

ŠUOLIO AUKŠTIS RODO KOJŲ TIESIAMŪJŲ RAUMENŲ STAIGIĄJĄ JĖGĄ: MITAS AR TIKROVĖ?

Kazimieras Muckus, Ginas Čižauskas
Lietuvos kūno kultūros akademija, Kaunas, Lietuva

Kazimieras Muckus. Profesorius habilituotas biomedicinos mokslų daktaras. Lietuvos kūno kultūros akademijos Sporto biomechanikos, informatikos ir inžinerijos katedros vedėjas. Mokslinių tyrimų kryptys — biomechaninių sistemų kūrimas, tyrimas ir tobulinimas; sportininkų ir neįgaliųjų fizinių gebėjimų biomechaninis tyrimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — remiantis teorinėmis prielaidomis ir eksperimentų rezultatais įrodyti, kad šoklumas kaip fizinis gebėjimas gali pasireikšti dvejopai. Vienais atvejais sportininkui svarbu aukštai šokti, nekreipiant dėmesio į tai, kiek laiko trunka šuolis, kitais gi atvejais jam svarbu tą patį aukštį pasiekti kaip galima greičiau. Pirmu atveju svarbus šuolio aukštis, kurį lemia atsispjimo jėgos impulsas. Antru — svarbi šuolio trukmė, kuri priklauso nuo dinaminės jėgos, o nuo šios — judesio trukmė.

Ištirta 14 Lietuvos rankinio jaunių rinktinės narių. Tiriamieji ant jėgos plokštės atliko po tris šuolius be amortizavimo pritūpimo, kai keliai sulenkti 90° kampu. Vertinome atsispjimo trukmę t_{ats} , lėkimo ore trukmę t_{lek} , greitį atitrūkimo nuo atramos momentu v_0 , kūno masės centro (MC) didžiausią pakilimą nuo pradinės padėties (h_{MC}), vidutinę atsispjimo jėgą (F_{vid}), absoliučiąją dinaminę jėgą $(dF/dt)_{maks}$ ir santykinę dinaminę jėgą (R). Parodyta, kad h_{MC} geriausiai koreliuoja su v_0 ir t_{ats} — atitinkamai $r = 0,78$; $p < 0,001$ ir $r = 0,62$; $p < 0,001$.

Tyrimo rezultatai patvirtina teorinę prielaidą, kad h_{MC} priklauso nuo v_0 . Geras koreliacinis ryšys tarp h_{MC} ir t_{ats} paremia teorinę prielaidą, kad h_{MC} turi būti tuo didesnis, kuo ilgiau veikia jėga ir įgyjamas didesnis vertikalusis greitis atsispjimo momentu. h_{MC} koreliacinis ryšys su $(dF/dt)_{maks}$ artimas nuliui, bet šiek tiek neigiamas ($r = -0,12$). Šie rezultatai patvirtina prielaidą, kad tarp dinaminės jėgos ir šuolio aukščio gali būti pastebima netgi atvirkštinė priklausomybė. Tarp $(dF/dt)_{maks}$ ir t_{lek} labai silpnas koreliacinis ryšys ($r = 0,29$). Didžiausia koreliacijos koeficiento reikšmė ($r = -0,83$) pastebima tarp F_{vid} ir t_{ats} . Šie tyrimų duomenys patvirtina mūsų teiginį, kad norint pasiekti tą patį aukštį greičiau, reikia didinti atsispjimo jėgą ir mažinti atsispjimo trukmę. $(dF/dt)_{maks}$ ir R geriausiai koreliuoja su atsispjimo trukme ($r = -0,57$; $p < 0,001$). Šie duomenys patvirtina teiginį, kad šuolio trukmė priklauso nuo dinaminės jėgos.

Teorinėmis prielaidomis pagrindžiant mūsų ir kitų autorių tyrimų duomenis galima teigti, kad: a) šuolio aukštis nepriklauso nuo dinaminės jėgos, bet priklauso nuo jėgos impulso; b) šuolio trukmė priklauso nuo dinaminės jėgos; c) šoklumas kaip žmogaus fizinis gebėjimas turi būti apibūdinamas ne tik šuolio aukščiu, bet ir šuolio greičiu. Šios dvi kokybiškai skirtingos šoklumo ypatybės parodo skirtingas greitumo ir jėgos ypatybes; d) šoklumą kaip kompleksinį žmogaus fizinį gebėjimą geriausiai vertinti santykinę šuolio galia.

Raktažodžiai: šoklumas, staigioji jėga, vertikalus šuolis.

ĮVADAS

Šoklumas svarbus daugelio sportininkų (krepšinininkų, tinklininkų, tenisininkų ir kt.) fizinis gebėjimas. Įvairūs šaltiniai šoklumą apibrėžia šiek tiek skirtingai (*Sporto terminų žodynas*, 1996; *Enciklopedinis žodynas*, 2005; LKŽe, 2005). Šoklumas gali būti apibūdinamas kaip gebėjimas aukštai ar greitai šokinėti.

Skiriami 4 pagrindiniai žmogaus fiziniai gebėjimai — jėga, greitumas, ištvermė ir lankstumas (Донской, Зациорский, 1979). Bet kuris fizinis gebėjimas yra matuojamas fizikiniais dydžiais (Muckus, 2001). Šoklumas yra integralus fizinis gebėjimas, priklausantis nuo kitų — jėgos, greitumo,

koordinacijos (Aragon-Vargas, Gross, 1997; Kollias et al., 2001; Tomioka et al., 2001). Galima teigti, kad gebėjimas aukštai pašokti ir gebėjimas greitai pašokti — dvi kokybiškai skirtingos šoklumo ypatybės. Vienais atvejais sportininkui svarbu aukštai šokti, nekreipiant dėmesio į tai, kiek laiko trunka šuolis (šuoliai į aukštį, į tolį, į vandenį), kitais gi atvejais jam svarbu tą patį aukštį pasiekti greičiau už varžovą (krepšinis, tinklinis, futbolas). Gebėjimas aukštai pašokti matuojamas šuolio aukščiu, o gebėjimas greitai atlikti šuolį — judesio (atsispjimo) trukme.

Šoklumas testuojamas įvairiais būdais. Dažniausiai sportininkui duodama užduotis pašokti

maksimaliai aukštai (aukštas šuolis). Šoklumo testavimas, įvertinant šuolio aukštį, yra labiausiai paplitęs. Retai tiriamajam užduodama pašokti maksimaliai aukštai ar maksimaliai greitai (Young et al., 1995, 1999). Literatūroje neteko sutikti kitų tyrėjų šoklumo testavimo pavyzdžių, kad sportininkui būtų užduodama pašokti į tam tikrą aukštį kaip galima greičiau (greitas šuolis).

Dauguma autorių, tyrinėjantių šoklumą, matuoja maksimalaus šuolio aukštį teigdami, kad šuolio aukštis priklauso nuo dinaminės (staigosios) jėgos (Kraemer, Newton, 1994; Haguenaer et al., 2005; Rudas, Skurvydas, 2005). Eksperimentiniai tyrimų duomenys yra labai prieštaringi — vieni autoriai randa gerą koreliacinį ryšį tarp staigosios jėgos ir šuolio aukščio (Young et al., 1999; Paasuke et al., 2001), kiti — kad šuolio aukštis nekoreliuoja su kojų raumenų staigiąja jėga (Young & Bilby, 1993; Kollias et al., 2001).

Taigi kyla klausimas, kokiais fizikiniais dydžiais matuoti šoklumą? Šuolio aukščiu ar šuolio trukme? Tai turėtų priklausyti nuo šuolio motyvo — atliekamas maksimaliai aukštas ar greitas šuolis. Nuo kokių kitų fizinių gebėjimų priklauso šuolio aukštis ir šuolio greitis (šuolio trukmė)?

Šio tyrimo tikslas parodyti, kad:

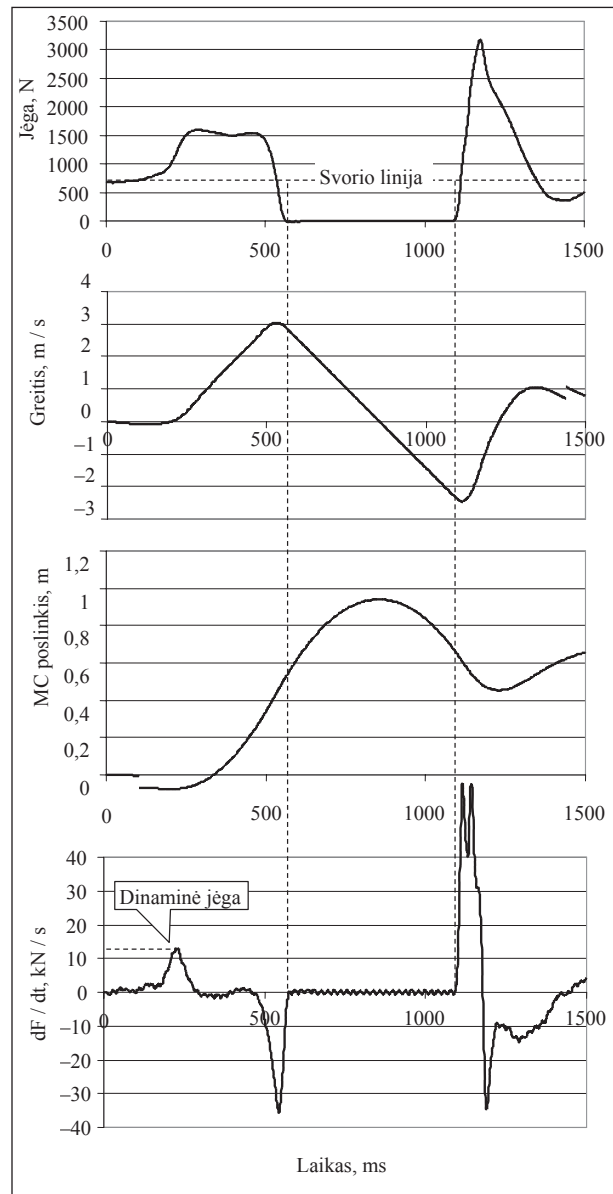
1. Šoklumą testuoti reikia priklausomai nuo motyvacijos (tirti šuolio aukštį ar šuolio trukmę).
2. Šuolio aukštis priklauso nuo jėgos impulso, bet nepriklauso nuo dinaminės jėgos.
3. Šuolio trukmė priklauso nuo dinaminės jėgos.

TYRIMO METODIKA

Šuolio be amortizuojamojo pritūpimo atlikimo metodika. Šis šuolių tipas buvo pasirinktas todėl, kad tik atliekant tokio tipo šuolius galima pamatuoti kojų tiesiamųjų raumenų jėgos įgijimo greitį (dinaminę jėgą). Atliekant šuolius su pritūpimu, sumuojasi raumenų tampriųjų ir kontraktolinių elementų jėga, o atskirti šias jėgas praktiškai neįmanoma.

Tiriamasis po 10 minučių lengvos pramankštos atlieka maksimaliai aukštą šuolį iš pradinės padėties pritūpus (keliai sulenkti 90° kampu), liečiuo vertikaliuos padėties, rankos ant klubų. Tiriamasis turi atlikti šuolį be tūptelėjimo. Kiekvienas tiriamasis atliko po tris šuolius. Pertrauka tarp šuolių — 30 sekundžių. Netiksliai atlikti šuoliai nebuvo vertinami.

Matavimai. Šuoliai buvo atliekami ant jėgos plokštės (dinamometrinis kompleksas



1 pav. Šuolio metu registruojama atramos reakcijos jėgos kreivė ir išvestiniai dydžiai — masės centro vertikalūs greitis, poslinkis, jėgos išvestinė (jėgos kitimo greitis)

MA-1). Registruojamiems signalams analizuoti naudota kompiuterinė įranga (Muckus, Kriščiukaitis, 1999). 1 paveiksle parodyta šuolio metu registruojama atramos reakcijos jėgos kreivė ir išvestiniai dydžiai — masės centro vertikalūs greitis, poslinkis, jėgos išvestinė (jėgos kitimo greitis). Taip pat vertinome atsispyrimo trukmę tats, lėkimo ore trukmę tlėk, masės centro (MC) didžiausią pakilimą nuo pradinės padėties (hMC), vidutinę atsispyrimo jėgą (Fvid), absoliučiąją dinaminę jėgą (dF / dt)maks ir santykinę dinaminę jėgą (R). Reikia pažymėti, kad atliekant šuolius iš pradinės padėties pritūpus, kūno masės centras yra žemiau, negu stovint, todėl hMC, nustatytas iš jėgos kreivės, visada didesnis už šuolio aukštį.

Tiriamieji. 1999 m. liepos mėnesį ištirta 14 Lietuvos rankinio jaunių rinktinės narių. Tiriamųjų ūgio aritmetinis vidurkis siekė $187,3 \pm 3,87$ cm, kūno masės — $77,1 \pm 7,62$ kg.

Matematinė statistika. Analizuodami duomenis naudojome programinį paketą *MS Office EXCEL 2000*.

REZULTATAI

Matuotų šuolio biomechaninių rodiklių reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

2 lentelėje galima matyti, kokie koreliaciniai ryšiai yra tarp nagrinėjamų biomechaninių rodiklių. Kaip matyti iš lentelėje pateiktų duomenų, kūno MC pakilimo aukštis h_{MC} geriausiai koreliuoja su v_0 ir t_{ats} , t. y. kuo didesnė atsispyrimo trukmė, tuo didesnis MC pakilimas.

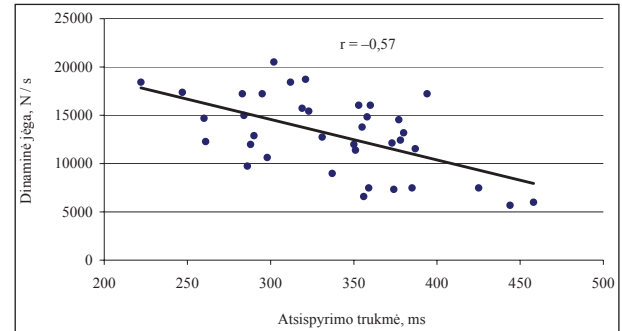
Kitas mūsų nagrinėjamas dydis — absoliučioji ir santykinė dinaminė jėga — geriausiai koreliuoja su atsispyrimo trukme: kuo didesnė dinaminė jėga, tuo greitesnis šuolis ($r = -0,57$; $p < 0,001$) (2 pav.). Tuo tarpu dinaminės jėgos koreliacinis ryšys su MC pakilimu artimas nuliui, bet šiek tiek neigiamas (3 pav.). Kai kurie autoriai teigia, kad šuolio aukštis parodo dinaminę kojų jėgą, ir šuolio aukštį matuoja iš lėkimo trukmės.

1 lentelė. Šuolio be amortizuojamojo pritūpimo biomechaninių rodiklių reikšmės

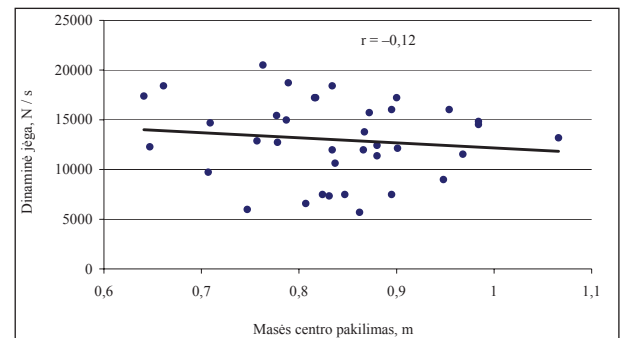
Rodiklis	Reikšmė
t_{ats} , ms	337 ± 54
$t_{lėk}$, ms	503 ± 23
v_0 , m / s	$2,62 \pm 0,14$
h_{MC} , m	$0,84 \pm 0,10$
F_{vid} , N	617 ± 122
$(dF / dt)_{maks}$, N / s	13004 ± 3990
R , I / s	$17,1 \pm 5,2$

Rodikliai	t_{ats}	$t_{lėk}$	v_0	h_{MC}	m	F_{vid}	$(dF / dt)_{maks}$	R
t_{ats}	1							
$t_{lėk}$	-0,14	1						
v_0	0,09	0,66	1					
h_{MC}	0,62	0,39	0,78	1				
m	-0,14	0,59	0,41	0,24	1			
F_{vid}	-0,83	0,50	0,25	-0,27	0,64	1		
$(dF / dt)_{maks}$	-0,57	0,29	0,28	-0,12	0,28	0,59	1	
R	-0,58	0,14	0,17	-0,21	0,02	0,46	0,96	1

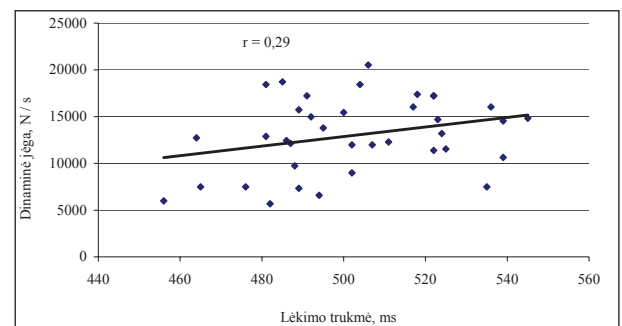
4 paveiksle matyti, kad tarp dinaminės jėgos ir lėkimo trukmės labai silpnas koreliacinis ryšys ($r = 0,29$). Didžiausia koreliacijos koeficiento reikšmė ($r = -0,83$) pastebima tarp F_{vid} ir atsispyrimo trukmės (2 lent.).



2 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp absoliučiosios dinaminės jėgos ir atsispyrimo trukmės



3 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp absoliučiosios dinaminės jėgos ir kūno masės centro pakilimo šuolio iš pradinės padėties pritūpus metu



4 pav. Koreliacinė priklausomybė tarp absoliučiosios dinaminės jėgos ir lėkimo trukmės

2 lentelė. Šuolio be amortizuojamojo pritūpimo biomechaninių rodiklių reikšmių koreliacijos koeficientai

REZULTATŲ APTARIMAS

Dauguma autorių nurodo, kad šoklumas yra integralus fizinis gebėjimas, priklausantis nuo kitų — jėgos, greičio, koordinacijos (Aragon-Vargas, Gross, 1997; Kollias et al., 2001; Tomioka et al., 2001).

Tyrimo tikslas — remiantis teorinėmis prielaidomis ir eksperimentų duomenimis įrodyti, kad šoklumas kaip fizinis gebėjimas gali pasireikšti dvejopai. Vienais atvejais sportininkui svarbu aukštai šokti, nekreipiant dėmesio į tai, kiek laiko trunka šuolis, kitais gi atvejais jam svarbu tą patį aukštį pasiekti kaip galima greičiau. Pirmu atveju svarbus šuolio aukštis, kurį lemia atsispyrimo jėgos impulsas. Antru — svarbi šuolio trukmė, kuri priklauso nuo dinaminės jėgos, o nuo šios — judesio trukmė (Muckus, 2001). Taigi šoklumas turi būti apibūdinamas ne tik šuolio aukščiu, bet ir jo trukme. Šoklumas apibūdinamas kaip kompleksinis žmogaus greičio ir jėgos gebėjimas (Young et al., 1999).

Šoklumas testuojamas įvairiais būdais, tačiau visais atvejais šoklumas vertinamas tik šuolio aukščiu, nekreipiant dėmesio į šuolio trukmę. Dauguma autorių, tyrinėjančių šoklumą, matuoja maksimalaus šuolio aukštį teigdami, kad šuolio aukštis priklauso nuo dinaminės (staigosios) jėgos (Kraemer, Newton, 1994; Haguenaer et al., 2005; Rudas, Skurvydas, 2005). Eksperimentiniai tyrimų duomenys yra labai prieštaringi — vieni autoriai randa gerą koreliacinį ryšį tarp staigosios jėgos ir šuolio aukščio (Young et al., 1999; Paasuke et al., 2001), kiti — kad šuolio aukštis nekoreliuoja su kojų raumenų staigiąja jėga (Young & Bilby, 1993; Kollias et al., 2001).

Dinaminė jėga matuojama atliekant maksimalų izometrinį susitraukimą, koncentrinį ar pliometrinį susitraukimą (Stone et al., 2005). Kadangi mes tyrėme dinaminės jėgos ryšį su šuolio biomechaniniais rodikliais, pasirinkome šuolį be amortizuojamojo pritūpimo, kurio metu galima matuoti kojų raumenų koncentrinio susitraukimo dinaminę jėgą.

Sportininko kūno ar sportinių įrankių judėjimą ore, nustojus veikti raumenų jėgai, lemia pradinis (atitrūkimo nuo atramos momentu) greitis v_0 ir aplinkos veikimo jėgos. Atliekant šuolį, oro pasipriešinimo jėgos yra labai mažos ir jų galima nepaisyti. Vertikaliai aukštyn mesto ar žemyn krintančio kūno pagreitis g lygus $9,81 \text{ m/s}^2$. Toliau kūno lėkimo aukštis h priklauso tik nuo verti-

kalaus greičio, kurį kūnas įgyja atitrūkdamas nuo atramos:

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \quad (1)$$

Norint sužinoti, kiek pasikeičia greitis veikiant jėgai, reikia žinoti, kaip ilgai veikė jėga. Jėgos ir jos trukmės sandauga vadinama jėgos impulsu S . Kai jėga yra pastovi, jėgos impulsas išreiškiamas taip:

$$S = Ft = mat = mv \quad (2)$$

Trumpalaikio jėgos poveikio atveju kūno judėjimo greitis tiesiai proporcingas jėgos impulsui S ir atvirkščiai proporcingas kūno masei m :

$$v_0 = S / m \quad (3)$$

Šuolio aukštyn atveju atsispyrimo jėgos impulsas gali būti išreiškiamas taip:

$$S = F_{vid} t_{at} \quad (4)$$

čia F_{vid} — vidutinė atsispyrimo jėga, t_{at} — atsispyrimo trukmė.

Dinaminė arba staigioji jėga apibrėžiama kaip jėgos įgijimo didžiausias greitis (Kraemer, Newton, 1994; Stone et al., WebSite). Dinaminė jėga neatskiriamai susijusi su pavienio judesio trukme (Muckus, 2001). Paprastai, didėjant dinaminei jėgai, mažėja judesio trukmė. Tačiau, kaip matyti iš (1), (3), (4) formulių, norint aukščiau pašokti, reikia didinti arba atsispyrimo jėgą, arba atsispyrimo trukmę. Norint pasiekti tą patį aukštį greičiau, reikia didinti atsispyrimo jėgą ir mažinti atsispyrimo laiką, t. y. didinti dinaminę jėgą. Nuo dinaminės jėgos šuolio aukštis gali menkai priklausyti. Teoriškai gali būti pastebima netgi atvirkštinė dinaminės jėgos ir šuolio aukščio priklausomybė, t. y. kuo didesnė dinaminė jėga, tuo mažesnis šuolio aukštis.

Kaip parodė mūsų tyrimai, kūno MC pakilimo aukštis h_{MC} geriausiai koreliuoja su v_0 ir t_{at} — atitinkamai $r = 0,78$; $p < 0,001$ ir $r = 0,62$; $p < 0,001$ (2 lent.). Tyrimo rezultatai patvirtina teorinę prielaidą (1 formulė), kad MC pakilimo aukštis priklauso nuo greičio atitrūkimo nuo atramos momentu. Geras koreliacinis ryšys tarp MC pakilimo aukščio ir atsispyrimo trukmės paremia teorinę prielaidą, kad MC pakilimas turi būti tuo didesnis, kuo ilgiau veikia jėga ir įgyjamas didesnis vertikalusis greitis atsispyrimo momentu.

h_{MC} koreliacinis ryšys su $(dF/dt)_{maks}$ artimas nuliui, bet šiek tiek neigiamas ($r = -0,12$) (3 pav.). Įdomu, kad atlikdami panašius tyrimus I. Kollias su bendraautoriais (2001) nustatė labai panašų koreliacijos koeficientą tarp šių dydžių ($r = -0,088$). Šie rezultatai patvirtina prielaidą, kad tarp dinaminės jėgos ir šuolio aukščio gali būti pastebima netgi atvirkštinė priklausomybė. Kai kurie autoriai šuolio aukštį matuoja iš lėkimo trukmės. 4 paveikslas rodo, kad tarp dinaminės jėgos ir lėkimo trukmės labai silpnas koreliacinis ryšys ($r = 0,29$). Priešingą rezultatą gavo W. Young su bendraautoriais (1999). Jie nustatė, kad tarp santykinės dinaminės jėgos ir šuolio aukščio pastebimas geras koreliacinis ryšys ($r = 0,67$). Norint paaiškinti tokį rezultatų skirtumą, reikia labai gerai įsigilinti į tyrimų metodikas ir jas palyginti. Deja, iš autorių pateiktų aprašymų tai sunku padaryti. Viena iš galimų priežasčių, kodėl kai kurie autoriai pastebi gerą koreliacinę priklausomybę tarp šuolio aukščio ir dinaminės jėgos, gali būti tiriamųjų grupės nehomogeniškumas. Mažai treniruoti tiriamieji, aišku, turės mažą kojų tiesiamųjų raumenų jėgą, mažą staigiąją jėgą, blogą kūno grandžių koordinaciją. Taigi jų šuolio aukštis ir šuolio greitis bus mažesnis už treniruotų tiriamųjų, o koreliacinė analizė rodys gerą dinaminės jėgos ir šuolio aukščio ryšį. Bet nereikia pamiršti, kad koreliacinis ryšys neparodo jo priežasties. Šio ryšio priežastį gali atskleisti tik funkcinė analizė.

Didžiausia koreliacijos koeficiento reikšmė ($r = -0,83$) pastebima tarp F_{vid} ir atsispyrimo trukmės (2 lent.). Šie tyrimų duomenys patvirtina mūsų teiginį, kad norint pasiekti tą patį aukštį greičiau, reikia didinti atsispyrimo jėgą ir mažinti atsispyrimo trukmę.

Kitas mūsų nagrinėjamas dydis — absoliučioji ir santykinė dinaminė jėga geriausiai koreliuoja su atsispyrimo trukme ($r = -0,57$; $p < 0,001$) (2 pav.). I. Kollias su bendraautoriais (2001) nustatė labai panašų koreliacijos koeficientą tarp šių dydžių ($r = -0,589$). Šie duomenys patvirtina teiginį, kad šuolio trukmė priklauso nuo dinaminės jėgos.

Atsižvelgiant į tai, kad gebėjimas aukštai pašokti ir gebėjimas greitai pašokti — dvi kokybiškai skirtingos šoklumo ypatybės, šoklumas turėtų būti vertinamas šuolio aukščiu ir šuolio trukme. Tačiau šoklumą bendrai galima vertinti vienu integraliu rodikliu — šuolio galia. Atliktas darbas vertinamas kaip potencinės energijos pokytis:

$$A = mgh_{MC},$$

o galia kaip darbas, atliktas per t_{ats} . Dar geriau naudoti santykinę galią — galią, tenkančią vienam masės kilogramui. Taigi santykinės galios išraiška bus tokia:

$$P = \frac{gh_{MC}}{t_{ats}}$$

Matome, kad šuolio galia priklauso nuo šuolio aukščio ir trukmės. Todėl, mūsų nuomone, šoklumas kaip kompleksinis fizinis gebėjimas turi būti vertinamas santykinė šuolio galia. Aišku, šuolio galią galima vertinti tik turint jėgos plokštę ir programinę įrangą jėgos kreivei analizuoti. Šiuo tikslu negalima naudoti kontaktinės plokštės, kuri tik labai apytikriai leidžia įvertinti šuolio aukštį ir atsispyrimo trukmę, o tuo labiau šuolio galią (Muckus, 2006). Visi kiti šoklumo vertinimo metodai, kaip matyti iš pateiktos analizės, yra labai spekuliatyvūs.

IŠVADOS

Teorinėmis prielaidomis pagrįsdami mūsų ir kitų autorių tyrimų duomenis galime teigti, kad:

1. Šuolio aukštis nepriklauso nuo dinaminės jėgos, bet priklauso nuo jėgos impulso.
2. Šuolio trukmė priklauso nuo dinaminės jėgos.
3. Šoklumas kaip žmogaus fizinis gebėjimas turi būti apibūdinamas ne tik šuolio aukščiu, bet ir šuolio greičiu. Šios dvi kokybiškai skirtingos šoklumo ypatybės parodo skirtingas greitumo ir jėgos (bet jokiū būdu ne greitumo jėgos) ypatybes.
4. Šoklumą kaip kompleksinį žmogaus fizinį gebėjimą geriausiai vertinti santykinė šuolio galia.

LITERATŪRA

Aragon-Vargas, L F., Gross, M. M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: differences within individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 45—65.
Enciklopedinis žodynas. (2005). Prieiga per internetą: <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Jumping>
 Haguenaer, M., Legreneur, P., Monteil, K. M. (2005). Vertical jumping reorganization with aging: a kinematic comparison between young and elderly men. *Journal of Applied Biomechanics*, 21, 236—246.

Kollias, I., Hatzitaki, V., Papaiakovou, G., Giatsis, G. (2001). Using principal components analysis to identify individual differences in vertical jump performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 (1), 62—67.

Kraemer, W. J., Newton, R. U. (1994). Training for improved vertical jump. *Sports Science Exchange*, 6, 53—57. Prieiga per internetą: <http://www.gssiweb.com/reflib/refs/26/d0000000200000067.cfm?pid=38>

- LKŽe. (2005). Prieiga per internetą: <http://www.lkz.lt>
- Muckus, K., Kriščiukaitis, A. (1999). Computer controlled system for psychomotoric reaction tests: evaluation of validity and reliability of parameters. *Biomedical engineering: proceedings of international conference* (pp. 142—145). Kaunas: KTU.
- Muckus, K. (2006). Šuolio iš vietos aukščio vertinimo skirtingais metodais palyginimas. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (60), 36—41.
- Muckus, K. (2001). *Žmogaus fizinių gebėjimų biomechanika: mokomoji priemonė*. Kaunas: LKKA.
- Paasuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H. (2001). Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41 (3), 354—361.
- Rudas, A., Skurvydas, A. (2005). Jaunesniojo mokyklinio amžiaus mergaičių šoklumo kaita per du mėnesius. *Ugdymas. Kūno kultūra. Sportas*, 1 (55), 43—48.
- Sporto terminų žodynas*. (1996). Parengė S. Stonkus. D. 1. Kaunas: LKKI. P. 675.
- Stone, M., Stone, M., Lamont, H. (2005). *Explosive Exercise*. Prieiga per internetą: http://www.coachesinfo.com/category/strength_and_conditioning/242
- Tomioka, M., Owings, T. M., Grabiner, M. D. (2001). Lower extremity strength and coordination are independent contributors to maximum vertical jump height. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 181—187.
- Young, W. B. and Bilby, G. E. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7, 172—178.
- Young, W. B., Pryor, J. F., Wilson, G. J. (1995). Effect of instruction on characteristics of countermovement jump and drop jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (4), 232—236.
- Young, W., Wilson, C., Byrne, C. (1999). Relationship between strength qualities and performance in standing and run-up vertical jumps. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39 (4), 285—293.
- Донской, Д., Зациорский, В. (1979). *Биомеханика*. Москва: Физкультура и спорт.

VERTICAL JUMP HEIGHT DEPENDS ON THE EXPLOSIVE FORCE OF THE LEGS EXTENSOR MUSCLES: MYTH OR REALITY?

Kazimieras Muckus, Ginas Čižauskas

Lithuanian Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

Jumping is a complex physical ability dependent on the main physical abilities — speed, strength, coordination. The aim of this study was to show that jumping ability has dual manifestation. In some cases athlete must perform high jump and it doesn't matter how much time the jump lasts. In other cases athlete must reach fixed height as quickly as possible. The jump height depends on propulsive force impulse, when the jump duration depends on the explosive force. 14 members of the Lithuanian juniors' handball national team had performed three vertical maximal squat jumps on the force plate. The following jump data were measured: take-off duration (TOD), flight time (FT), vertical velocity of the center of mass at the instant of take-off (VV), maximal vertical displacement of mass center computed from force-time curve (JH), mean propulsive force (MPF), explosive force — the maximal rate of force development (RFD) and relative explosive force (REF). It is showed that values of JH correlated significantly ($p < 0.001$) with VV ($r = 0.78$) and TOD ($r = 0.62$). The results of the study confirm theoretical presumptions that JH depends on VV. Presumption, that JH must be as high as long the force acts and as higher VV is at the instant of take-off, is based on relationship between JH and FT. Correlation coefficient between JH and RFD is negative and close to zero ($r = -0.12$). These results confirm presumption that even inverse dependence can be observed between explosive force and jump height. The relationship between RFD and FT is very tenuous ($r = 0.29$). The highest value of correlation coefficient is observed between MPF and TOD ($r = -0.83$). These findings sustain our proposition that the same jump height is achieved faster when propulsive force is higher and the time of take-off is shorter. TOD correlated significantly ($p < 0.001$) with RFD ($r = -0.57$) and REF ($r < -0.58$). These findings confirm that jump duration depends on explosive force.

According to theoretical presumptions we can maintain that: a) jump height does not depend on explosive force but on force impulse; b) jump duration depends on explosive force; c) jumping ability has to be defined as jump height and jump speed. These two qualitative different manifestations of the jumping describe different speed-strength qualities; d) jumping as complex physical ability is better evaluated by relative jump power.

Keywords: jumping ability, explosive force, squat jump.

Gauta 2006 m. vasario 7 d.
Received on February 7, 2006

Priimta 2006 m. gegužės 25 d.
Accepted on May 25, 2006

Kazimieras Muckus
Lietuvos kūno kultūros akademija
(Lithuanian Academy of Physical Education)
Sporto g. 6, LT-44221 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 37 302635
E-mail k.muckus@lkka.lt