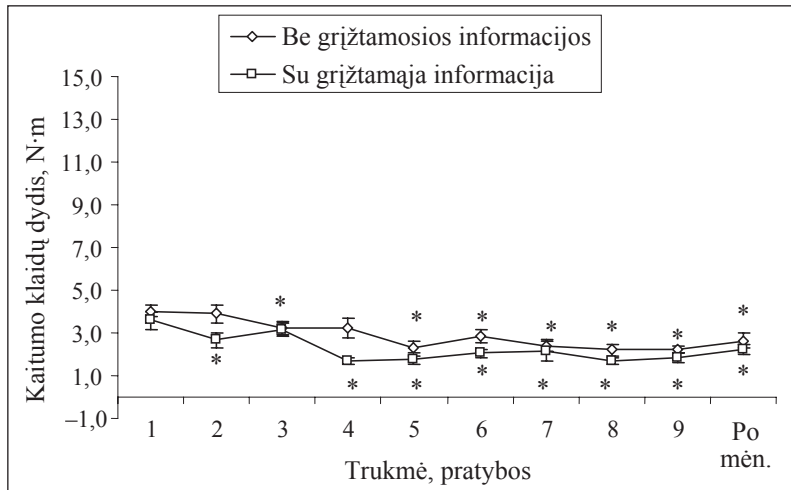
Prieš tyrimą buvo išmatuota dešinės rankos MVJ. Prieš tyrimą eksperimentinės grupės (EG) MVJ siekė  $91,7 \pm 16,7$  N•m, kontrolinės (KG) —  $100,2 \pm 14,1$  N•m. Pagal išmatuotą MVJ skaičiavime 20% jėgą (EK —  $18,4 \pm 3,2$  N•m; KG —  $20,1 \pm 2,8$  N•m), pagal kurią tiriamieji per 9-erias pratybas turėjo atlikti GTIS tiek su GI, tiek be jos.

Atlikta dviejų veiksnių kartotinių bandymų dispersinė analizė parodė, kad: AK, KK, KaK reikšmės pagal grįžtamosios informacijos veiksnį ir pagal pratybas skiriasi statistiškai reikšmingai ( $p < 0,01$ ). Pagal kartotinius bandymus be GI AK, KK, KaK reikšmės skiriasi statistiškai reikšmingai

( $p < 0,01$ ) ir pradeda nesiskirti ( $p > 0,05$ ) nuo 5 pratybų (2, 3 pav.). Su GI AK ir KK reikšmės pagal kartotinius bandymus statistiškai reikšmingai skiriasi tik po pirmų pratybų ( $p < 0,01$ ), o KaK statistiškai reikšmingai ( $p < 0,01$ ) skiriasi iki 4—5 pratybų.

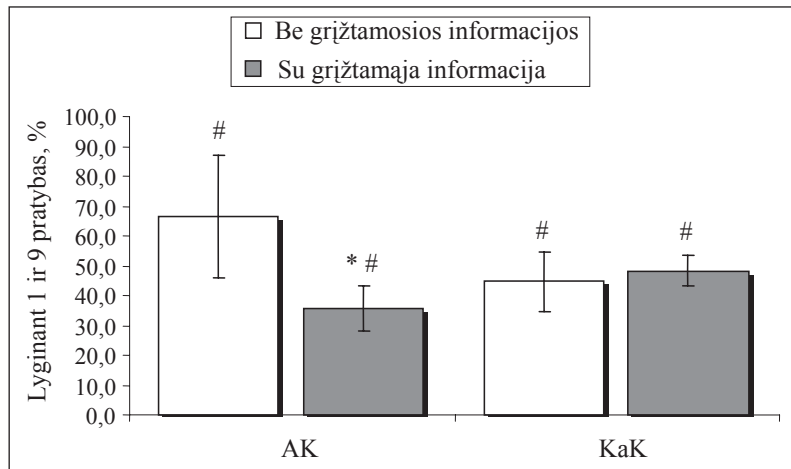
Per 9 pratybas labiausiai sumažėja AK ( $p < 0,01$ ), kada atliekama be GI nei su ja (2 pav.). KaK vidurkių reikšmės tiek su GI, tiek be jos pakito vienodai (Be GI —  $44,6 \pm 9,8\%$ ; Su GI —  $48,3 \pm 5,2\%$ ,  $p < 0,01$ ). Atliekant GTIS su GI didžiausias sumažėjimas AK ( $34,4 \pm 6,9\%$ ) ir KaK ( $25,8 \pm 10,5\%$ ) ( $p < 0,01$ ) pastebimas po pirmų pratybų, ir tai sudarė didesnę dalį nei pusę viso pagerėjimo per 9 pratybas (4 ir 5 pav.). Toliau AK ( $9 \pm 0,2\%$ ) ir KaK ( $35 \pm 0,3\%$ ) atliekant su GI, mažėjo ( $p < 0,01$ ) iki penktų ir iki paskutinių pratybų nebemažėjo ( $p > 0,05$ ). Panašiai rodė ir kontrolinės grupės rezultatai (6 pav.) — suteikus GI statistiškai patikimai pagerėjo tiek AK, tiek KaK ( $p < 0,01$ ).

3 pav. Kaitumo klaidų kaita atliekant izometrinis susitraukimus su grįžtamąja informacija ir be jos



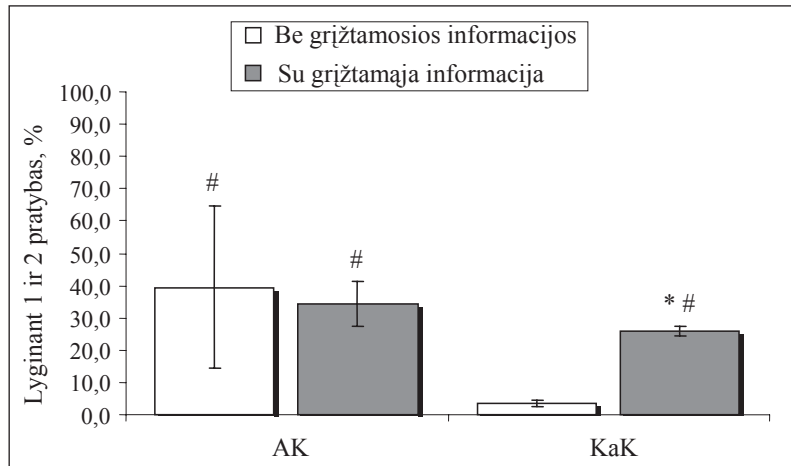
Pastaba. \* —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas skirtumas, palyginus su pirmomis pratybomis.

4 pav. Eksperimentinės grupės tiriamųjų absoliučių (AK) ir kaitumo klaidų (KaK) išmokimo dydis per 9-erias pratybas



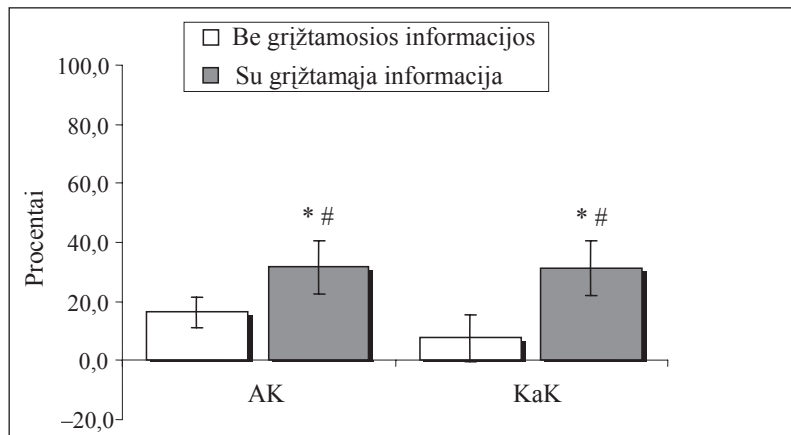
Pastaba. \* —  $p < 0,01$ , palyginus rodiklius su GI ir be jos; # —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas rezultato prieaugis.

5 pav. Eksperimentinės grupės tiriamųjų absoliučių (AK) ir kaitumo klaidų (KaK) išmokimo dydis per pirmas pratybas



Pastaba. \* —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas skirtumas, palyginus rodiklius su GI ir be jos; # —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas rezultato prieaugis.

6 pav. Kontrolinės grupės pirmų ir antrų pratybų rezultatų skirtumo palyginimas



Pastaba. \* —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas skirtumas tarp rodiklių atliekant pratimus be GI; # —  $p < 0,01$ , statistiškai reikšmingas rezultato prieaugis.

Atliekant GTIS be GI po pirmų pratybų sumažėjo AK ( $39,4 \pm 25,2\%$ ,  $p < 0,01$ ), o KaK išliko tokios pačios ( $3,4 \pm 10,0\%$ ,  $p > 0,05$ ). KaK sumažėjimas pastebimas tik po antrų pratybų ( $20,0 \pm 0,3\%$ ,  $p < 0,01$ ). Per kitas trejas pratybas AK sumažėjo  $31,0 \pm 1,4\%$ , o KaK —  $31,7 \pm 0,3\%$  ( $p < 0,01$ ). Nuo 5 pratybų iki 9 AK dar sumažėjo  $19,3\% \pm 1,5\%$ , o KaK nebekito ( $p > 0,05$ ). Nesuteikiant GI kontrolinės grupės rezultatai statistiškai patikimai nepagerėjo ( $p > 0,05$ ) (6 pav.).

Be to, nustatėme, kad po mėnesio pertraukos KaK išlieka tokios pat kaip ir po mokymosi ( $p > 0,05$ ) (3 pav.). AK suteikus GI taip pat nepakito, o nesuteikus GI — vėl padidėjo ( $p < 0,01$ ) (2 pav.).

## REZULTATŲ APTARIMAS

Šiuo tyrimu norėta išsiaiškinti, kaip kinta GTIS tikslumas ir stabilumas mokymosi metu, nes ankstesniu tyrimu (Kavaliauskienė ir kt., 2009) nustatėme, kad izometrinių susitraukimų tikslumas reikšmingai pagerėja net po 5 kartojimų. Tyrimo pagrindiniai rezultatai parodė, kad: a) mokymosi metu labiausiai pagerėjo tikslumas, atliekamas be GI (apie 70%); b) izometrinio susitraukimo stabilumas pagerėjo apie 35–40% nepriklausomai nuo to, ar buvo testuojama su GI ar be jos; c) po mokymosi praėjus 1 mėnesiui, tikslumas išliko tik susitraukimus atliekant su GI, o stabilumas sumažėjo atliekant tiek su GI, tiek be jos; d) izometrinių balistinių susitraukimų tikslumas ir stabilumas kinta pagal mokymosi dėsnį — per 1–2 pratybas išmokstama apie 50%. Tyrimo duomenys patvirtino hipotezę, kad 9-erios mokymosi pratybos padidins izometrinių susitraukimų tikslumą bei stabilumą ir kad pirmosios pratybos labiausiai veikia mokymąsi.

Atliekant naują pratimą būtina susiformuoti naujus įgūdžius, kad užduotis būtų atlikta kuo tiksliau, todėl labai svarbus grįžtamasis ryšys. Jis suteikia informacijos apie atliktą veiksmą ir padeda atlikti korekciją veiksmo metu arba juo pasinaudojama būsimam veiksmui atlikti. Atliekant pratimus su GI, padidėja nervų ir raumenų sistemos galimybė pasinaudoti sensorine grįžtamąja informacija iš regos receptorių (Seidler et al., 2004), ir tai lemia užduoties koregavimą paties izometrinio susitraukimo metu. Proprioreceptinė informacija leidžia atlikti korekciją judesio metu, kai judesys trunka ilgiau nei 150 ms (Magill, 2007). Mūsų tyrimo metu reikiama 20% raumens susitraukimo jėgą tiriamieji pasiekdavo be GI per  $0,16 \pm 0,08$  s,

o su GI — per  $0,15 \pm 0,06$  s ( $p > 0,05$ ). Tiriamiesiems nebuvo leidžiama atlikti korekcijos paties susitraukimo metu. Veiksmą jie turėjo atlikti kuo tiksliau — IS turėjo būti atliekamas greitai, vienu izometrinio raumens įtempimu, t. y. kad tiriamieji išmoktų pajusti reikiama raumenų įtempimą. Taigi vaizdine grįžtamąja informacija tiriamieji galėjo pasinaudoti tik matydami atliktą veiksmą ir ją panaudoti atlikdami kitą IS. Mūsų tyrimo metu, tiriamiesiems atliekant GTIS su vaizdine grįžtamąja informacija, tikslumas ir stabilumas jau pirmose pratybose buvo didesnis nei atliekant be jos. Taigi GI pagreitino tiriamųjų greitų ir tikslų IS išmokimą. Kaip teigia kai kurie autoriai (Scott, 2004), be grįžtamosios informacijos neįmanomas joks judesių mokymosi procesas. Labai greitų judesių, kurie trunka apie 100 ms, tikslumas priklauso nuo judėjimo programos tikslumo, nes dėl trumpo laiko nespėjama koreguoti judesio. Tokiu atveju judesiai darosi tikslesni dėl „eferentinės kopijos“, kada galvos smegenyse sukuriama būsimo judesio vaizdas (Gallistel, 1980).

Suteikiant GI, izometriniai raumens susitraukimai jau po pirmų mokymosi pratybų daug tiksliau atliekami, šis pagerėjimas siekia beveik pusę išmokimo, palyginus su 9 pratybomis. Tai patvirtina F. A. Christou su bendraautoriais (2007), A. Floyer-Lea ir P. M. Matthews (2004, 2005) gautus rezultatus. F. A. Christou ir kt. (2007) ištyrė rodomojo piršto izometrinio susitraukimo (trukmė — 150 ms) tikslumo ir stabilumo kaitą atliekant 100 kartojimų (5 s pertraukos tarp kartojimų) su GI. Gauti rezultatai parodė, kad tikslumo ir stabilumo pagerėjimas pastebimas po 35 kartojimų ir jis siekė 64%. A. Floyer-Lea ir P. M. Matthew (2004, 2005) ištyrė nykščio raumens izometrinį jėgos spaudimo tikslumą su GI atlikdami 10 serijų (serija — 4 kartojimai po 8 s, poilsis 3 s). Ankstyvojoje mokymosi fazėje (per 1 pratybas) didžiausias mokymosi prieaugis pastebėtas po 1 serijos ir gerėjo iki 4 (tikslumas ir stabilumas sumažėjo iki 36%). Vėlyvojoje mokymosi fazėje (per 15 pratybų) užduoties atlikimas pagerėjo 34%. A. Floyer-Lea ir P. M. Matthew (2005) teigia, kad skirtingose mokymosi fazėse yra aktyvuojamos skirtingos smegenų sritys.

Mūsų tyrimo duomenys parodė, kad kaitumo klaidos sumažėjo po pirmų pratybų, bet joms stabilizuotis prireikė 5 pratybų. Taigi, norint kad susitraukimai būtų atliekami stabiliai tiksliai, reikia ilgiau mokytis.

Labai įdomu, kaip vyksta mokymosi procesas, kuomet nesuteikiama GI, nes užduoties atlikimas

nesuteikiant GI yra geriausias mokymosi proceso išraiškos rezultatas. Nesuteikiant GI, tikslumas pirmose pratybose buvo labai prastas, ir tiriamieji negebėjo pajusti reikiamos 20% jėgos. Izometrinė susitraukimo jėga buvo aukščiau 0 reikšmės ( $+13,8 \pm 3,8 \text{ N}\cdot\text{m}$ ). Tačiau jau po pirmų pratybų tikslumo išmokimo dydis ( $39,4 \pm 25,2\%$ ) buvo beveik toks pat kaip ir atliekant su GI (3 pav.). Mūsų tyrimo metu atliekant GTIS be GI tikslumo išmokimui užteko 4 pratybų, po kurių tiriamieji tiksliau atliko užduotį net ir nesuteikiant GI. Mūsų duomenys atitinka P. Hluštik ir bendraautorių (2004) gautuosius. Jie per 15 pratybų tyrė, kaip kinta mokymosi tikslumas trim viduriniais pirštais spaudžiant klaviatūros klavišus užrištomis akimis. Autoriai pastebėjo, kad labiausiai mokymasis išryškėjo pradinėje fazėje, t. y. per pirmas dvi pratybas. Šis pagerėjimas siekė 30%, ir tai sudarė beveik pusę viso išmokimo, nes po 15 pratybų užduoties atlikimas pagerėjo  $64 \pm 15\%$ . Kai mokymosi pradžioje tikslumas yra prastas, galima daryti išvadą, kad tokiu atveju pats mokymosi procesas bus veiksmingesnis. Tai patvirtina pagrindinį judesių mokymosi dėsnį: „kuo mažiau pradžioje moki, tuo daugiau išmoksi per kiekvieną pamoką“ (Roessingh, Hilburn, 2000).

Labai įdomūs rezultatai gauti išanalizavus stabilumo kaitą be GI atliekant KaK, kurios dažnai apibrėžiamos kaip sensomotorinės sistemos stabilumo rodiklis (Beers et al., 2004). Atlikto tyrimo metu stabilumas pradėjo mažėti tik nuo 2 iki 5 pratybų ( $p > 0,05$ ), tačiau jos statistškai patikimai nesiskyrė nuo GTIS su GI. Taigi mokymosi stabilumo GI neveikia. Anot A. M. Newell ir D. M. Corcos (1993), stabilumas pagerėja dėl motorinio įgūdžio išmokimo. Atliekant GTIS be GI, per pirmas pratybas pagerėjo tikslumas, tik vėliau pasireiškė stabilumas.

Naujų judesių įgūdžiai formuojasi pagal pažinimo, asociacinę ir automatizavimo fazes. Kaip teigia autoriai, judesių atlikimo nestabilumas yra didžiausias pirmoje fazėje, kurios metu vyksta tam tikri smegenų žievės sričių (motorinės, premotorinės, sensorinės ir kt.), bazalinių ganglijų, smegenėlių funkciniai ir struktūriniai pokyčiai, judesiai atliekami neveiksmingai, reikalauja daug nervinių pastangų (Magill, 2007). Antroje fazėje — veiksmingiau ir mažiau apie jį galvojant, nes susidaro ryšiai (asociacijos) tarp atskirų centrinės nervų sistemos dalių. Mažiausias trečioje — automatizacijos fazėje, kuomet judesiai atliekami automatiškai ir stabiliai (Newell, Corcos, 1993). Naujų įgūdžių susiformavimas, šiuo atveju tikslesnio izometrinio

susitraukimo atlikimas, lemia naujos motorinės programos susikūrimą, o nuo motorinės programos sudarymo tikslumo priklauso agonistų, sinergetų, antagonistų, rankų ir kojų raumenų koordinacija, kuri padeda geriau ir tiksliau atlikti judesį (Wolpert, 2007). Pagal izometrinių judesių mokymosi AK, Ka ir KK mažėjimą galima daryti išvadą, kad pažinimo fazė truko trumpiausiai — pakako pirmų pratybų, per kurias išmokimas siekė 50%. Asociacinė prasidėjo po pirmų pratybų ir tęsėsi iki 4—5, o automatizmas pasireiškė jau po 4—5, kuomet visos klaidos stabilizavosi. Taigi, norint kad GIRS būtų atliekami kuo tiksliau, pakanka ir 4—5 pratybų, o kitos pratybos reikalingos išmoktiems įgūdžiams sutvirtinti.

Norėdami išsiaiškinti, ar tikrai reikia 9 pratybų, kad GTIS būtų atliekami tikslesni ir stabilesni net ir be GI suteikimo, atlikome tyrimą su kontroline grupe. Ji atliko tokią pačią užduotį kaip ir eksperimentinė, tik ne per 9 pratybas, o per dvi. Per pirmas — kartu su EG, o antros buvo po 17 dienų. Tyrimo rezultatai parodė, kad atliekant pratybas su GI tikslumas ir stabilumas pagerėja antrą kartą pakartojus tyrimą. Šis pagerėjimas susijęs su įeinančios ir atgamintos ankstesnės informacijos, kuri padėjo prisiminti (dėl vaizdinės grįžtamosios informacijos) (Krakauer, Shadmehr, 2006), ryšiu. Bet atliekant pratimus be GI — tikslumas nepagerėjo.

O kaip ilgai išlieka išminktų įgūdžių susiformavimas? Kartojant tyrimą po mėnesio, GI padeda prisiminti, kaip atlikti, nes jau yra susiformavusi nauja motorinė programa. O kai atliekama be GI, po mėnesio pratimai atliekami stabiliai, bet netiksliai. Motorinė, pirminė motorinė ir parietalinė (angl. *parietal*) žievės sritys yra aktyviausios, kai po ilgo laiko tarpo reikia atlikti išminktą judesį. Teigiama, kad nuo šių žievės sričių priklauso ilgalaikis išsaugojimas atmintyje (Savion-Lemieux, Penhune, 2005).

## IŠVADOS

Izometrinių susitraukimų tikslumas ir stabilumas atliekant pratimus su GI pakito panašiai dėl mokymosi: per pirmas pratybas tiriamieji išmoko daugiau nei per kitas ir atmintyje išliko po mėnesio. Atliekant susitraukimus be grįžtamosios informacijos, daugiau pakito tikslumas nei stabilumas. Be to, po keturių savaičių poilsio izometriniai susitraukimai atliekami stabiliai, bet netiksliai.

## LITERATŪRA

- Baraduc, P., Lang, N., Rothwell, J. C., and Wolpert, D. M. (2004). Consolidation of dynamic motor learning is not disrupted by Rtms of primary motor cortex. *Current Biology*, 14, 252—256.
- Beers, R. J., Haggard, P., Wolpert, D. M. (2004). The role of execution noise in movement variability. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1050—1063.
- Christou, E. A., Poston, B., Enoka, J. A., Enoka, R. M. (2007). Different neural adjustments improve endpoint accuracy with practice in young and old adults. *Journal of Neurophysiology*, 97, 3340—3350.
- Floyer-Lea, A., Matthews, P. M. (2004). Changing brain networks for visuomotor control with increased movement automaticity. *Journal of Neurophysiology*, 92, 2405—2412.
- Floyer-Lea, A., Matthews, P. M. (2005). Distinguishable brain activation networks for short- and long-term motor skill learning. *Journal of Neurophysiology*, 94, 512—518.
- Gallistel, C. R. (1980). The organization of action: A new synthesis. In *Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates*. P. 166—209.
- Hannay, H. J. (1986). *Experimental Techniques in Human Neuropsychology*. Oxford University Press, Inc.
- Hluštík, P., Solodkin, A., Nolla, D. C., Small, S. L. (2004). Cortical plasticity during three-week motor skill learning. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 21 (3), 1—11.
- Imamizu, H., Miyauchi, S., Tamada, T. et. al. (2000). Human cerebellar activity reflecting an acquired internal model of a new tool. *Nature*, 403, 192—195.
- Kaelin-Lang, A., Luft, A. R., Sawaki, L. et al. (2002). Modulation of human corticomotor excitability by somatosensory input. *Journal of Physiology*, 540, 623—633.
- Kavaliauskienė, E., Skurvydas, A., Stanislovaitienė, J. ir kt. (2009). Grįžtamosios informacijos įtaka rankomis atliekant greitus tikslus izometrinius susitraukimus 20% jėga. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (73), 52—58.
- Krakauer, J. W., Shadmehr, R. (2006). Consolidation of motor memory. *Trends in Neurosciences*, 29 (1), 58—64.
- Magill, R. A. (2007). *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*. New York: McGraw-Hill.
- Maquet, P., Schwartz, S., Passingham, R., Frith, C. (2003). Sleep-related consolidation of a visuomotor skill: Brain mechanisms as assessed by functional magnetic resonance imaging. *The Journal of Neuroscience*, 23, 1432—1440.
- Newell, A. M., Corcos, D. M. (1993). *Variability and Motor Control*. Human Kinetics Publishers.
- Poston, B., Enoka J. A., Enoka, R. M. (2008 a). Endpoint accuracy for a small and a large hand muscle in young and old adults during rapid, goal-directed isometric contractions. *Experimental Brain Research*, 187 (3), 373—85.
- Poston, B., Van Gemmert, A. W. A., Barduson, B., Stelmach, G. E. (2008 b). Movement structure in young and elderly adults during goal-directed movements of the left and right arm. *Brain and Cognition*, Doi, 10, 1016.
- Roessingh, J. J. M., Hilburn, B. G. (2000). The Power Law of Practice in adaptive training applications. *National Aerospace Laboratory: NLR-TP-308*.
- Savion-Lemieux, T., Penhune, V. B. (2005). The effects of practice and delay on motor skill learning and retention. *Experimental Brain Research*, 161, 423—431.
- Scott, S. H. (2004). Optimal feedback control and the neural basis of volitional motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 5 (11), 1110—1111.
- Seidler, R. D. (2004). Multiple motor learning experiences enhance motor adaptability. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 65—73.
- Takahashi, C. D., Nemet, D., Rose-Gottron, C. M. et al. (2006). Effect of muscle fatigue on internal model formation and retention during reaching with the arm. *Journal of Applied Physiology*, 100, 695—706.
- Ungerleider, L. G., Doyon, J., Karni, A. (2002). Imaging brain plasticity during motor skill learning. *Neurobiology Learning Memory*, 78, 553—564.
- Vaillancourt, D. E., Mayka, M. A., Corcos, D. M. (2006). Intermittent visuomotor processing in the human cerebellum, parietal cortex, and premotor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 95, 922—931.
- Walker, M. P., Brakefield, T., Hobson, J. A., Stickgold, R. (2003). Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*, 425, 616—620.
- Wolpert, D. M. (2007). Probabilistic models in human sensorimotor control. *Human Movement Science*, 26 (4), 511—524.



# THE EFFECT OF SLOW LEARNING ON DYNAMICS OF ACCURACY AND STABILITY OF MEN'S MANUAL SPEED-ACCURACY ISOMETRIC CONTRACTIONS

Edita Kavaliauskienė, Albertas Skurvydas, Jūratė Stanislovaitienė, Aleksas Stanislovaitis, Nerijus Masiulis

*Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania*

## ABSTRACT

The aim of this study was to examine the effect of slow learning on dynamics of accuracy and stability of men's manual speed-accuracy isometric contractions.

The subjects in this study were healthy physically active right-handed men divided into the: experimental ( $n = 8$ ;  $21.3 \pm 0.5$  years of age (mean  $\pm$  standard deviation),  $182.4 \pm 6.5$  cm height,  $73.1 \pm 5.7$  kg body mass) and control ( $n = 8$ ;  $21.4 \pm 0.6$  years of age (mean  $\pm$  standard deviation),  $184.0 \pm 3.8$  cm height,  $74.5 \pm 3.9$  kg body mass) groups. The experiment was carried out using isokinetic dynamometer "Biodex System Pro 3". Subjects performed the task with the right (dominant) hand, which was identified by Olfield questionnaire (Hannay, 1986). For testing each participant was seated on the chair of isokinetic dynamometer with the backrest angle at  $90^\circ$ . Movement was performed as in isometric contraction when elbow joint angle was  $80^\circ$ . Four days prior to the experiment, subjects were given instructions how to perform speed-accuracy isometric contractions (SAIC), they also were allowed to familiarize with the procedure and their maximal was computed 20% MVC force. The experiment was performed after four days of rest. The subjects performed 20 speed-accuracy isometric contractions (SAIC) with visual feedback (VF) and 20 without VF. We provided each participant with verbal encouragement and visual feedback showing them the gradation of force on the monitor of isokinetic dynamometer. The experimental group (EG) repeated the same test during nine practice sessions (three times a week) and after a month's interval. Control group (CG) performed the same task as the EG. The only difference was that in the case of CG the experiment comprised 2 practical sessions instead of 9 sessions.

The results of the research showed that there occurred a most marked improvement of accuracy approximately by 70% whilst learning accuracy of SAIC performed without FI. There was an improvement of 35–40% in the stability of isometric contractions performed both with and without. One month after learning the same accuracy remained only in the case of SAIC performed with, whereas a decrease in stability was recorded both in the case of SAIC performed with and without. Changes in the accuracy and stability of isometric ballistic contractions took place according to a definite law of learning, i. e. approximately 50% of skills being acquired during practice sessions 1–2.

Owing to learning, the accuracy and stability of isometric contractions performed with changed in a similar way — the subjects learnt more during the first practice session compared to the subsequent ones and the skills learnt were retained even after a month's interval. There occurred greater changes in accuracy than in stability in the case of isometric contractions being performed without.

**Keywords:** motor learning, isometric contraction, accuracy, stability, feedback.

Gauta 2010 m. kovo 24 d.  
Received on March 24, 2010

Priimta 2010 m. gegužės 31 d.  
Accepted on May 31, 2010

Edita Kavaliauskienė  
Lietuvos kūno kultūros akademija  
(Lithuanian Academy of Physical Education)  
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas  
Lietuva (Lithuania)  
Tel +370 37 302674  
E-mail e.kavaliauskiene@lkka.lt