

Ирина Јухас, Милан Матић, Ненад Јанковић

Факултет спорта и физичког васпитања, Универзитет у Београду

УДК 796.012.132:796.422.12.093.1(100)“2013“, 796.012.132:796.422.12.093.1(100)“2015“

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ВРЕМЕНА СТАРТНЕ РЕАКЦИЈЕ ЕЛИТНИХ СПРИНТЕРА/КИ НА СВЕТСКИМ ПРВЕНСТВИМА 2013. И 2015. ГОДИНЕ

Сажетак

Досадашња истраживања су показала да старт и стартно убрзање имају значајног удела у остварењу максималних резултата у спринтерским дисциплинама. Време од звучног сигнала стартног пиштоља до почетка мишићне контракције, иако лимитирано атлетским правилима, остаје у домену истраживача, сходно чињеници да сваки спринтер жели да оствари краће време стартне реакције, тиме и бољи резултат на крају трке. Циљ овог истраживања је био да се анализирају и упореде вредности времена стартне реакције финалиста у дисциплинама 100 m, 200 m и 400 m на Светском првенству у атлетици 2013. и 2015. године. Резултати истраживања су показали статистички значајну разлику ($p < 0,05$) у резултатима у дисциплини 200 m за жене, $t_{(14)} = 3,14$, $p = 0,008$ и статистички значајну разлику ($p = 0,05$) у времену стартне реакције код дисциплине 100 m за мушкарце $t_{(14)} = 2,12$. Нису пронађене статистички значајне разлике у односу на пол.

Кључне речи: СПРИНТЕРСКЕ ДИСЦИПЛИНЕ / СТАРТ / ПОЛОВИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF REACTION TIME OF ELITE SPRINTERS AT THE WORLD CHAMPIONSHIPS IN 2013 AND 2015

Summary

Previous studies have shown that the start and start acceleration play a significant part in achieving maximum speed in sprint. Time of the sound signal the start gun to leave the starting blocks, although limited with athletic rules, remain the domain of researchers, due to the fact that every sprinter wants to achieve shorter starting reaction time and a better result at the end of the race. The aim of this study was to analyze and compare the values of starting reaction time finalists in the 100 m, 200 m and 400 m at the World Championships in Athletics in 2013 and 2015. The results showed a statistically significant difference ($p < 0,05$) results in the 200 m for women, $t_{(14)} = 3,14$, $p = 0,008$ and statistically significant difference ($p < 0,05$) in the starting reaction time in the 100 m for men, $t_{(14)} = 2,12$, $p = 0,05$. No statistically significant differences in relation to sex.

Key words: SPRINT EVENTS / START / GENDER

1. Увод

Мишљењима да остаје мало сегмената у којима се може постићи побољшање у спринтерским дисциплинама, у данашње време високих спортских резултата, супротстављају се истраживачи сталним трагањем. Анализа параметара, који су захваљујући напредној технологији данас приступачни одмах по завршетку такмичења, омогућују истраживачима да идентификују кључне факторе потребне за даљи напредак.

Старт и стартно убрзање представљају значајне фазе за достизање максималне брзине у спринтерском трчању, а тиме и на остварење коначног резултата (Mero, Luhtanen, & Komi, 1983; Čoh, 2001; Čoh, Tomažin, & Štuhec, 2006; Čoh & Tomažin, 2008; Babic & Coh, 2010). Време стартне реакције представља време од звучног сигнала стартног пиштоља, до почетка мишићне контракције (Стефановић, Јухас, Јанковић, 2008, стр. 43). Ако се узме у обзир да су за победу или постављање рекорда значајни стоти (хиљадати) делови секунде, онда и овај сегмент може имати значајног удела у коначном резултату. Многи аутори су до сада анализирали време стартне реакције у различитим контекстима (Mann & Herman, 1985; Moravec, Ruziska, Susanka, Dostal, Kodejs, Nosek, 1988; Brüggemann & Hunger, 1990; Mero & Komi, 1990; Delecluse, Van Coppenolle, Willems, Diels, Goris, Van Leemputte, Vuylsteke, 1995; Martin & Buoncristiani, 1995; Mc Clements, Sanders, & Gander, 1996; Harland & Steele, 1997; Collet, 1999; Čoh, Peharec & Bacic, 2007; Babic, 2008; Delalija & Babic, 2008; Babic & Delalija, 2009; Bračić, Peharec Bacic & Coh, 2010; Paradisis, 2013).

Тонесен, Хауген и Шалфави (2013) су на великом узорку од 1319 спринтера учесника светских првенстава у периоду од 2003. до 2009. године разматрали времена стартних реакција у дисциплини 100 m, и повезивали их са такмичарским нивоом, полом, телесном висином, узрастом. Пронађена је статистички значајна корелација између времена стартне реакције и остварених резултата у трци. Добијене су просечне вредности за мушкарце $0,166 \pm 0,030$ s, а за жене $0,176 \pm 0,034$ s. Мушкарци су остваривали своја најбоља времена реакције у финалним тркама ($0,142 \pm 0,017$ s), док су финалисткиње у женској конкуренцији најбоља стартна времена оствариле у полуфиналним тркама ($0,153 \pm 0,018$ s).

Парадисис (2013) је анализирао време стартне реакције на светским првенствима у дворани, дисциплина 60 m и на светским првенствима на отвореном и олимпијским играма у дисциплини 100 m у периоду 1996 – 2012. година. Укупно је анализирано време 565 спринтера на 60 m (334 мушкараца и 231 жене) и 1533 спринтера на 100 m (866 мушкараца и 667 жена). Просечне вредности за мушкарце у дисциплини 100 m су биле $0,166 \pm 0,029$ s, при резултату $10,59 \pm 0,55$ s, а за жене $0,178 \pm 0,035$ s, при резултату $11,85 \pm 0,85$ s. Добијене су статистички значајне разлике у временима између мушкараца и жена ($p < 0,05$). Корелација између времена стартне реакције и резултата на 100 m је на целом узорку била $r = 0,393$, $p < 0,05$, посебно за мушкарце $r = 0,349$, $p < 0,05$ и за жене $r = 0,351$, $p < 0,05$.

Павловић, Раковић, Идризовић и Михајловић (2013) су анализирали времена стартне реакције финалиста Светског првенства у атлетици 2013. године у спринтерским дисциплинама код мушкараца и код жена. Резултати истраживања су показали да се време реакције повећава са дужином дистанце, а добијене вредности су на сличном или вишем нивоу од вредности из претходних истраживања. Такође су добили интересантан налаз када су у питању разлике између мушкараца и жена, заправо су утврдили да нема статистички значајних разлика када су у питању полови.

Претходна истраживања пружају могућност за даље праћење утицаја времена стартне реакције на коначни резултат у спринтерском трчању. Тако је постављен и циљ овог истраживања, да се анализирају и упореде вредности времена стартне реакције финалиста/киња у дисциплинама 100 m, 200 m и 400 m на Светском првенству у атлетици 2013. и 2015. године.

2. Метод

Истраживањем су обухваћени резултати и времена стартне реакције остварени у финалним тркама у дисциплинама 100 m, 200 m и 400 m на Светском првенству у атлетици 2015. године. Иста су упоређена са резултатима и временима стартне реакције на претходно одржаном првенству у 2013. години. Такође, извршена је упоредна анализа времена између мушкараца и жена. Времена стартне реакције добијена су из званичних службених извештаја ИААФ са светских првенстава (<http://www.iaaf.org/competitions/iaaf-world-championships>). Резултати су обрађени стандардним дескриптивним и компаративним статистичким процедурама. За компарацију коришћен је T-test за независне узорке. Расподела података је урађена помоћу Колмогоров-Смирновог теста, а једнакост варијанси помоћу Левенеовог теста. Једнофакторском анализом варијансе различитих група (*АНОВА*) истражено је да ли постоје статистичке разлике између времена стартних реакција у атлетским дисциплинама 100 m, 200 m, 400 m, код мушкараца и жена. Статистичка обрада је извршена у програму (SPSS 21.0; Chicago, IL).

3. Резултати

У табели 1 приказане су аритметичке средине (M), стандардне девијације (SD) и резултати t теста и величине утицаја (израчунате помоћу ета-квадрат показатеља): резултата финалних трка на 100 m, 200 m, 400 m и времена стартне реакције код мушкараца на светским првенствима у атлетици 2013. и 2015. године.

Табела 1 Дескриптивна статистика варијабли и резултати t теста за независне узорке мушкараца

Варијабле	Мушкарци 2013		Мушкарци 2015		p	Eta- kvadrat
	M	SD	M	SD		
t 100 m M (s)	9,98	0,133	9,92	0,085	0,31	/
t 200 m M (s)	20,06	0,245	19,96	0,260	0,44	/
t 400 m M (s)	44,63	0,439	44,31	0,649	0,27	/
t _{reak} 100 m M (s)	0,163	0,014	0,147	0,016	0,05	0,24
t _{reak} 200 m M (s)	0,156	0,016	0,158	0,026	0,91	/
t _{reak} 400 m M (s)	0,207	0,068	0,177	0,290	0,26	/

Легенда: t 100 m M - време финалиста на светским првенствима у трци на 100 метара; t 200 m M - време финалиста на светским првенствима у трци на 200 метара; t 400 m M - време финалиста на светским првенствима у трци на 400 метара; t_{reak} 100 m M - време реакције на старту финалиста трке на 100 метара; t_{reak} 200 m M - време реакције на старту финалиста трке на 200 метара; t_{reak} 400 m M - време реакције на старту финалиста трке на 400 метара.

Из табеле 1 се види да је просечно време реакције у дисциплини 100 m у финалној трци на Светском првенству 2015. године код мушкараца износило $t_{\text{reak}} 100 \text{ m (s)} = 0,147 \pm 0,016 \text{ s}$, што је статистички значајно боље од просечног времена из 2013. године. У дисциплини 200 m остварено је просечно време реакције $t_{\text{reak}} 200 \text{ m (s)} = 0,158 \pm 0,026 \text{ s}$, што је на готово истим вредностима као у 2013. години. У дисциплини 400 m остварено је просечно време реакције $t_{\text{reak}} 400 \text{ m (s)} = 0,177 \pm 0,29 \text{ s}$, што је боље од просечног времена из 2013. године, али статистички није значајно.

У табели 2 приказане су аритметичке средине (M), стандардне девијације (SD) и резултати t теста и величине утицаја (израчунате помоћу ета-квадрат (показатеља): резултата финалних трка на 100 m, 200 m, 400 m и времена стартне реакције код жена на светским првенствима у атлетици одржаним 2013. и 2015. године.

Табела 2 Дескриптивна статистика варијабли и резултати *t* теста за независне узорке жена

Варијабле	Жене 2013		Жене 2015		P	Eta- kvadrat
	M	SD	M	SD		
t 100 m Ж (s)	10,98	0,135	10,92	0,102	0,363	/
t 200 m Ж (s)	22,57	0,285	22,07	0,324	0,008	0,19
t 400 m Ж (s)	50,26	0,752	50,14	0,475	0,711	/
t _{reak} 100 m Ж (s)	0,171	0,025	0,155	0,026	0,230	/
t _{reak} 200 m Ж (s)	0,166	0,018	0,158	0,016	0,328	/
t _{reak} 400 m Ж (s)	0,225	0,040	0,194	0,050	0,19	/

Легенда: t 100 m Ж - време финалисткиња на светским првенствима у трци на 100 метара; t 200 m Ж - време финалисткиња на светским првенствима у трци на 200 метара; t 400 m Ж - време финалисткиња на светским првенствима у трци на 400 метара; t_{reak} 100 m Ж време реакције на старту финалисткиња трке на 100 метара; t_{reak} 200 m Ж - време реакције на старту финалисткиња трке на 200 метара; t_{reak} 400 m Ж - време реакције на старту финалисткиња трке на 400 метара.

Из табеле 2 се види да је просечно време реакције у дисциплини 100 m за жене у финалној трци износило $t_{reak} 100 m (s) = 0,155 \pm 0,026 s$, што је боље од просечног времена из 2013. године. У дисциплини 200 m остварено је просечно време реакције $t_{reak} 200 m (s) = 0,158 \pm 0,016 s$, што је приближно вредностима у 2013. години. У дисциплини 400 m остварено је просечно време реакције $t_{reak} 400 m (s) = 0,194 \pm 0,05 s$, што је боље од просечног времена из 2013. године, али не и статистички значајно.

Разлике у групама финалиста 2013. и 2015. године утврђене су помоћу *t* теста за независне узорке. Код свих испитиваних варијабли је утврђена нормална расподела података помоћу Колмогоров-Смирновог теста ($p > 0,05$) и једнакост варијанси помоћу Левенеовог теста ($p > 0,05$). Прво су упоређени резултати остварени у финалним тркама на 100 m, 200 m, 400 m, а затим је иста статистичка процедура коришћена и за поређење времена стартне реакције. Добијене су статистичке значајне разлике код резултата у дисциплини 200 m, $t_{(14)} = 3,14$, $p = 0,008$, док између резултата у другим дисциплинама није било ни код мушкараца, ни код жена. Што се тиче времена стартне реакције добијена је статистички значајна разлика у дисциплини 100 m, $t_{(14)} = 2,12$, $p = 0,05$, код мушкараца. У другим дисциплинама није било статистички значајних разлика.

У табели 3 приказани су резултати *t* теста за упоређење варијабле време стартне реакције између мушкараца и жена на 100 m, 200 m и 400 m са Светског првенства 2015. Резултати показују да нема статистички значајних разлика. Овај налаз се подудара са налазом Павловић и сар. (2013), који су истраживали времена стартне реакције на Светском првенству у 2013. години.

Табела 3 Разлике у времену стартне реакције између полова

Варијабле	p
t_{reak} 100 m М-Ж	0,49
t_{reak} 200 m М-Ж	1,00
t_{reak} 400 m М-Ж	0,41

Једнофакторском анализом варијансе различитих група (*АНОВА*) истражено је да ли постоје статистичке разлике између времена стартних реакција у атлетским дисциплинама 100 m, 200 m, 400 m, код мушкараца и код жена. Помоћу Левенеовог теста је утврђена хомогеност између три испитиване групе. Из Табеле 4 се види да није добијена статистичка значајност у временима стартне реакције код испитиваних варијабли.

Табела 4 Разлике између времена стартних реакција у атлетским дисциплинама 100 m, 200 m, 400 m

Варијабле	F	p
t_{reak} 100 m, 200 m, 400 m М	3,04	0,07
t_{reak} 100 m, 200 m, 400 m Ж	3,29	0,06

4. Дискусија

Добијени резултати у овој студији су у сагласности са добијеним резултатима студије Теофинос Пилианидис и сар. (2012) која је упоређивала варијабле време трчања на 100 m и времена стартне реакције током неколико првенстава. У истраживању Теофинос Пилианидис и сар. (2012) је утврђено да су и мушкарци и жене остварили статистички значајно боље резултате трчања на 100 m у Пекингу 2008. године у односу на Сиднеј 2000. године. Времена стартне реакције на 100 m и 110 m трчања преко препона су такође статистички значајно боља на такмичењу у Атини 2004. године у односу на Сиднеј 2000. године. Такође, у истој студији је утврђено да је време трчања и време стартне реакције на 100 m код мушкараца било статистички значајно боље у Пекингу 2008. године у односу на вредности наведених варијабли у Атини 2004. и Сиднеју 2000. године, тј. утврђено је значајно смањење времена стартне реакције у анализираном временском периоду.

Што се тиче разлика између полова, добијени резултати у овом истраживању су у сагласности са резултатима у студији Мартин и Бонкрисијани (1995) и са студијом Павловића и сар. (2013), а у несагласности са добијеним резултатима Тонесен и сар. (2013). У истраживању Тонесен и сар. (2013) је добијено статистички значајно краће трајање времена стартне реакције у трци на 100 m код мушкараца ($0,166 \pm 0,030$) у односу на жене ($0,176 \pm 0,034$) ($p < 0,01$). У истој студији је утврђена статистички значајна повезаност ($p < 0,01$), добијена је корелација ($r = 0,292$) код мушкараца и ($0,328$) код жена између времена стартне реакције и резултата (времена) на 100 m. Добијени резултати наведене студије наводе на закључак да време стартне реакције може битно утицати на време резултата на 100 m.

Имајући у виду структуру времена стартне реакције (Komi, Ishikawa, & Salmi, 2009), реалне такмичарске захтеве и праксу на финалним наступима елитних спринтера и спринтерки, потребно је комплексније разматрати статистичке податке. Разлика од 0.3 s на узорцима спринтерки и спринтера на 400 m није показала статистичку значајност, а у пракси је изузетно битна. Могло би се рећи да свака трка почиње са закашњењем од десетог дела секунде, као латентног времена реакције, па би можда требало и резултате анализирати са одузимањем тог временског периода ради добијања реалније слике.

Тактички захтеви могу бити кључни фактор за извођење тако ризичног дела технике, као што је старт у спринтерским дисциплинама, где грешка није дозвољена, односно доводи до дисквалификације. С друге стране, оне спринтерке и спринтери који имају брже реакције (Komi, Ishikawa, & Jukka, 2009) од оне која је дозвољена атлетским правилима (0,100 s) су стављени у неповољни положај, јер морају да „коче“, као да су унапред кажњени јер су бржи, што је нелогично, односно требало би да представља предност.

У будућим истраживањима предност треба дати неуро-физиолошком приступу феномена стартне реакције и његовом односу са биомеханичким варијаблама које су кључне за успешност старта и стартног убрзања, са циљем да се унапреди тренажно такмичарска пракса. Такође, нова научна сазнања би требало да доведу до промене атлетских правила како би се омогућило постизање бољих резултата у спринту.

5. Закључци

У раду су анализирани и упоређени резултати и времена стартне реакције у финалним тркама у дисциплинама 100 m, 200 m и 400 m на Светском првенству у атлетици 2013. и 2015. године. У свим посматраним дисциплинама постигнути су бољи просечни резултати, иако је истраживањем показано да нема статистички значајних разлика, сем код дисциплине 200 m за жене.

Што се тиче времена стартне реакције, такође су добијене боље просечне вредности, али је статистички значајна разлика показана само у дисциплини 100 m код мушкараца. У другим дисциплинама није било статистички значајних разлика. Иако су вредности времена стартне реакције код жена на вишим вредностима од мушкараца, нису добијене статистички значајне разлике између полова. Добијени резултати су у сагласности са претходним истраживањима.

Просечне вредности времена стартне реакције показују да има простора да се време побољшава до правилима могуће дефинисане вредности од 0,100 s. Тиме се даје тренерима путоказ за укључивање тренажних метода за побољшање ове перформансе спринтера. Добра реакција на старту свакако ће допринети борби за медаљу.

6. Литература

- Babić, V. (2008). Reaction time and sprint results in athletics. In M. Čoh (Ed.), *Biomechanical diagnostic methods in athletic training* (p. 183-193). University of Ljubljana.
- Babic, V., & Delalija, A. (2009). Reaction time trends in the women's sprint and hurdle events at the 2004 Olympic Games. *New Studies in Athletics*, 24(1), 49-57.
- Bračić, M., Peharec, S., Bačić, P., & Čoh, M. (2010). Biomehanička dijagnostika starta najboljih slovenskih sprintera. In I. Jukić et al. (Ed.), *8. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša* (str. 177-183). Sveučilište u Zagrebu & Udruga kondicijskih trenera Hrvatske.
- Bruggemann, G.P., & Glad, W. (1990). Biomechanical analyses of the jumping events; time analysis of the sprint and hurdle events: IAAF Scientific Research Project at the Games of XXXIV Olympiad-Seoul 1988: Final Report. Monaco: IAAF.
- Collet, C. (1999). Strategic aspects of reaction time in world-class sprinters. *Percept Motor Skills*, 88(1), 65-75.
- Čoh, M., Tomažin, K., and Štuhec, S. (2006). The biomechanical model of the sprint start and block acceleration. *Facta Universitatis- Series Physical Education and Sport* 4(2), 103-114.
- Čoh, M., Peharec, S., Bačić, P. (2007). The Sprint Start: Biomechanical Analysis of Kinematic, Dynamic and Electromyographic Parameters. *New Studies in Athletics*, 22(3), 29-38.
- Čoh, M., & Tomažin, K. (2008). Biodynamic characteristics of female sprinters during the acceleration phase and maximum speed phase. In M. Čoh (Ed.), *Biomechanical diagnostic methods in athletic training* (p. 125-133). University of Ljubljana.
- Delalija, A. & Babic, V. (2008). Reaction time and sprint results in athletics. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 8: 67-75.
- Delecluse, C.H.; Van Copenolle, H.; Willems, E.; Diels, R.; Goris, M.; Van Leemputte, M.; Vuylsteke, M. (1995). Analysis of 100 meter sprint performance as a multi-dimensional skill. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 87-101.
- Komi, V.P., Ishikawa, M., & Salmi, J. (2009). IAAF Sprint Start Research Project: Is the 100ms limit still valid? *New Studies in Athletics*, 24(1), 37-47.

- Mann, R.V. and Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic sprint performance: Mens 200 meters. *International Journal of Sport Biomechanic*, 1(2), 151-162.
- Martin, D. & Buoncristiani, J. (1995). Influence of reaction time on athletic performance. *New Studies in Athletics*, 10(1), 67-79.
- Mero, A, & Komi, P. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 73-80.
- Moravec, P., Ruziska, J., Susanka, P, Dostal, E., Kodejs, M., Nosek, M. (1988). The 1987 International Athletic Foundation/IAAF Scientific Project Report: time analysis of the 100 m events at the II World Championships in Athletics. *New Studies in Athletic*, 3, 61-96.
- Pavlovic, R., Rakovic, A., Idrizovic, K., Mihajlovic, I. (2013). Differences in the time of start reaction and achieved results in the sprint disciplines in the finals of the World Championship in Moscow. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 11(3), 285-297.
- Paradisis, G. P. (2013). Reaction Time and Performance in the Short Sprints. *New Studies in Athletic*, 28(1/2), 95-103.
- Стефановић, Ђ., Јухас, И., Јанковић, Н. (2008). Теорија и методика атлетике. Београд: Факултет спорта и физичког васпитања.
- Theophilos Pilianidis, T., Kasabalis, A., Mantzouranis, N., Mavvidis, A. (2012) Vrijeme startne reakcije I rezultat trčanja u sprinterskim disciplinama na olimpijskim igrama. *Kinesiology*, 44(1), 67-72.
- Tonnessen, E., Haugen, T., Shalfawi, S.A. (2013). Reaction time aspects of elite sprinters in athletic world championships. *The Journal of Strengh and Conditioning Research*, 27(4), 885-892.
- <http://www.iaaf.org/competitions/iaaf-world-championship>