ŠUOLIŲ ATLIKIMO TIKSLUMO IR STABILUMO KAITA MOKYMOSI METU

Edita Lingytė, Albertas Skurvydas, Jūratė Kudirkaitė, Kazimieras Pukėnas, Tomas Venckūnas, Viktoras Šilinskas, Raminta Sakalauskaitė

Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

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

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — ištirti, kaip mokomasi judesių stabilumo ir tikslumo 9 pratybų metu atliekant vertikalius 30% maksimalaus aukščio šuolius.

Buvo tiriami nesportuojantys fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 8$), kurių amžius — $20,3 \pm 0,7$ metų, ūgis — $182,0 \pm 3,5$ cm, kūno svoris — $77,5 \pm 9,1$ kg. Tiriamieji 3 savaites (3 kartus per savaitę) mokėsi tiksliai atlikti 30% maksimalaus aukščio šuolius ant KISTLER tenzoplokštės. Šuoliai buvo atliekami be rankų mosto (rankos laikomos ant klubų), amortizuojamai pritūpus per kelių sąnarius iki 90° kampo, liemuo — vertikaliai padėties. Po lėkimo fazės nusileidžiant, kelio sąnarys buvo maždaug 180° kampu. Likus 4 dienoms iki tyrimo, tiriamieji supažindinti su jo eiga ir pamokyti taisyklingai atlikti vertikalius maksimalaus pajėgumo šuolius. Kiekvienos mokymosi dienos pratybų pradžioje buvo atliekami 3 šuoliai maksimaliomis pastangomis, ir pagal geriausią rezultatą nustatomas 30% šuolio aukštis. Per vienerias šuolių mokymosi pratybas buvo atliekami 100 30% maksimalaus aukščio šuolių. Po paskutinio pašokimo praėjus 3 min, vėl buvo atliekami 3 maksimalių pastangų šuoliai.

Rezultatai parodė, kad tiriamųjų kiekvienos dienos maksimalus šuolio aukštis, išmatuotas prieš pratybas ir po jų, išliko nepakitęs ($p > 0,05$). Palyginus pirmų ir paskutinių pratybų absoliučias ir kaitumo klaidas, nustatytas statistiškai patikimas skirtumas ($p < 0,05$) — devintoje šuolių mokymosi pratyboje tiriamiesiems atliekant 30% maksimalaus aukščio šuolius nustatyti mažiausi kaitumo ir absoliučių klaidų dydžiai. Per 9 pratybas labiausiai pakito kaitumo klaidos, skirtumas nuo pirmų pratybų — $34,4 \pm 0,2\%$. Per pirmas pratybas atliekant pirmus 10 šuolių nustatytos didžiausios absoliučių ir kaitumo klaidų reikšmės, lyginant su kitų serijų šuoliais ($p < 0,05$).

Taigi galima daryti išvadą, kad mokymasis kuo tiksliau atlikti 30% maksimalaus aukščio šuolius sumažina pašokimo kaitumo ir absoliučių klaidų dydį. Vidiniai modeliai, padedantys tiksliai atlikti judesius, susidaro jau po 10 šuolių.

Raktažodžiai: judesių mokymasis, vertikalūs šuoliai, vidiniai modeliai.

IVADAS

Judesių išmokimas priklauso nuo: pratybų išdėstymo (Lee, Genovese, 1989; Wulf, Shea, 2002), jų kiekio (Korman et al., 2003), instruktavimo aiškumo (Shapiro, Schmidt, 1982; Magill, Hall, 1990), dėmesio sukoncentravimo (McCullagh et al., 1989; Jeannerod, 1994), grįžtamosios informacijos suteikimo trukmės, rūšies ir dažnumo (Salmoni et al., 1984; Shmidt, 1991).

Judesių mokymasis apibūdinamas kaip pastangos tiksliai ir stabiliai įvairiomis sąlygomis atlikti judesį, pavyzdžiui, važiuoti dviračiu (Mattar,

Gribble, 2005). Motorinė sistema prisitaiko prie naujos dinaminės aplinkos sukurdamą vidinius modelius, kurie tarsi numato raumenų jėgą, reikalingą kuo efektyviau atlikti judesį (Takahashi et al., 2006). Šie modeliai susikuria ne iš karto (Shadmehr, Mussa-Ivaldi, 1994). Besimokant gerėja judesių atlikimo tikslumas ir tolygumas (Shadmehr, Wise, 2005). Judesių mokymosi tyrimai daugiausia vyksta tiriamiesiems atliekant rankų judesius (Mattar, Gribble, 2005; Bays, Wolpert, 2006; Cothros et al., 2006). Neaptikome darbų,

nagrinėjančių judesių mokymąsi atliekant nustatyto aukščio vertikalūs šuolius.

Buvo iškeltos dvi hipotezės. Pirma, daroma prielaida, kad mokymasis kuo tiksliau atlikti 30% maksimalaus aukščio šuolius sumažins pašokimo į nurodytą aukštį kaitumo (rodo judesio kaitumą ir stabilumą) ir absoliučių (rodo judesio tikslumą) klaidų dydį. Antra, manome, kad vidiniai modeliai, padedantys tiksliai atlikti judesius, susidarys atlikus 10–20 šuolių.

Tyrimo tikslas — ištirti, kaip mokomasi judesių stabilumo tikslumo 9 pratybių metu atliekant vertikalūs 30% maksimalaus aukščio šuolius.

TYRIMO METODIKA

Tiriamieji. Buvo tiriami jauni fiziškai aktyvūs vyrai ($n = 8$), kurių amžius ($\bar{x} \pm SD$) — $20,3 \pm 0,7$ metų, ūgis — $182,0 \pm 3,5$ cm, kūno svoris — $77,5 \pm 9,1$ kg. Tiriamieji, likus 4 dienoms iki tyrimo, buvo supažindinami su būsimo eksperimento eiga ir pamokyti, kaip taisyklingai atlikti maksimalaus intensyvumo šuolius.

Šoklumo testavimas. Tiriamieji po 10 minučių lėto bėgimo atliko maksimalaus intensyvumo vertikalūs šuolius, amortizuojamai pritūpdami per kelių sąnarius iki 90° kampo ir liemenį laikydami vertikalią. Šuolio metu rankos buvo ant klubų. Po lėkimo fazės nusileidžiant, kelio sąnarys buvo maždaug 180° kampu. Šuoliai buvo atliekami ant KISTLER tenzoplokštės (*BioWare Performance Software Version 3.0 Type 2812A2-3. Operating Instruction. Kistler Instrumente AG Winterthur*). Šuolio aukštis (h) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$h = \frac{g \times t_p^2}{8} = 1,226 \times t_p^2,$$

čia: g — laisvojo kritimo pagreitis ($9,81 \text{ m/s}^2$); t_p — šuolio lėkimo fazės trukmė (s).

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

Absoliučios klaidos suteikia informacijos apie klaidos dydį, rodo judesių tikslumą. Jos buvo apskaičiuojamos pagal formulę:

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

čia: x_i — šuolio aukštis (cm); T — 30% maksimalaus aukščio šuolis (MAŠ) (cm); n — bandymų skaičius; vertikalūs skliausteliai ($| |$) reiškia, kad juose esanti reikšmė visada buvo laikoma teigiama.

Absoliučios klaidos rodo absoliutų nuokrypį nuo reikiamo šuolio aukščio. Pvz.: jei tiriamajam reikia stengtis atlikti 30% MAŠ (12 cm), o jis pašoka 14,5 cm, tai absoliutus nuokrypis lygus 2,5 cm. Arba, jei pašoka 9 cm, tai absoliutus nuokrypis lygus 3 cm.

Kaitumo klaidos (šuolių stabilumo) buvo apskaičiuojamos pagal formulę:

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

čia: x_i — šuolio aukštis (cm); M — šuolių aukščio vidurkis (cm); n — bandymų skaičius.

Kaitumo klaidos rodo šuolių atlikimo kintamumą, nesuderinamumą arba, atvirkščiai, judesių atlikimo nuoseklumą (darnumą), stabilumą (Schmidt, Lee, 1999; Magill, 2006).

Tyrimo organizavimas. Likus 4 dienoms iki tyrimo, tiriamieji buvo supažindinami su tyrimo eiga ir pamokyti taisyklingai atlikti vertikalūs maksimalaus pajėgumo šuolius. Po 4 dienų tiriamieji 3 savaites (3 kartus per savaitę) mokėsi tiksliai atlikti 30% maksimalaus aukščio šuolius. Per vienerias pratybas buvo atliekami 100 30% MAŠ. Vienerių pratybių eiga (1 pav.):

- 10 min pramankšta (lėtas bėgimas, kai pulso dažnis 120–130 tv. / min).
- 3 maksimalių pastangų šuoliai (intervalai tarp šuolių — 20 s), pagal geriausią tos dienos rezultatą nustatomas 30% šuolio aukštis.
- Pailsėjus 3 min atliekama 100 30% MAŠ, gaunant žodinę grįžtamąją informaciją apie ką tik atlikto šuolio aukštį. Poilsis tarp šuolių — 5 s. Tiriamajam atlikus tikslų šuolį (30% MAŠ),

1 pav. Šuolio aukščio tikslumo mokymosi protokolai

t. y. pasiekus $\pm 0,4$ m reikiamo aukščio, jis pagiriamas (pvz., „šaunuolis“, „labai gerai“).

- Po 3 min atliekami 3 maksimalių pastangų šuoliai (poilsis tarp šuolių — 20 s), registruojamas geriausias rezultatas.

Matematinė statistika. Išanalizavus tyrimo duomenis, apskaičiuotas aritmetinis vidurkis ($\bar{x}$), vidutinis standartinis nuokrypis (s), skirtumo tarp vidurkių statistinis patikimumas (p), procentinė rezultatų kaita. Skirtumo tarp aritmetinių vidurkių reikšmingumas buvo nustatomas pagal dvipusį priklausomų imčių Stjudento t kriterijų. Skirtingų veiksmų rezultatų reikšmingumui įvertinti taikyta dviejų veiksmų dispersinė analizė. Skirtumas statistiškai reikšmingas, kai $p < 0,05$. Naudojant SPSS programų paketą, atlikta dviejų lygių kartotinių bandymų (pagal testų dienas ir šuolių serijas) (10 serijų po 10 šuolių ir 4 serijos po 25 šuolius)) analizė.

REZULTATAI

Tyrimo rezultatai parodė, kad kiekvienos dienos maksimalus šuolio aukštis, išmatuotas prieš pratybas ir po jų, nepasikeitė ($p > 0,05$) (2 pav.).

Per 9 pratybas kaitumo klaidos sumažėjo $34,4 \pm 0,2\%$, absoliučios — $29,3 \pm 0,3\%$ ($p < 0,01$) (3 pav.). Kaitumo klaidos sumažėjo reikšmingai daugiau nei absoliučios ($p < 0,05$).

Palyginus 100 30% MAŠ absoliučias ir kaitumo klaidas per 9 pratybas, didžiausias skirtumas nustatytas tarp pirmų ir antrų pratybų rodiklių ($p < 0,05$). Kaitumo klaidos po pirmos dienos sumažėjo $18,2 \pm 6,5\%$ ($p < 0,05$), absoliučios — $13,2 \pm 10,1\%$ ($p < 0,05$) (4 pav.). Kaitumo klaidos sumažėjo reikšmingai daugiau nei absoliučios ($p < 0,05$).

Absoliučios klaidos mažėjo priklausomai nuo mokymosi dienos ($p < 0,001$). Palyginus pirmų ($1,2 \pm 0,4$ cm) ir paskutinių ($0,9 \pm 0,2$ cm) pratybų absoliučias klaidas, aptiktas statistiškai patikimas skirtumas ($p < 0,05$). Devintą dieną tiriamiesiems atliekant 30% MAŠ, nustatytas mažiausios absoliučių klaidų reikšmės. Pirmos pratybos labiausiai paveikė šuolio aukščio tikslumą (5 pav.).

Kaitumo klaidos taip pat mažėjo priklausomai nuo mokymosi dienos ($p < 0,001$). Palyginus pirmų pratybų 100 šuolių kaitumo klaidas su kitų pratybų rodikliais, nustatytas statistiškai patikimas skirtumas ($p < 0,01$). Jau antrų pratybų metu tiriamieji šuolius atliko darydami statistiškai patikimai mažiau kaitumo klaidų nei pirmą dieną ($p < 0,01$). Mažiausios kaitumo klaidos nustatytos 9-ą pratybų metu ($1,0 \pm 0,3$ cm), didžiausios — 1-ą ($1,6 \pm 0,9$ cm) (6 pav.).

Suskirsčius atliktus šuolius į 10 serijų (viena serija — 10 šuolių) matyti, kad pirmose pratybose absoliučios ($24,5 \pm 15,6\%$) ir kaitumo

2 pav. Maksimalaus aukščio šuolio rodiklių kaita per 9 pratybas prieš šuolių mokymąsi ir po jo

3 pav. 100 30% maksimalaus aukščio šuolių absoliučių ir kaitumo klaidų vidutinės reikšmės per 9 pratybas

4 pav. 100 30% maksimalaus aukščio šuolių absoliučių ir kaitumo klaidų skirtumo reikšmės per 9 pratybas

5 pav. 100 30% maksimalaus aukščio šuolių absoliučių klaidų reikšmės per 9 pratybas

6 pav. 100 30% maksimalaus aukščio šuolių kaitumo klaidų reikšmės per 9 pratybas

($42,3 \pm 10,3\%$) klaidos labiausiai sumažėjo po pirmų 10 šuolių ($p < 0,05$). Pirmose pratybose tiriamieji antrus 10 šuolių ($1,0 \pm 0,1$ cm) jau atliko tiksliau nei pirmus 10 ($2,0 \pm 0,3$ cm) ($p < 0,05$). Kaitumo klaidos pirmose pratybose taip pat labiausiai sumažėjo po pirmų 10 šuolių (nuo $2,5 \pm 0,2$ iki $1,1 \pm 0,1$ cm; $p < 0,05$). Visose kitose pratybose statistškai patikimo skirtumo tarp šuolių serijų rodiklių neaptikta ($p > 0,05$) (7 pav.). Atliktų pratybų skaičiaus ir šuolių serijų absoliučių klaidų ryšys buvo statistškai reikš-

mingas ($p < 0,05$), kaitumo — nereikšmingas ($p > 0,05$).

Palyginus pirmų ir paskutinių pratybų rodiklius matyti, kad tikslų šuolių (atliktų < 1 cm nuokrypiu) statistškai patikimai padaugėjo ($p < 0,05$), netikslų (atliktų > 3 cm nuokrypiu) — sumažėjo ($p < 0,01$). Šuolių, kurie buvo atlikti 1—3 cm nuokrypiu, skaičius statistškai patikimai nekito 3 savaičių šuolių mokymosi laikotarpiu ($p > 0,05$) (8 pav.). Taigi, tiriamiesiems atlikus 100 30% MAŠ, šuolių tikslumas pagerėjo.

7 pav. 100 30% MAŠ pirmų ir paskutinių pratybų absoliučių (AK) ir kaitumo klaidų (KK) reikšmės 10 serijų atžvilgiu (serija — po 10 šuolių)

8 pav. 100 30% maksimalaus aukščio šuolių pirmų ir paskutinių pratybų absoliučių klaidų palyginimas

REZULTATŲ APTARIMAS

Tyrimo rezultatai parodė, kad: a) per 9 pratybas reikšmingai pagerėjo šuolių stabilumas ir tikslumas; b) šuolių stabilumas pagerėjo reikšmingiau nei tikslumas; c) didžiausi pokyčiai pastebimi per pirmų pratybų pirmus 10 šuolių.

Ar atliekant daugkartinius 30% maksimalaus šuolio aukščio šuolius pasireiškia raumenų nuovargis? J. D. Lawther (1977) atlikti tyrimai parodė, kad nedidelio raumenų nuovargio metu judesio atlikimo tikslumas pablogėja, bet mokymosi efektyvumas nepakinta. Tačiau didelis raumenų nuovargis judesių mokymąsi padaro mažiau efektyvų. Po kiekvienos dienos šuolių mokymosi pratybų matavome maksimalų šuolio aukštį, kurį palyginome su tos pačios dienos prieš mokymąsi išmatuotu. Šuolio aukštis po mokymosi galėjo sumažėti dėl atsirandančio nuovargio, tačiau gauti rezultatai parodė, kad maksimalių pastangų šuolio aukštis prieš 100 30% MAŠ ir po jų nesiskyrė (2 pav.). Tai rodo, kad atliekant 100 30% MAŠ di-

delis nuovargis, kuris galėtų sumažinti mokymosi efektyvumą, nepasireškia.

Ar per 9 pratybas pagerėja 30% MAŠ tikslumas ir stabilumas? Tiriamieji, mokydamiesi atlikti tikslius šuolius, buvo informuojami apie atlikto šuolio aukštį. Grįžtamosios informacijos suteikimas lėmė spartesnį šuolių mokymąsi (Mickevičienė ir kt., 2006).

D. M. Wolpert ir kt. (2001) nurodo, kad pagrindinis judesių mokymosi tikslas yra pagerinti judesio atlikimo stabilumą. Rodiklių kaitumas rodo sensomotorinės sistemos nestabilumą (Newell, Corcos, 1993; Beers et al., 2004). Taigi kuo mažesnis judesio kaitumas, tuo judesys stabilesnis. Tyrimo metu šuolių nestabilumą rodė kaitumo klaidos, kurios po mokymosi patikimai sumažėjo (3 pav.). Jau per antras pratybas tiriamiesiems atliekant šuolius nustatytos statistškai patikimai mažesnės kaitumo klaidų reikšmės nei pirmą dieną. Mažiausios kaitumo klaidų reikšmės nustatytos per paskutines, didžiausias — per pirmas pratybas (6 pav.). Kai kurie autoriai (Beers

et al., 2004) pabrėžia, kad net išmoktas judesys atliekamas šiek tiek skirtingai, tad tikėtis kaitumo išnykimo nereikia.

Išmokimą tiksliau atlikti šuolius parodė netikslų šuolių (atliktų > 3 cm nuokrypiu) skaičiaus ryškus sumažėjimas ir tikslų (atliktų < 1 cm nuokrypiu) padaugėjimas (8 pav.). Šuolių atlikimo tikslumą taip pat parodė ir absoliučių klaidų sumažėjimas (5 pav.). Taigi galima teigti, kad po 9 šuolių mokymosi pratybų pagerėjo šuolių tikslumas ir stabilumas, t. y. tiriamieji išmoko tiksliau atlikti 30% MAŠ. Daugkartinis šuolių atlikimas lėmė šuolių kaitumo klaidų mažėjimą.

Ar šuolių mokymosi metu susidarė nauji vidiniai modeliai? Kai motorinė sistema prisitaiko prie naujos dinamiškos aplinkos, galvos smegenų motorinėje žievėje susikuria vidiniai modeliai, kurių dėka centrinė nervų sistema valdo jutimą, leidžiantį atlikti judesį kuo tiksliau (Shadmehr, Mussa-Ivaldi, 1994; Imamizu et al., 2000; Takahashi et al., 2006). Atlikto tyrimo metu ne tik po pirmų, bet ir po dešimties mokymosi pratybų tiriamieji tiksliau atliko šuolius (7 pav.). Taigi

mokymosi metu pirmi 10 šuolių daugiausia lemia mokymosi eigą. Jų metu tiriamieji išmoka „dozuoti“ kojų raumenų jėgą, norėdami tiksliai atliktų 30% MAŠ. Tyrimo rezultatai iš dalies prieštarauja kitų autorių (Okano et al., 2000; Korman et al., 2003) teiginiui — norint kad judesys būtų atliktas kuo tiksliau, reikia nemažai laiko. Gana tikslūs šuolius mūsų tiriamieji atliko jau po 10 kartojimų. Taigi galima teigti, kad stengiantis atlikti kuo tikslesnius šuolius prisitaikoma prie naujos dinamiškos aplinkos, ir tai lemia naujų vidinių modelių susidarymą.

IŠVADOS

Šuolių stabilumas ir tikslumas atliekant pirmus 10 šuolių padidėja panašiai kaip ir toliau atliekant 890 šuolių. Tikėtina, kad per labai trumpą laikotarpį (atliekant 10 šuolių) galvos smegenyse susidaro vidiniai modeliai, leidžiantys kur kas stabiliau ir tiksliau atlikti gana paprastą judesį — 30% maksimalaus aukščio šuolį iš vietos.

LITERATŪRA

- Bays, P. M., Wolpert, D. M. (2006). Action and consequences in bimanual interaction are represented in different coordinate systems. *Journal of Neuroscience*, 26 (26), 7121—7126.
- Beers, R. J., Haggard, P., Wolpert, D. M. (2004). The role of execution noise in movement variability. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1050—1063.
- Cothros, N., Wong, J. D., Gribble, P. L. (2006). Are there distinct neural representations of object and limb dynamics? *Experimental Brain Research*, 173, 689—697.
- Imamizu, H., Miyauchi, S., Tamada, T. et al. (2000). Human cerebellar activity reflecting an acquired internal model of a new tool. *Nature*, Vol. 403, 192—195.
- Jeannerod, M. (1994). The timing of natural prehension. *Journal of Motor Behavior*, 16, 201—211.
- Korman, M., Raz, N., Flash, T., Karni, A. (2003). Multiple shifts in the representation of a motor sequence during the acquisition of skilled performance. *PNAS: Neuroscience*, Vol. 100, 21, 12492—12497.
- Lawther, J. D. (1977). *The Learning and Performance of Physical Skills*. Second Edition. Prentice-Hall Inc.: Englewood Cliffs, N. J.
- Lee, T. D., Genovese, E. D. (1989). Distribution of practice in motor skill acquisition: Different effects of discrete and continuous tasks. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 59—65.
- Magill, R. A., Hall, K. G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241—289.
- Magill, R. A. (2006). *Motor Learning and Control: Concepts and Applications*. McGraw-Hill International edition.
- Mattar, A. A., Gribble, P. L. (2005). Motor learning by observing. *Neuron*, 46, 153—160.
- McCullagh, P., Weiss, M. R., Ross, D. (1989). Modeling considerations in motor skill acquisition and performance: An integrated approach. In K. Pandolf (Ed.), *Exercise and Sport Science Reviews* (Vol. 17, pp. 475—513). Baltimore: Williams and Wadkins.
- Mickevičienė, D., Skurvydas, A., Drebulys, G. ir kt. (2006). Grįžtamosios informacijos ir judesio kaitumo ryšys atliekant šuolius į aukštį iš vietos 50% maksimalios jėgos intensyvumu. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 2 (61), 25—31.
- Newell, K. M., Corros, M. C. (1993). *Variability and Motor Control*. Human Kinetics. P. 499.
- Okano, H., Hirano, T., Balaban, E. (2000). Learning and memory. *PNAS*, Vol. 97, 23, 12403—12404.
- Salmoni, A. W., Schmidt, R. A., Walter, C. B. (1984). Knowledge of results and motor learning: A review and critical appraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355—386.
- Schmidt, R. A. (1991). Frequent augmented can degrade learning: Evidence and interpretations. In J. Requin and G. E. Stelmach (Eds.), *Tutorials in Motor Neuroscience* (pp. 59—75). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D. (1999). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Human Kinetics.
- Shadmehr, R., Mussa-Ivaldi, F. A. (1994). Adaptive representation of dynamics during learning of a motor task. *Journal of Neuroscience*, Vol. 14, 5, 3208—3224.

- Shadmehr, R., Wise, S. P. (2005). The Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning. MIT Press xviii + 575 pp.
- Shapiro, D. C., Schmidt, R. A. (1982). The schema theory: Recent evidence and development implications. In J. A. S. Kelso and J. E. Clark (Eds.), *The Development of Movement Control and Co-ordination* (pp. 113—150). New York: Wiley.
- 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.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., Flanagan, J. R. (2001) Perspectives and problems in motor learning. *TRENDS in Cognitive Sciences*, Vol. 5, 11, 487—494.
- Wulf, G., Shea, C. H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9 (2), 185—211.

DYNAMICS OF JUMP PERFORMANCE ACCURACY AND STABILITY IN LEARNING PROCESS

Edita Lingytė, Albertas Skurvydas, Jūratė Kudirkaitė, Kazimieras Pukėnas, Tomas Venckūnas, Viktoras Šilinskas, Raminta Sakalauskaitė

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The aim of the study was to examine the motor learning process of jumping accuracy and stability (30% of maximal jump height) performance.

Eight non-athletic males (19—21 years of age, 182.0 ± 3.5 cm height, 77.5 ± 9.1 kg body mass) learned for 3 weeks (3 times a week) to perform accurate counter-movement vertical jumps (30% height of maximum jump) on a Kistler tensoplate. Four days before the learning program, the subjects were given instructions how to perform jumping, and they were allowed to familiarize with the procedure and to try maximal jumps. While jumping, the subjects kept their arms akimbo, trunk as straight as possible, bent knees to 90 degrees before the beginning of the propulsion phase, and landing with straight legs. Before each training session, after a proper warm-up, the subjects performed 3 maximum effort jumps (20 s of rest in between them) to estimate 30% maximal jump height value. Then 100 accurate (30% of maximal jump height) jumps were made with 5 seconds of rest in between. After each jump, the subjects were given verbal feedback of the height of the jump. In 3 min of the last (100 th) accuracy jump, the subjects repeated 3 maximum effort jumps.

There were no statistically significant differences in maximal jump height before and after each learning session ($p > 0.05$). Both absolute and variable errors were significantly decreased after the learning program ($p < 0.05$). Jump accuracy was significantly increased at the last training session compared to the first day of training. The first 10 jumps of the first workout were performed least accurately and with most variability.

In conclusion, motor learning increases accuracy and decreases variability of jumps performed at 30% of maximal jump height. Internal model is most likely to be acquired during the first 10 jumps.

Keywords: motor learning, vertical jumps, internal models.

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

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

Edita Lingytė
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302674
E-mail ledita3@yahoo.com