

BĖGIMO PALENGVINTOMIS SĄLYGOMIS POVEIKIS SKIRTINGO MEISTRISKUMO SPORTININKŲ BĖGIMO TECHNIKAI

Danguolė Satkunskienė^{1,2}, Donatas Rauktys²

Kauno technologijos universitetas¹, Lietuvos kūno kultūros akademija², Kaunas, Lietuva

Danguolė Satkunskienė. Docentė socialinių mokslų daktarė. Lietuvos kūno kultūros akademijos Sporto edukologijos fakulteto dekanė, Kauno technologijos universiteto Inžinerinės mechanikos katedros vyresnioji mokslo darbuotoja. Mokslinių tyrimų kryptis — žmogaus judesių biomechanikos tyrimai, sportininkų techninio rengimo modeliavimas.

SANTRAUKA

Tyrimo tikslas — nustatyti bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikį skirtingo meistriskumo sportininkų bėgimo technikai. Tirtos trys didelio meistriskumo sportininkės, kurių 200 m bėgimo rezultatas buvo nuo 23,86 iki 25,33 s (amžius 20–26 m.; ūgis 167–173 cm; kūno masė 59–65 kg) ir trys mažesnio meistriskumo sportininkės, kurių 200 m bėgimo rezultatas — nuo 27,54 iki 27,68 s (amžius 13–15 m.; ūgis 168–171 cm; svoris 50–53 kg). Tiriamosios bėgo šešis kartus po 30 metrų iš vietos, bėgimą pradėdamos iš aukštos pradmės. Paskutinius tris kartus bėgikės buvo tempiamos standžia guma. Po kiekvieno bėgimo sportininkės ilsėjosi nuo 5 iki 7 minučių. Bėgimas buvo filmuojamas skaitmenine CANON XMI vaizdo kamera iš šono 20–30-ame bėgimo metre. Bėgimo technikos analizė atlikta naudojant specializuotą judesių analizės programą SIMI MOTION 2D. Apskaičiuota: atramos trukmė, žingsnio ilgis, bėgimo tempas, klubo sąnario momentinis kampas ir kampinis greitis viso ciklo metu. Buvo analizuojamas maksimalus šlaunies lenkimo kampas mosto metu, šlaunies kampas su vertikale kojos pastatymo bei atitraukimo momentu, maksimalusis šlaunies tiesimo greitis kojos pastatymo momentu ir maksimalusis šlaunies tiesimo greitis atramos metu.

Palyginus skirtingo meistriskumo sportininkų bėgimo kinematinis rodiklius bėgant natūraliai maksimaliuoju greičiu ir bėgant palengvintomis sąlygomis (tempiant standžia guma), buvo nustatyti statistiškai patikimi kinematinų rodiklių pokyčiai. Patikimai padidėjo mažesnio meistriskumo sportininkų bėgimo greitis (nuo $6,88 \pm 0,38$ iki $7,65 \pm 0,53$ m / s), bėgimo tempas (nuo $3,96 \pm 0,22$ iki $4,14 \pm 0,19$ žings. / s), žingsnio ilgis (nuo $1,74 \pm 0,09$ iki $1,84 \pm 0,08$ m) ir šlaunies tiesimo greitis kojos pastatymo ant atramos momentu (nuo $4,70 \pm 0,78$ iki $6,40 \pm 1,3$ rad / s); sumažėjo atramos trukmė (nuo $0,11 \pm 0,01$ iki $0,10 \pm 0,01$ s) ir šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos (nuo $31,39 \pm 4$ iki $27,35 \pm 2,6^\circ$). Patikimai padidėjo didesnio meistriskumo sportininkų bėgimo greitis (nuo $8,21 \pm 0,61$ iki $9,21 \pm 0,68$ m / s), žingsnio ilgis (nuo $1,94 \pm 0,06$ iki $2,14 \pm 0,07$ m) ir maksimalusis šlaunies tiesimo greitis atramos metu (nuo $9,63 \pm 0,4$ iki $10,43 \pm 0,5$ rad / s); sumažėjo atramos trukmė (nuo $0,11 \pm 0,01$ iki $0,09 \pm 0,02$ s) ir šlaunies lenkimo kampas mosto pirmyn metu (nuo $64,62 \pm 4$ iki $59,27 \pm 3,2^\circ$). Šlaunies kampinio judėjimo analizė leido pastebėti, kad palengvintų bėgimo sąlygų taikymas didesnio meistriskumo sprinterėms neturėjo reikšmingos įtakos labiausiai greitį limituojančiam bėgimo technikos elementui — šlaunies tiesimo greičiui kojos pastatymo ant atramos momentu.

Raktažodžiai: sprintas, kinematiniai rodikliai, palengvintos sąlygos, meistriskumas.

IVADAS

Pasaulio ir Lietuvos elito sprinterių bėgimo žingsnio kinematinų rodiklių lyginamoji analizė leido nustatyti Lietuvos bėgikų greitį limituojančius veiksnis: per didelis šlaunies lenkimo kampas atremties fazės pradžioje, kelio lenkimo kampas amortizacijos fazėje, šlaunies ir blauzdos tiesimo amplitudė atsispyrimo metu (Satkunskienė, Stanislovaitis, 2004).

D. E. Deshon ir R. C. Nelson (1963), H. Kunz ir D. A. Kaufmann (1981), R. Mann ir J. Herman (1985) nustatė, kad didelio meistriskumo sprinteriams, statydami pėdą ant atramos arčiau kūno masės centro projekcijos (mažas šlaunies lenkimo kampas atremties fazės pradžioje), gali anksčiau pradėti aktyviai tiesti šlaunį, sumažinti amortizacijos fazę ir neigiamą greičio pokytį (Mero, 1988). Aktyvus šlaunies tiesimas atremties pradžioje yra labai svarbus norint padidinti varomąsias jėgas (Wood, 1987).

Per didelis kelio lenkimo kampas amortizacijos fazėje suaktyvina kelio tiesimą atsispyrimo metu (didina blauzdos tiesimo amplitudę).

M. D. Johson ir J. G. Buckley (2001) nustatė, kad kelio tiesimas atsispyrimo pabaigoje nėra efektyvus, norint tuo metu padidinti sportininko greitį. M. Čoh ir A. Doleneč (2002) teigia, kad statant pėdą ant atramos koja turi būti standi, kuo mažiau linkti per kelio sąnarį. Nustatytas vidutinio stiprumo statistinis ryšys tarp blauzdos lenkimo amplitudės amortizacijos fazėje ir bėgimo rezultato rodo neigiamą kelio lenkimo poveikį bėgimo greičiui (Čoh, Doleneč, 2002; Satkunskienė, Stanislovaitis, 2004).

Kitas svarbus Lietuvos bėgikų greitį limituojantis veiksnys yra per didelis šlaunies tiesimo kampas atsispyrimo pabaigoje. Didinti šlaunies tiesimo kampą atsispyrimo pabaigoje yra neefektyvu, nes šlaunies tiesiamieji raumenys aktyviausi amortizacijos fazėje (Man, Sprague, 1980; Mann, 1981; Johson, Buckley, 2001), o blauzdos tiesiamieji atsispyrimo metu sukuria palyginti nedidelį galingumą (Johson, Buckley, 2001).

Norint pagerinti Lietuvos sprinterių bėgimo techniką, būtina parinkti tokius pratimus, kurie skatintų statyti pėdą arčiau kūno masės centro projekcijos, didintų šlaunies tiesimo greitį amortizacijos fazėje (didintų šlaunies tiesiamųjų raumenų aktyvumą atramos pradžioje), mažintų kelio lenkimo kampą amortizacijos fazėje ir tiesimo kampą atsispyrimo metu (stiprintų blauzdos tiesiamųjų ir pėdos lenkiamųjų raumenų ekscentrinio susitraukimo jėgą).

Lavinant sprinterių greitumą, dažniausiai naudojami dviejų rūšių pratimai: bėgimas palengvintomis sąlygomis (nuo kalno, tempiant guma, ant bėgimo takelio greičiu, didesniu už maksimalų bėgimo greitį) ir bėgimas su pasipriešinimu (į kalną, su svoriais, tempiant parašiutą). Nors šie pratimai plačiai naudojami daugelį metų, jų efektyvumas pradėtas tirti gana neseniai.

A. Knicker (1997) ištyrė išorinės apkrovos poveikį bėgimo mechanikai ir nustatė, kad netgi mažos apkrovos reikšmingai keičia bėgimo kinematinis rodiklius ir raumenų veiklos koordinaciją. Autorius pabrėžė, kad bėgimas su pasipriešinimu buvo „panašus, tačiau ne identiškas“ bėgimui išibėgėjimo (pagreitėjimo) atkarpoje. R. J. Corn ir D. Knudson (2003) nustatė, kad tempiant sportininką tampria virve išibėgėjimo metu reikšmingai padidėja bėgimo greitis, žingsnio ilgis bei sumažėja atstumas tarp pėdos ir kūno masės centro projekcijos. A. Mero ir P. V. Komi (1987) raumenų elektrinio aktyvumo bei atramos reakcijos jėgos bėgant sub- ir supermaksimaliuoju

greičiu tyrimai parodė, kad bėgant supermaksimaliuoju greičiu (tempiant sportininkus) reikšmingai padidėjo raumenų aktyvumas prieš pat kojos pastatymą bei atramos reakcijos jėga kojos pastatymo momentu, tačiau atsispyrimo metu nei raumenų aktyvumas, nei atramos reakcijos jėga patikimai nesiskyrė nuo bėgimo submaksimaliuoju greičiu. J. S. LeBlanc ir P. L. Gervais (2004) atliko vyrų sprinterių bėgimo kinematinį rodiklių pokyčio analizę bėgant natūraliai, palengvintomis ir pasunkintomis sąlygomis išibėgėjimo ir maksimalaus bėgimo metu. J. S. LeBlanc ir P. L. Gervais nenustatė patikimo skirtumo tarp natūralaus bėgimo maksimaliuoju greičiu ir bėgimo palengvintomis sąlygomis. Tenka pastebėti, kad bėgimo technikos pokyčių tyrimai apsiribojo tik kelių rodiklių palyginimu: bėgimo greičio, atramos trukmės, žingsnio ilgio, bėgimo tempo, liemens pasvyrimo kampo bei šlaunies ir blauzdos judesių amplitudės, todėl vargu ar galima teigti, kad bėgimas palengvintomis sąlygomis visiškai nekeičia bėgimo technikos.

Tempiant sportininką standžia guma, jis įgyja papildomos kinetinės energijos, kurios realizavimas priklauso nuo kojų judesių greičio. Manome, kad nuodugni skirtingo meistriškumo sprinterių kojų judesių analizė padėtų geriau suprasti bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikį bėgimo technikai priklausomai nuo sportininkų meistriškumo.

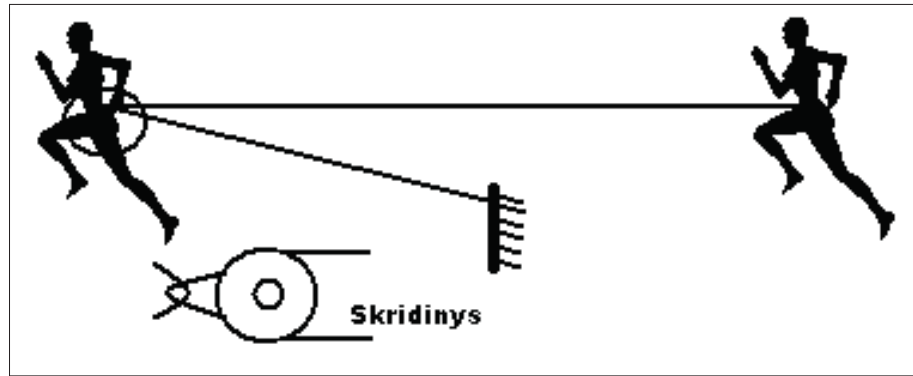
Tyrimo tikslas — nustatyti bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikį skirtingo meistriškumo sportininkų bėgimo technikai.

TYRIMO METODAI

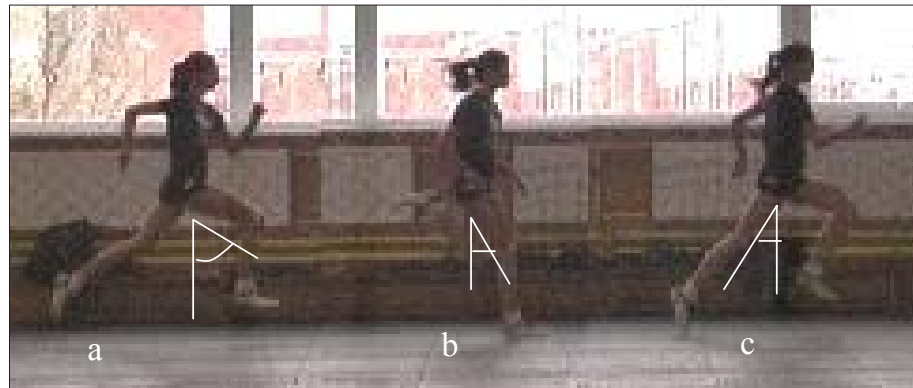
Tiriamieji. Tirtos trys didelio meistriškumo sportininkės (DM), kurių 200 m bėgimo rezultatas buvo nuo 23,86 iki 25,33 s (amžius 20—26 m.; ūgis 167—173 cm; kūno masė 59—65 kg) ir trys mažesnio meistriškumo sportininkės (MM), kurių 200 m bėgimo rezultatas — nuo 27,54 iki 27,68 s (amžius 13—15 m.; ūgis 168—171 cm; kūno masė 50—53 kg).

Filmavimas. Bėgimas buvo pradamas iš aukštos pradmės ir filmuojamas skaitmenine CANON XM1 vaizdo kamera iš šono 20—30-ame bėgimo metre. Vaizdo kamera buvo nukreipta statmenai į bėgimo takelį. Nufilmuotas vaizdas naudojant SIMI MOTION kompiuterinę programą iš kameros buvo perkeltas į kompiuterį. Vaizdų perkėlimo diskretiškumas — 0,02 s.

1 pav. Sportininkų tempimo schema



2 pav. Šlaunies maksimalus lenkimo kampas mosto metu (a), kojos pastatymo (b) ir atitraukimo (c) nuo atramos momentu



Vidutinis bėgimo greitis buvo apskaičiuotas pagal formulę: $V = L / t_{\text{ciklo}}$ (čia L — bėgimo ciklo ilgis — atstumas nuo kairės pėdos pirštų atramos metu iki kitos atramos kaire koja pėdos pirštų; t_{ciklo} — ciklo trukmė — laiko intervalas nuo kairės kojos atramos pradžios iki kitos atramos pradžios kaire koja). Atramos pradžia — tai laiko momentas, kai pėda paliečia atramą. Bėgimo ciklo ilgis ir trukmė buvo nustatyti naudojant SIMI MOTION *Still Mode* programą.

Tiriamosios bėgo šešis kartus po 30 metrų iš vietos, bėgimą pradėdamos iš aukštos pradmės. Paskutinius tris kartus bėgikės buvo tempiamos standžia guma. Tempimo schema pateikta 1 paveiksle. Po kiekvieno bėgimo sportininkės ilsėjosi nuo 5 iki 7 minučių.

Bėgimo technikos analizė buvo atlikta naudojant specializuotą judesių analizės programą SIMI MOTION 2D. Šia programa iš nufilmuoto vaizdo apskaičiuoti žingsnio kinematiniai rodikliai: atramos trukmė, žingsnio ilgis, bėgimo tempas, klubo sąnario momentinis kampas ir kampinis greitis viso ciklo metu. Buvo analizuojamas maksimalus šlaunies lenkimo kampas mosto metu (2 a pav.), šlaunies kampas su vertikale kojos pastatymo (2 b pav.) ir atitraukimo momentu (2 c pav.), maksimalusis šlaunies tiesimo greitis kojos pastatymo momentu ir maksimalusis šlaunies tiesimo greitis atramos metu.

Matematinė statistika. Skaičiavimai buvo atliekami naudojantis programos „Microsoft Excel“ statistiniu paketu *Data Analysis*. Apskaičiuotas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis. Aritmetinių vidurkių skirtumo patikimumas nustatytas naudojant Stjudento t kriterijų. Vertinant patikimumą, imamas reikšmingumo lygmuo $p < 0,05$ (95% patikimumas).

REZULTATAI

Bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikis mažesnio meistriškumo sportininkų bėgimo technikai. Mažesnio meistriškumo sportininkų bėgimo žingsnio kinematiniai rodikliai bėgant natūraliomis sąlygomis maksimaliuoju greičiu ir tempiant guma pateikti 1 ir 2 lentelėje. Bėgant palengvintomis sąlygomis (tempiant sportininkes guma), patikimai ($p < 0,05$) padidėjo bėgimo greitis, bėgimo tempas, žingsnio ilgis ir sumažėjo atramos trukmė (1 lent.).

Tempiant guma patikimai ($p < 0,05$), sumažėjo šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos, tačiau šiek tiek padidėjo šlaunies tiesimo kampas atsispyrimo pabaigoje. Todėl klubo sąnario judėjimo amplitudė atramos metu pakito nedaug (atitinkamai nuo $49,06 \pm 6,6$ iki $45,58 \pm 6,0^\circ$). Bėgant palengvintomis sąlygomis, truputį padidėjo šlaunies lenkimo kampas mosto pirmyn metu ir

Bėgimas	Bėgimo greitis, m / s	Atramos trukmė, s	Polėkio trukmė, s	Žingsnio ilgis, m	Tempas, žings. / s
Natūralus bėgimas	6,88 ± 0,38	0,11 ± 0,01	0,14 ± 0,01	1,74 ± 0,09	3,96 ± 0,22
Tempiant guma	7,65 ± 0,53	0,10 ± 0,01	0,14 ± 0,01	1,84 ± 0,08	4,14 ± 0,19
p	< 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,05

1 lentelė. Mažesnio meistriskumo sportininkų kinematiniai bėgimo žingsnio rodikliai bėgant natūraliomis sąlygomis ir tempiant guma

Bėgimas	Šlaunies kampas su vertikale, laipsniai			Šlaunies tiesimo greitis, rad / s	
	Atramos pradžia	Atramos pabaiga	Maksimalus mosto metu	Atramos pradžia	Maksimalus atramos metu
Natūralus bėgimas	31,39 ± 4	-16,89 ± 8,5	59,65 ± 3,1	4,70 ± 0,7	8,39 ± 1,1
Tempiant guma	27,35 ± 2,6	-18,24 ± 4,1	61,25 ± 3,2	6,40 ± 1,3	8,62 ± 0,9
p	< 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05

2 lentelė. Mažesnio meistriskumo sportininkų šlaunies lenkimo ir tiesimo kampai, kampiniai greičiai kojos pastatymo, atitraukimo momentais ir mosto metu, bėgant natūraliomis sąlygomis ir tempiant guma

Bėgimas	Bėgimo greitis, m / s	Atramos trukmė, s	Polėkio trukmė, s	Žingsnio ilgis, m	Tempas, žings. / s
Natūralus bėgimas	8,21 ± 0,61	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,02	1,94 ± 0,06	4,23 ± 0,39
Tempiant guma	9,21 ± 0,68	0,09 ± 0,02	0,14 ± 0,01	2,14 ± 0,07	4,32 ± 0,40
p	< 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05

3 lentelė. Didesnio meistriskumo sportininkų kinematiniai bėgimo žingsnio rodikliai bėgant natūraliomis sąlygomis ir tempiant guma

Bėgimas	Šlaunies kampas su vertikale, laipsniai			Šlaunies tiesimo greitis, rad / s	
	Atramos pradžia	Atramos pabaiga	Maksimalus mosto metu	Atramos pradžia	Maksimalus atramos metu
Natūralus bėgimas	35,42 ± 3,5	-24,01 ± 4,6	64,62 ± 4,	6,74 ± 0,8	9,63 ± 0,4
Tempiant guma	31,99 ± 5,8	-20,71 ± 6,2	59,27 ± 3,2	7,20 ± 1,3	10,43 ± 0,5
p	> 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05

4 lentelė. Didesnio meistriskumo sportininkų šlaunies lenkimo ir tiesimo kampai, kampiniai greičiai kojos pastatymo, atitraukimo momentais ir mosto metu, bėgant natūraliomis sąlygomis ir tempiant guma

maksimalusis šlaunies kampinis greitis atramos momentu.

Bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikis didesnio meistriskumo sportininkų bėgimo technikai. Didesnio meistriskumo sportininkų bėgimo technikos pokyčiai bėgant palengvintomis sąlygomis pateikti 3 ir 4 lentelėje. Lentelių duomenys rodo, kad pratimo metu patikimai padidėjo ($p < 0,05$) bėgimo greitis, žingsnio ilgis ir sumažėjo atramos trukmė. Polėkio trukmė šiek tiek padidėjo. Bėgimo tempas padidėjo nuo $4,23 \pm 0,39$ iki $4,32 \pm 0,40$ žings. / s, tačiau šis skirtumas statistiškai nepatikimas.

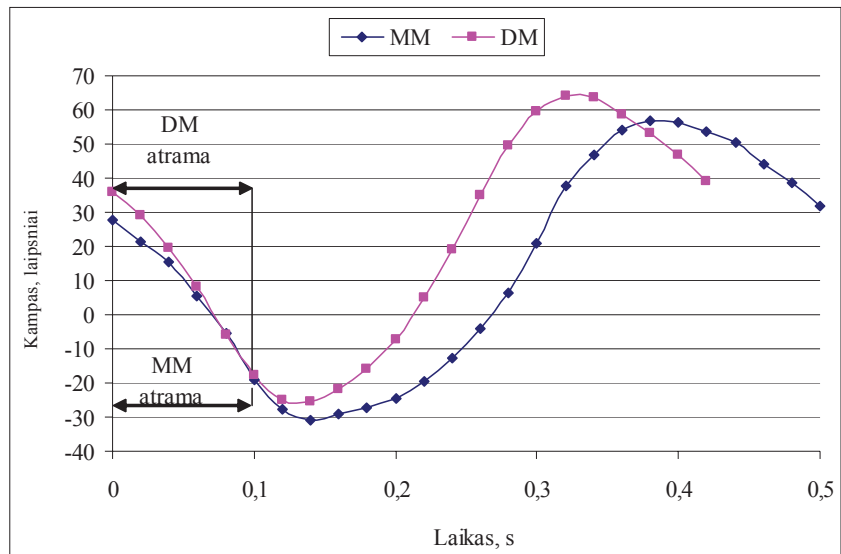
Lyginant šlaunies kampinį judėjimą (4 lent.) buvo nustatyta, kad bėgant palengvintomis sąlygomis patikimai ($p < 0,05$) sumažėjo šlaunies lenkimo kampas mosto pirmyn metu ir padidėjo maksimalusis šlaunies tiesimo greitis atramos metu. Kiti rodiklių pokyčiai taip pat rodo technikos gerėjimo tendenciją: sumažėjo šlaunies lenkimo kampas atramos pradžioje, šlaunies tiesimo kampas atramos pabaigoje ir padidėjo šlaunies tiesimo greitis atramos pradžioje.

Skirtingo meistriskumo sportininkų šlaunies kampinis judėjimas bėgant maksimaliuoju greičiu. Skirtingo meistriskumo sportininkų

šlaunies kampinis poslinkis bėgant maksimaliuoju greičiu pavaizduotas 3 paveiksle. Geriausią 200 m bėgimo rezultatą turinčios sportininkės (DM, 23,86 s) šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos ($35,95^\circ$) ir maksimalus šlaunies lenkimo kampas mojanč koją pirmyn ($64,26^\circ$) yra didesnis, lyginant su mažiausio meistriskumo (MM 200 m rezultatas — 27,54 s) sportininkės (atitinkamai $27,61^\circ$ ir $56,63^\circ$). Šlaunies tiesimo kampas pėdos atitraukimo nuo atramos momentu abiejų sportininkų buvo vienodas (apie 17°), tačiau kojos mostas atgal buvo 5° mažesnis didesnio meistriskumo sportininkės: atitinkamai $25,66^\circ$ ir $31,03^\circ$.

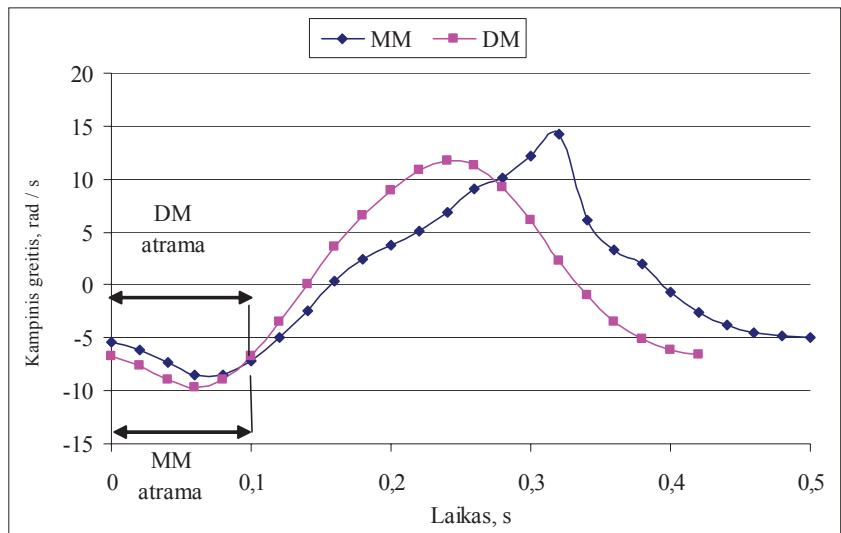
Lyginant abiejų sportininkų šlaunies kampinio judėjimo greitį pėdos pastatymo momentu (4 pav.) buvo pastebėta, kad DM jis buvo didesnis, lyginant su MM (atitinkamai 7,15 ir 5,77 rad / s). Maksimalųjį šlaunies kampinio judėjimo greitį skirtingos sportininkės pasiekė vienodu laiko momentu (nuo atramos pradžios praėjus 0,06 s), tačiau DM sportininkės jis buvo didesnis (atitinkamai 9,65 ir 8,55 rad / s). Didesnio meistriskumo sportininkei būdingas didesnis šlaunies lenkimo greitis mosto pirmyn pradžioje ir tolygus šio greičio pokytis viso mosto metu.

3 pav. Skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampinis poslinkis bėgant maksimaliuoju greičiu



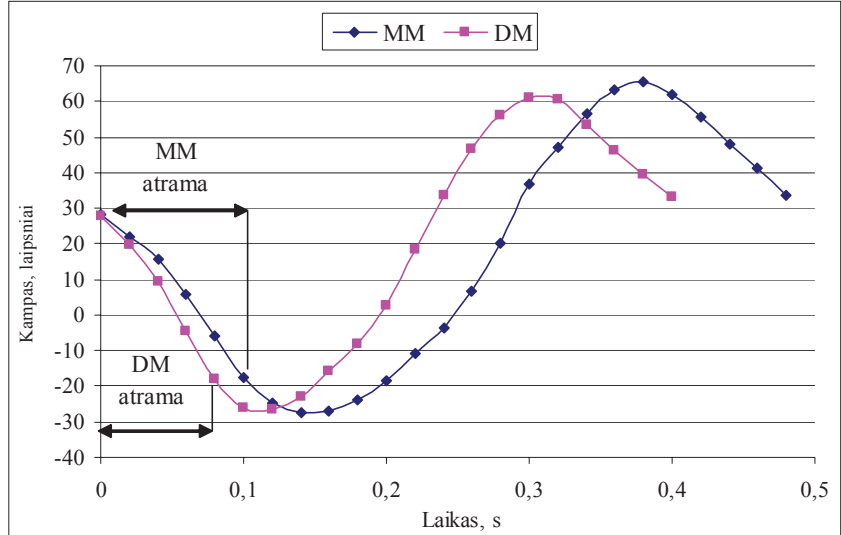
Pastaba. MM — mažiausio meistriškumo sportininkė; DM — didžiausio meistriškumo sportininkė.

4 pav. Skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampinis greitis bėgant maksimaliuoju greičiu



Pastaba. MM — mažiausio meistriškumo sportininkė; DM — didžiausio meistriškumo sportininkė.

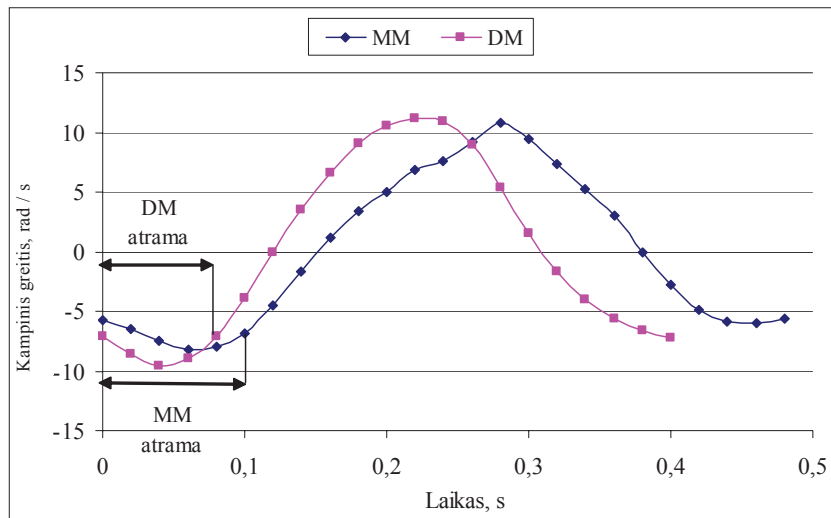
5 pav. Skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampinis poslinkis bėgant palengvintomis sąlygomis



Pastaba. MM — mažiausio meistriškumo sportininkė; DM — didžiausio meistriškumo sportininkė.

Bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikis skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampiniam judėjimui. Bėgant palengvintomis sąlygomis, didesnio meistriškumo sportininkės šlaunies lenkimo kampas kojos pastatyto momen-

tu sumažėjo iki $27,77^\circ$, o mažesnio — nepakito (5 pav.). Taigi, bėgant palengvintomis sąlygomis, abiejų sportininkų šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos buvo vienodas. Galima manyti, kad sumažėjęs šlaunies lenkimo kampas



6 pav. Skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampinis greitis bėgant palengvintomis sąlygomis

Pastaba. MM — mažiausio meistriškumo sportininkė; DM — didžiausio meistriškumo sportininkė.

kojos pastatymo momentu turėjo įtakos atramos trukmei (DM sportininkės sumažėjo 0,02 s). Tai sumažino ciklo trukmę ir padidino bėgimo tempą nuo 4,76 iki 5 cikl. / s.

Šlaunies tiesimo kampas kojos atitraukimo nuo atramos momentu bėgant palengvintomis sąlygomis abiejų sportininkų nekito, tačiau sumažėjo mažesnio meistriškumo sportininkės šlaunies tiesimo kampas koją mojanč atgal.

Maksimalus šlaunies lenkimo kampas mojanč koją pirmyn didesnio meistriškumo sportininkės padidėjo, o mažesnio — sumažėjo. Tai sumažino sportininkų rodiklių skirtumą. Taigi galima manyti, kad tempimas guma suvienodino skirtingo meistriškumo sportininkų kojos pastatymo ir mosto techniką.

Skirtingo meistriškumo sportininkų šlaunies kampinis greitis bėgant palengvintomis sąlygomis pavaizduotas 6 paveiksle. Kojos pastatymo momentu šlaunies kampinis greitis DM sportininkės padidėjo nuo 6,77 iki 7,15 rad / s, o MM — nuo 5,37 iki 5,77 rad / s. Maksimalus šlaunies tiesimo greitis atremties metu sumažėjo abiejų sportininkų atitinkamai nuo 9,63 iki 9,51 rad / s ir nuo 8,55 iki 8,17 rad / s. Maksimalus šlaunies tiesimo greitis didesnio meistriškumo sportininkės buvo pasiektas 0,02 s anksčiau, nei bėgant maksimaliu greičiu, o mažesnio meistriškumo sportininkės maksimalus šlaunies tiesimo greitis buvo pasiektas tuo pačiu laiko momentu.

REZULTATŲ APTARIMAS

Lyginant skirtingo meistriškumo sportininkų bėgimo kinetinius rodiklius bėgant maksimaliu greičiu ir palengvintomis sąlygomis (tempiant guma), buvo nustatyti statistškai patikimi pokyčiai,

saviti skirtingose meistriškumo grupėse. Patikimai padidėjo mažesnio meistriškumo sportininkų bėgimo greitis, bėgimo tempas, žingsnio ilgis bei šlaunies tiesimo greitis kojos pastatymo ant atramos momentu, sumažėjo atramos trukmė ir šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos; patikimai padidėjo didesnio meistriškumo sportininkų bėgimo greitis, žingsnio ilgis bei maksimalus šlaunies tiesimo greitis atramos metu, sumažėjo atramos trukmė ir šlaunies lenkimo kampas mosto pirmyn metu.

Gauti rezultatai rodo, kad bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikis technikai priklauso nuo sportininkų meistriškumo. Tai galėtų paaiškinti mūsų ir J. S. LeBlanc ir P. L. Gervais (2004) gautų tyrimo rezultatų skirtumus. J. S. LeBlanc ir P. L. Gervais (2004) tyrė šešis universiteto studentus: vieną moterį ir penkis vyrus, turinčius tam tikrą bėgimo palengvintomis sąlygomis ir bėgimo su pasipriešinimu patirtį (jų maksimalusis bėgimo greitis vidutiniškai siekė $9,40 \pm 0,68$ m / s, o bėgimo palengvintomis sąlygomis — $10,04 \pm 0,77$ m / s).

Teigiamą bėgimo palengvintomis sąlygomis poveikį galima pastebėti lyginant mūsų tiriamųjų bėgimo pokyčius ir elito sprinterių bėgimo kinematinčius rodiklius. G. P. Bruggeman ir B. Gland (1990) duomenimis, elito vyrų sprinterių, bėgančių $10,2$ – $11,6$ m / s greičiu, atramos trukmė svyruoja nuo 85 iki 95 ms, moterų, bėgančių $8,70$ – $9,09$ m / s greičiu — nuo 95–108 ms. Mūsų tiriamųjų, bėgančių tiek $6,88 \pm 0,38$ m / s, tiek $8,21 \pm 0,61$ m / s greičiu, atramos trukmė buvo vienoda — 110 ± 10 ms, tačiau padidėjus sportininkų greičiui iki $7,65 \pm 0,53$ ir $9,21 \pm 0,68$ m / s (tempiant guma) atramos trukmė atitinkamai sumažėjo iki 100 ± 10 ir 90 ± 20 ms. Bėgant palengvintomis sąlygomis, nustatyta atramos trukmės

mažėjimo tendencija, ir šie duomenys sutinka su kitų autorių (Kivi et al., 2002) gautaisiais — didėjant bėgimo greičiui, mažėja atremties trukmė, tačiau lieka neaišku, ar šis pratimo poveikis išlieka bėgant natūraliomis sąlygomis.

D. E. Deshon ir R. C. Nelson, (1963), H. Kunz ir D. A. Kaufmann (1981), R. Mann ir J. Herman (1985) teigia, kad didelio meistriškumo sprinteriai, statydami pėdą ant atramos arčiau MC projekcijos, gali anksčiau pradėti aktyviai tiesti šlaunį, sumažinti amortizacijos fazę ir neigiamą greičio pokytį (Mero, 1988). Atlikto tyrimo metu tempiant sportininkes standžia guma, patikimai sumažėjo šlaunies lenkimo kampas atramos pradžioje. Manome, kad bėgant palengvintomis sąlygomis sportininkės yra skatinamos statyti pėdą arčiau MC projekcijos.

Daugelis autorių pabrėžia, kad šlaunies tiesimo greitis turi įtakos maksimaliajam bėgimo greičiui. Nustatyta, kad kuo didesnis pėdos judėjimo horizontalus greitis statant koją ant atramos, tuo mažesnis kūno MC greičio neigiamas pokytis (Lehmann, Voss, 1998). M. Čoh ir A. Doleneč (2002) atlikta Slovėnijos nacionalinės rinktinės sprinterių technikos analizė parodė, kad greičiausios bėgikės pėdos judėjimo greitis statant koją ant atramos buvo didžiausias. A. Ito ir M. Suzuki (1992) nustatė stiprų koreliacinį ryšį ($r = 0,78$) tarp šlaunies tiesimo greičio atremties fazėje ir vyrų sprinterių bėgimo greičio. Šio autoriaus duomenimis, šlaunies tiesimo greitis siekė 13,95 rad / s, moterų šis rodiklis mažesnis ir svyruoja nuo 8,72 iki 10,47 rad / s (Lehmann, Voss, 1998; Čoh, Doleneč, 2002). Mūsų tirtų mažesnio meistriškumo bėgikų maksimalusis šlaunies tiesimo greitis bėgant palengvintomis sąlygomis siekė $8,62 \pm 0,9$ rad / s, didesnio meistriškumo — $10,43 \pm 0,5$ rad / s, ta-

čiau šis greitis pasiekiamas ne kojos pastatymo momentu, o atremties viduryje arba pabaigoje. Taigi būtų galima teigti, kad bėgimas palengvintomis sąlygomis nekeičia bėgimo technikos, nes vienas iš pagrindinių sprinto bėgimo technikos elementų išlieka nepakitęs, tačiau analizuojant individualius kinematinų rodiklių pokyčius galima pastebėti, kad didėjant šlaunies tiesimo greičiui atremties pradžioje, maksimalusis šlaunies tiesimo greitis šiek tiek sumažėja.

IŠVADOS

Lyginant skirtingo meistriškumo sportininkų bėgimo kinematinus rodiklius bėgant maksimaliu greičiu natūraliai ir bėgant palengvintomis sąlygomis (tempiant guma), buvo nustatyti statistškai patikimi šių rodiklių pokyčiai:

- patikimai padidėjo mažesnio meistriškumo sportininkų bėgimo greitis, bėgimo tempas, žingsnio ilgis ir šlaunies tiesimo greitis kojos pastatymo ant atramos momentu, sumažėjo atramos trukmė bei šlaunies lenkimo kampas statant koją ant atramos;
- patikimai padidėjo didesnio meistriškumo sportininkų bėgimo greitis, žingsnio ilgis ir maksimalusis šlaunies tiesimo greitis atramos metu, sumažėjo atramos trukmė ir šlaunies lenkimo kampas mosto pirmyn metu.

Šlaunies kampinio judėjimo analizė leido pastebėti, kad didesnio meistriškumo sprinterėms palengvintų bėgimo sąlygų taikymas neturėjo reikšmingos įtakos labiausiai greitį limituojančiam bėgimo technikos elementui — šlaunies tiesimo greičiui kojos pastatymo ant atramos momentu.

LITERATŪRA

- Bruggemann, G. P., Gland, B. (1990). Time analysis of the sprint events. Scientific research project at the game of the XXXIV Olympiad — Seoul 1988 — final report. *New Studies in Athletics (Suppl.)*.
- Corn, R. J., Knudson, D. (2003). Effect of elastic-cord towing on the kinematics of the acceleration phase of sprinting. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 72—75.
- Čoh, M., Doleneč, A. (2002). Kinematic, kinetic and electromyographic characteristics of the sprinting stride of elite female sprinters. In M. Čoh (Ed.), *Application of Biomechanics in Track and Field* (pp. 19—33). Ljubljana: Institute of Kinesiology, Faculty of Sport, University of Ljubljana.
- Deshon, D. E., Nelson, R. C. (1963). A cinematographic analysis of sprint running. *Research Quarterly*, 35, 451—455.
- Ito, A., Suzuki, M. (1992). The men's 100 meters. *New Studies in Athletics*, 4, 47—52.
- Johson, M. D., Buckley, J. G. (2001). Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting. *Journal of Sport Science*, 19 (4), 263—272.
- Kivi, D. M. R., Maraj, B. K. V., Gervais, P. (2002). A kinematic analysis of high speed treadmill sprinting over a range of velocities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 662—666.
- Knicker, A. (1997). Neuromechanics of sprint specific training skills. In J. Wilkerson, K. Ludwig & W. Zimmermann (Eds.), *Biomechanics in Sports XV* (pp. 17—21). Denton, TX: Texas Woman's University Press.
- Kunz, H., Kaufmann, D. A. (1981). Biomechanical analysis of sprinting. Decathletes versus champions. *British Journal of Sports Medicine*, 15, 177—181.

- LeBlanc, J. S., Gervais, P. L. (2004). Kinematics of assisted and resisted sprinting as compared to normal free sprinting in trained athletes. In M. Montagne, D. G. Robertson, and H. Sveistrup (Eds.), *Proceedings of XXII International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 536). Ottawa: University of Ottawa.
- Lehmann, F., Voss, G. (1998). Innonationen für den Sprint und Sprung „ziehende“ Gestaltung der Stützphasen — teil 2. *Leistungssport*, 1, 18—22.
- Mann, R. (1981). A kinetic analysis of sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13, 325—328.
- Mann, R., Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic sprint performance: Men's 200 meters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 151—162.
- Mann, R., Sprague, P. G. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51 (2), 334—348.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly*, 59 (2), 94—98.
- Mero, A., Komi, P. V. (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19 (3), 266—274.
- Satkunskienė, D., Stanislovaitis, A. (2004). Pasaulio ir Lietuvos elito sprinterių bėgimo žingsnio kinematinė charakteristikų palyginamoji analizė. *Sporto mokslas*, 1, 6—13.
- Wood, A. (1987). Biomechanical limitations to sprint running. *Medicine and Sport Science*, 25, 58—71.

EFFECT OF ASSISTED SPRINTING ON KINEMATIC VARIABLES IN SPRINT RUNNING OF DIFFERENT SKILLED ATHLETES

Danguolė Satkunskienė^{1,2}, Donatas Rauktys²

Kaunas University of Technology^{1,2}, Lithuanian Academy of Physical Education²,
Kaunas, Lithuania

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the kinematics of sprint running of different skilled athletes under assisted conditions as compared to normal sprinting during top-speed phase of a sprint.

Six volunteer female subjects: three expert sprinters (age 20—26 years; 200 m result 23.86—25.33 s) and three lower level sprinters (age 13—15 years; 27.54—27.68 s respectively) completed 3 trials in different conditions: free sprinting at sub-maximal running speed and assisted sprinting at supra-maximal running speed. Two full strides were analyzed with one video camera filming the performers in the sagittal plane; 50 pictures per second were recorded. Contact time, flight time, the angle of thigh relative to the vertical axis were obtained from the video recording by using 4-points, 3-segment leg model with SIMI MOTION 2D software. Stride length and rate, angular displacement and velocity of thigh were calculated.

Statistical analysis found significant ($p < 0.05$) differences between assisted and normal sprinting for average running speed, stride length, contact time, max angular velocity of thigh during support phase independent of athletes' skill. Assisted sprinting significantly decreased the angle of max thigh flexion angle in the leg recovery phase for expert sprinters (from 64.62 ± 4 to $59.27 \pm 3.2^\circ$); increased thigh angular velocity at the start of support phase (from 4.70 ± 0.78 to 6.40 ± 1.3 rad / s) and decreased thigh angle at the start of support phase (from 31.39 ± 4 to $27.35 \pm 2.6^\circ$) for lower level sprinters. Comparison of individual curves of thigh angular displacement and angular velocity under assisted and normal sprinting condition showed that changes of kinematic variables of sprinting stride not always reflect changes in sprinting technique as particular motor pattern.

Further research is needed to clarify the effect of assisted sprinting as training techniques to improve sprint performance.

Keywords: sprinting, kinematics, assisted sprinting, skill.

Gauta 2006 m. rugšėjo 1 d.
Received on September 1, 2006

Priimta 2006 m. gruodžio 6 d.
Accepted on December 6, 2006

Danguolė Satkunskienė
Kauno technologijos universitetas
(Kaunas University of Technology)
Mickevičiaus g. 37, LT-44244 Kaunas
Lietuva (Lithuania)
Tel +370 686 17424
E-mail danguole.satkunskiene@ktu.lt