



Aleš Dolenc,
Rok Bavdek, Vojko Strojnik

ReacTime System ni primeren za merjenje reakcijskega časa pri merjencih s slabim znanjem nizkega štarta

Izvleček

Na atletskih tekmovanjih, testiranjih in treningih se za merjenje reakcijskega časa uporablja ReacTime System (RTS). Opazili smo, da je izmerjen reakcijski čas pri nekaterih merjencih nepričakovano dolg. Da bi potrdili našo domnevo, da je razlog za to v različnem znanju izvedbe nizkega štarta iz štartnega bloka, smo izvedli raziskavo, v kateri smo pri merjencih z različnim znanjem izvedbe nizkega štarta primerjali reakcijske čase, izmerjene z RTS in s tenziometrijsko ploščo (TP). V raziskavi je sodelovalo 23 merjencev. Meritve so bile narejene hkrati z uporabo RTS in tenziometrijske plošče. Razdelitev merjencev v dve skupini je bila narejena s hierarhično metodo združevanja. Za primerjavo med RTS in TP je bil uporabljen t-test za vezane vzorce, za primerjavo razlik med skupinama pa t-test za neodvisne vzorce. Povezanost spremenljivk je bila izračunana s Pearsonovim korelacijskim koeficientom. V skupini z visokim prirastkom sile (VRFD) je bilo 7 merjencev, v skupini z nizkim prirastkom sile (NRFD) pa 16 merjencev. Primerjava reakcijskega časa, izmerjenega z RTS, je pokazala, da je skupina VRFD imela statistično značilno krajši reakcijski čas kot skupina NRFD ($P < 0,001$). V skupini VRFD je bila korelacija med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS, in reakcijskim časom, izmerjenim s TP, statistično značilna ($P < 0,001$), v skupini NRFD pa ne ($P = 0,893$). Na podlagi rezultatov naše raziskave lahko zaključimo, da RTS pravilno izmeri reakcijski čas pri merjencih, ki znajo dobro izvesti nizki štart iz štartnih blokov. Pri merjencih, ki nizkega štarta iz štartnih blokov ne znajo izvesti dobro, RTS izmeri predolg reakcijski čas.

Ključne besede: nizki štart, reakcijski čas, nepravilen štart, ReacTime System, tenziometrijska plošča



The ReacTime System is not appropriate for measuring reaction time in athletes with poor sprint start technique

Abstract

In athletic competitions, testing and training, the ReacTime System (RTS) is used to measure reaction time. It has been observed that the measured reaction time is unexpectedly long in some measurements. In order to confirm our assumption that the reason for this lies in the different knowledge of sprint start technique from the start block, we conducted a study comparing reaction times measured with RTS and force plate (TP) in subjects with different sprint start technique knowledge. Twenty-three subjects participated in the study. Measurements were taken simultaneously using the RTS and the force plate. The division of subjects into two groups was made using a hierarchical method. T-test for dependent samples was used for comparison between RTS and TP, and t-test for independent samples was used to compare differences between groups. The correlation of the variables was calculated using the Pearson correlation coefficient. There were 7 subjects in the group with high rate of force development (VRFD) and 16 subjects in the group with low rate of force development (NRFD). Comparison of reaction time measured by RTS revealed that the VRFD group had a statistically significantly shorter reaction time than the NRFD group ($P < 0.001$). In the VRFD group, the correlation between the reaction time measured by RTS and the reaction time measured by TP was statistically significant ($P < 0.001$), while it was not statistically significant in the NRFD group ($P = 0.893$). Based on the results of our research, we can conclude that the RTS correctly measures the reaction time in subjects that are able to perform a sprint start from the start blocks well. For those who are not able to perform the sprint start from the starting blocks well, the RTS measures too long reaction time.

Key words: sprint start from starting block, reaction time, ReacTime System, force plate.

■ Uvod

Reakcijski čas je v atletiki določen kot čas, ki preteče od štartnega signala do prve mehanske reakcije atleta. Meri se v atletskih sprinterskih disciplinah, kjer se štart izvede iz štartnih blokov. Krajša, kot je tekaška disciplina, večji vpliv ima reakcijski čas na končni čas teka (Collet, 1999) RT to a start should be especially important, as this may determine the outcome of the race. The aim of this study was to investigate whether sprinters (from 100 to 400 m. Pri teku na 100 m, kjer je končni rezultat približno 10 s, predstavlja reakcijski čas približno 1 % končnega rezultata. Ker so razlike v končnem rezultatu med sprinterji velikokrat samo ena ali dve stotinki, lahko reakcijski čas vpliva na končno uvrstitev tekmovalca. V atletiki velja pravilo, da tekmovalec ne more zavestno reagirati na štartni signal hitreje kot v 100 ms. Če tekmovalec reagira hitreje, se to smatra kot prezgodnji oziroma napačen štart ("Technical Rules," 2019). Za natančno merjenje reakcijskega časa se uporabljajo elektronske merilne naprave. Mednarodna atletska zveza (IAAF) priznava kot uradne sisteme za merjenje reakcijskega časa oziroma pobega na štartu sisteme treh proizvajalcev Lynx System Developers (ReacTime System), Seiko in Omega (Pain in Hibbs, 2007).

Na atletskih tekmovanjih v Sloveniji in tudi na IAAF tekmovanju v Zagrebu (Memorial Borisa Hanžekovića) je uradni časomerilec Timing Ljubljana, ki za merjenje reakcijskega časa na štartu uporablja ReacTime System (RTS). Enak sistem uporabljajo tudi slovenski atleti na testiranjih in treningih reakcijskega časa. Na testiranjih reakcijskega časa z RTS je bilo opaženo, da je izmerjen reakcijski čas nekaterih atletov nepričakovano dolg. Reakcijski čas je bil dva do tri krat daljši od pričakovanega reakcijskega časa, navedenega v literaturi (Babic in Delalija, 2009a; Daulatabad, Kambale in Ps, 2013; Ille, Selin, Do in Thon, 2013; Meckel, Atterbom, Grodjinovsky, Ben-Sira in Rotstein, 1995; A Mero in Komi, 1990; Pain in Hibbs, 2007) though very small, can differentiate overall performance in sprint races, where the margin of victory is often measured in thousandths of a second. This study, the second from a project examining the sprint and hurdle events at the 2004 Olympic Games in Athens, aimed to determine the differences in reaction times between male and female athletes. The results confirm previous findings that mean reaction time values are less for men than for

women. However, unlike with the women, statistically significant differences for different competitive levels (defined by how far the athlete advanced in the competition. Nepričakovano dolg reakcijski čas so po naših subjektivnih opažanjih na testiranjih imeli atleti, ki niso dobro obvladali štarta iz štartnega bloka. Razlog za takšne razlike med izmerjenimi in pričakovanimi reakcijskimi časi bi lahko bil v načinu zaznavanja začetka gibanja atleta, ki je uporabljen v RTS in v sami izvedbi nizkega štarta. V raziskavah reakcijskega časa je za zaznavanje začetka gibanja merjenca in posledično ugotavljanje prezgodnjega štarta najpogostejše uporabljena tenziometrijska plošča (TP), saj je s TP možno natančno zaznati začetek gibanja merjenca (Brown, Kenwell, Maraj in Collins, 2008; Fortier, Basset, Mbourou, Favérial in Teasdale, 2005; Gander idr., 1994; Mendoza in Schöllhorn, 1993; A Mero in Komi, 1990; Antti Mero, Kuitunen, Harland, Kyröläinen in Komi, 2006; Payne, Slater in Telford, 1968) we hypothesized that the loud starter's pistol at the Olympic Games allows runners closer to the starter to react sooner and stronger than runners farther away. Methods: RT for the 100/110 m athletics events at the 2004 Olympics were obtained from International Association of Athletics Federations archives and binned by lane. Additionally, 12 untrained participants and four trained sprinters performed sprint starts from starting blocks modified to measure horizontal force. The "go" signal, a recorded gunshot, was randomly presented at 80–100–120 dB. Results: Runners closest to the starter at the Olympics had significantly lower RT than those further away. Mean RT for lane 1 (160 ms. Prav zaradi

natančnosti zaznavanja začetka gibanja je TP ustrežna merilna naprava, s katero lahko preverimo tudi natančnost sistemov merjenja reakcijskega časa, ki se uporabljajo v atletiki.

Namen raziskave je bil pri merjenjih z različnim znanjem izvedbe nizkega štarta iz štartnega bloka primerjati reakcijski čas, izmerjen z RTS, in reakcijski čas, izmerjen s TP.

■ Metode

V raziskavi je sodelovalo 23 merjencev obeh spolov (teža $74,6 \pm 12,3$ kg; višina $1,79 \pm 0,08$ m; starost $23 \pm 7,2$ let). Merjenci so se med seboj razlikovali v znanju izvedbe nizkega štarta iz štartnega bloka. Sedem merjencev je treniralo atletiko in vsi so znali dobro izvesti nizki štart iz štartnih blokov. Ostali merjenci niso imeli izkušenj z uporabo štartnih blokov pri nizkem štartu. V tej skupini merjencev so štirje trenirali roket, trije košarko, šest se jih je rekreativno ukvarjalo z različnimi športi, trije pa niso bili športno aktivni. Vsi merjenci so bili pred meritvami seznanjeni z dobrobitjo meritev in so v skladu s Tokijsko-Helsinško deklaracijo podpisali privoljeno odobritev sodelovanja na meritvah.

■ Protokol meritve

Merjenci so se pred začetkom meritev ogreli. Vsak merjenec si je nastavil štartni blok tako, kot mu je najbolj ustrezalo. Pred meritvijo je vsak merjenec naredil vsaj dva poskusa nizkega štarta iz štartnega bloka, da je preveril nastavitev štartnega bloka



Slika 1. Postavitev merilnega mesta in merjenca na merilnem mestu. RTS – ReacTime System; TP – tenziometrijska plošča.

in dobil čim boljši subjektivni občutek za štart. Nato so bile narejene tri meritve nizkega štarta iz štartnega bloka, ki se je nadaljeval v šprint. Štarter je dal štartna povelja v skladu s predpisi IAAF. Odmor med posameznim šprintom je bil vsaj 5 min, da smo se izognili vplivu utrujenosti na rezultate meritev. Meritev z RTS in TP je bila narejena hkrati in sinhronizirana preko elektronske naprave za štartni signal.

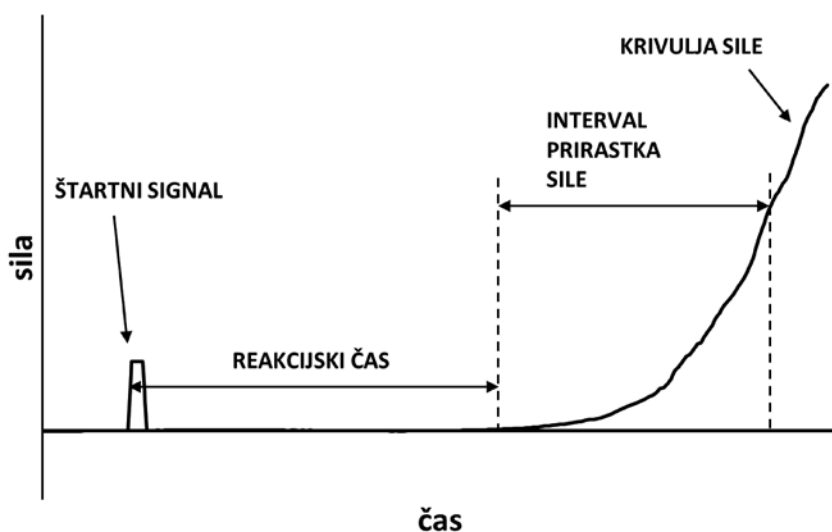
■ Meritev reakcijskega časa z RTS

Na štartni blok, ki je bil postavljen na TP (Slika 1), je bil v skladu z navodili proizvajalca pritrjen RTS (Lynx System Developers, Inc., Haverhill, USA). RTS je bil povezan z elektronsko napravo za štartni signal, ki je štartala RTS. Reakcijski čas je bil odčitán z RTS na tisočinko natančno. Za izračun reakcijskega časa je bil uporabljen algoritem, ki je vgrajen v RTS in nam ni poznan, ker je poslovna skrivnost proizvajalca RTS (Meckel idr., 1995).

■ Meritev reakcijskega časa s TP

Za meritve reakcijskega časa je bila uporabljena tenziometrijska plošča velikosti 0,5 x 0,7 m (Kistler, Winterthur, CH). Na TP je stal štartni blok. Merjenec je imel med nizkim štartom roke izven TP (Slika 1). Podatki iz TP so bili zajeti s sistemom LabView (v. 7.3, National Instruments, Austin, TX, USA) s frekvenco vzorčenja 2 kHz. Štartni signal je bil dan z elektronsko napravo za štartni signal in hkrati s podatki iz TP, beležen s sistemom LabView. Reakcijski čas je predstavljal čas od trenutka pojava štartnega signala do trenutka, ko je sila na TP narasla za 10 N nad osnovno linijo sile TP pred štartom (Slika 2). Izračun reakcijskega časa je bil narejen ročno, da smo se izognili možnosti, da bi bila morebitna motnja v signalu prepoznavna kot začetek gibanja merjenca. Za oceno kvalitete izvedbe nizkega štarta je bil uporabljen naklon naraščanja sile (Rate of Force Development – RFD). RFD je bil izračunan kot povprečni naklon krivulje sila-čas na intervalu 50 ms od trenutka, ko je sila na TP narasla za 10 N nad osnovno linijo sile TP pred štartom (Slika 2) (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson in Dyhre-Poulsen, 2002) impulse (time-integrated force).

Med rezultati treh meritev nizkega štarta iz štartnega bloka smo za nadaljnjo anali-



Slika 2. Prikaz analize sile reakcije podlage pri meritvi s tenziometrijsko ploščo.

zo uporabili podatke meritve, pri kateri je merjenec dosegel najkrajši reakcijski čas, ki je bil izmerjen z RTS in je bil v skladu s pravili IAAF.

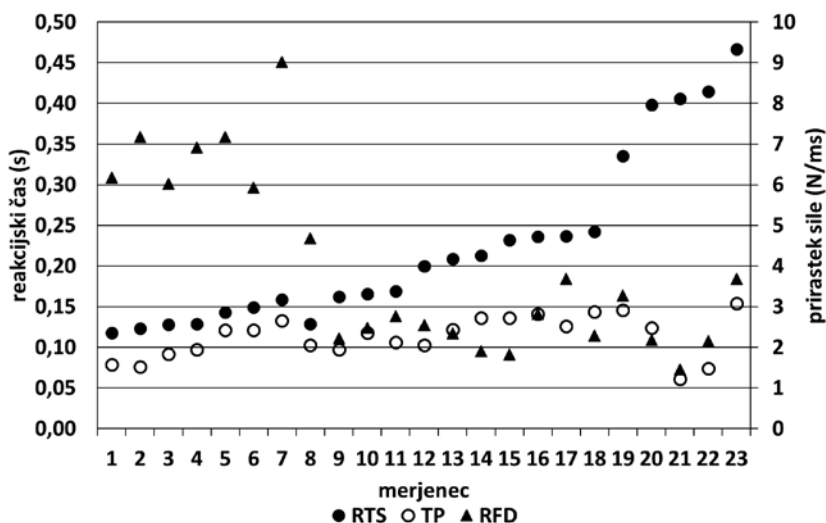
■ Statistična analiza

Statistična analiza je bila narejena z računalniškim program IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. (Armonk, NY: IBM Corp.). Za primerjavo med RTS in TP je bil uporabljen t-test za vezane vzorce. V primeru, da podatki niso bili normalno porazdeljeni, je bil uporabljen Wilcoxonov test predznačenih rangov. Razdelitev merjencev v skupine je bila narejena s hierarhično metodo združevanja. Za kriterij razdelitve je bila uporabljena spremenljivka RFD.

Razlika med skupinama je bila izračunana s t-testom za neodvisne vzorce oziroma z Mann-Whitney testom v primeru, ko podatki niso bili normalno porazdeljeni. Povezanost spremenljivk je bila izračunana s Pearsonovim korelacijskim koeficientom. Statistična značilnost je bila sprejeta na osnovi 5 % tveganja.

■ Rezultati

Povezanost rezultatov, izmerjenih z RTS in TP, je bila izračunana s korelacijskim koeficientom. Korelacija med reakcijskim časom RTS in TP je bila nizka in statistično neznačilna ($r = 0,168$; $P = 0,442$). Reakcijski čas, izmerjen z RTS ($M = 225$ ms; $SD = 10,8$), je bil statistično značilno daljši ($P < 0,001$) kot



Slika 3. Reakcijski čas, izmerjen z RTS in TP za vsakega merjenca, ter prirastek sile, izmerjen s TP. RTS – ReacTime System; TP – tenziometrijska plošča; RFD – prirastek sile.

reakcijski čas, izmerjen s TP ($M = 114$ ms; $SD = 2,6$) (Slika 3).

Kvaliteta izvedbe nizkega štarta je bila v naši raziskavi ocenjena s spremenljivko RFD (Slika 3). Povezanost med RFD in reakcijskim časom, izmerjenim z RTS, je bila statistično značilna ($r = -0,55$; $P = 0,007$), povezanost med RFD in reakcijskim časom, izmerjenim s TP, pa ne ($r = -0,127$; $P = 0,564$). Izračuni so bili narejeni za celotno skupino merjencev. V nadaljnjih analizah so bili merjenci na osnovi RFD s hierarhično metodo združevanja razdeljeni v dve skupini. V skupino, ki je imela visok RFD (VRFD), je bilo razvrščenih 7 merjencev, v skupino, ki je imela nizek RFD (NRFD), pa šestnajst merjencev. Skupina VRFD je imela statistično značilno višje vrednosti RFD kot skupina NRFD (VRFD: $M = 6,91$ N/ms; $SD = 1,07$; NRFD: $M = 2,64$ N/ms; $SD = 0,83$; $t(21) = 10,424$; $P < 0,001$). Primerjava reakcijskega časa, izmerjenega z RTS, je pokazala, da je skupina VRFD imela statistično značilno krajši reakcijski čas kot skupina NRFD (VRFD: $M = 136$ ms; $SD = 1,2$; NRFD: $M = 264$ ms; $SD = 105,6$; $P < 0,001$). Skupini se nista razlikovali v reakcijskem času, ki je bil izmerjen s TP (VRFD: $M = 103$ ms; $SD = 2,2$; NRFD: $M = 118$ ms; $SD = 2,6$; $t(21) = -1,358$; $P = 0,189$).

Analiza posamezne skupine je pokazala, da je bila v skupini VRFD korelacija med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS, in reakcijskim časom, izmerjenim s TP, statistično značilna ($r = 0,973$; $P < 0,001$). Reakcijski čas, izmerjen z RTS ($M = 136$ ms; $SD = 1,2$), je bil pri vseh merjencih statistično značilno

daljši kot reakcijski čas, izmerjen s TP ($M = 103$ ms; $SD = 2,2$; $t(6) = 10,188$; $P < 0,001$) (Slika 4). V skupini NRFD ni prišlo do statistično značilne korelacije med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS in reakcijskim časom, izmerjenim s TP ($r = -0,037$; $P = 0,893$). Podobno kot v skupini VRFD, je bil tudi v skupini NRFD reakcijski čas, izmerjen z RTS ($M = 264$ ms; $SD = 105,6$), statistično značilno daljši kot reakcijski čas, izmerjen s TP ($M = 118$ ms; $SD = 2,6$; $P < 0,001$) (Slika 4).

Razlaga

Namen raziskave je bil ugotoviti, ali je RTS primeren sistem za merjenje reakcijskega časa pri merjencih, ki ne znajo dobro izvesti nizkega štarta iz štartnega bloka. V ta namen smo primerjali meritev reakcijskega časa z RTS in meritev reakcijskega časa s TP pri merjencih, ki so imeli različno znanje izvedbe nizkega štarta. Na podlagi statistično neznačilne korelacije med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS in reakcijskim časom, izmerjenim s TP, lahko zaključimo, da RTS ni primeren za merjenje reakcijskega časa, kadar merimo heterogeno skupino. Reakcijski čas, izmerjen z RTS, je odvisen tudi od RFD, kar potrjuje njuna statistično značilna povezanost. Nasprotno pa korelacija med reakcijskim časom, izmerjenim s TP in RFD, ni statistično značilna, kar pomeni, da reakcijski čas, izmerjen s TP, ni v neposredni povezavi s spreminjanjem RFD.

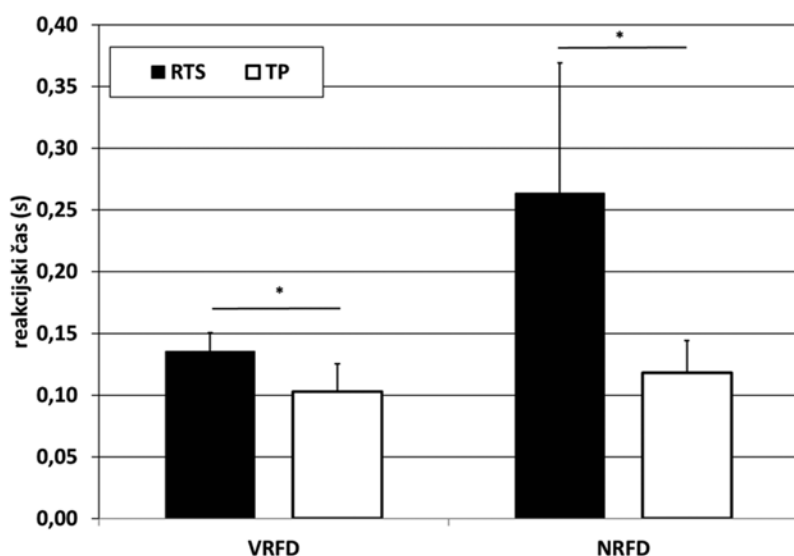
Da bi ugotovili, ali je RTS ustrezna naprava za merjenje reakcijskega časa v bolj homo-

geni skupini, smo merjence razdelili v dve skupini. Razdelitev je bila narejena s hierarhično metodo združevanja na podlagi spremenljivke RFD. V skupino VRFD so bili uvrščeni merjenci z višjim RFD, v skupino NRFD pa merjenci z nižjim RFD. Analiza skupin je pokazala, da so bili v skupino VRFD razvrščeni vsi merjenci, ki trenirajo atletske sprinterske discipline, v skupino NRFD pa vsi ostali merjenci. Takšna razdelitev merjencev v skupini se ujema z dejstvom, da je RFD odvisen od nivoja znanja izvedbe nizkega štarta oziroma dovršenosti medmišične koordinacije (Aagaard idr., 2002; Fortier idr., 2005)(b). Tako lahko zaključimo, da skupina VRFD predstavlja merjence, ki obvladajo nizki štart, skupina NRFD pa predstavlja merjence, ki ne obvladajo nizkega štarta iz štartnega bloka.

Rezultat vsakega merilnega sistema za merjenje reakcijskega časa je sestavljen iz »dejanskega« reakcijskega časa, ki izvira iz živčno-mišičnega delovanja, in spremenljivk, ki ne izvirajo iz živčno-mišičnega delovanja. Slednje so v različnih merilnih sistemih prisotne v različnem obsegu in velikosti (Pain in Hibbs, 2007), zaradi česar reakcijski časi, izmerjeni z različnimi sistemi, niso povsem primerljivi med seboj (Dapena, 2005; Julin in Dapena, 2003; Pain in Hibbs, 2007). Če bi bile spremenljivke, ki ne izvirajo iz živčno-mišičnega delovanja v RTS in TP, prisotne v približno enakem obsegu in velikosti, bi morala obstajati visoka korelacija med izmerjenimi reakcijskimi časi z RTS in TP, reakcijski časi, izmerjeni z enim sistemom, pa bi se morali razlikovati od izmerjenih reakcijskih časov z drugim sistemom za določeno konstanto oziroma sistematično napako.

V našem primeru je bila korelacija med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS in TP, visoka oziroma statistično značilna v skupini VRFD. To pomeni, da je bila v skupini VRFD razlika med rezultati obeh merilnih sistemov posledica sistematične napake. V skupini NRFD korelacija med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS in TP, ni bila statistično značilna, kar pomeni, da razlika v izmerjenem reakcijskem času z RTS in TP v skupini NRFD ni posledica sistematične napake.

Reakcijski čas v naši raziskavi je bil sestavljen iz časa, v katerem zvok od štartne naprave pripotuje do merjenca, iz živčno-mišične komponente reakcijskega časa in časa, v katerem naprava zazna zadostni porast merjenega parametra (Pain, 2003). Ker so bile meritve narejene istočasno z RTS



Slika 4. Povprečne vrednosti reakcijskega časa in standardnega odklona za skupini z visokim prirastkom sile (VRFD) in nizkim prirastkom sile (NRFD). RTS – ReacTime System; TP – tenziometrijska plošča; * $P < 0,001$.

in TP, sta bila čas, v katerem zvok od štarne naprave pripotuje do merjenja, in čas živčno-mišične komponente reakcijskega časa enaka za obe merilni napravi. Razlika v reakcijskem času je lahko nastala samo na podlagi časa, v katerem naprava zazna zadostni porast merjenega parametra. Ugotovili smo, da je pri merjenjih, ki znajo dobro izvesti nizki štart (skupina VRFD), izmerjen reakcijski čas z RTS povprečno za 33 ms daljši kot reakcijski čas, izmerjen s TP. Pri merjenjih, ki nizkega štarta ne znajo izvesti dovolj dobro (skupina NRFD), je meritev z RTS pokazala za povprečno 146 ms daljši reakcijski čas kot meritev s TP. Ker povprečni reakcijski čas pri meritvi z RTS ni enako daljši od reakcijskega časa, izmerjenega s TP, v obeh skupinah, razlike v primerjavi med reakcijskim časom, izmerjenim z RTS in TP, ni možno pripisati sistematični napaki, ampak je razlog lahko predvsem posledica napačne zaznave začetka gibanja merjenja pri meritvi z RTS.

Za merjenje reakcijskega časa uporabljata RTS in TP različno tehnologijo. RTS kot merilno tehnologijo uporablja pospeškometer, ki je vgrajen v enoto, z vijaki pritrjeno na zadnji sredinski del štartnega bloka. Vgrajeni software uporablja neobjavljeno mejno vrednost merjene spremenljivke za določitev začetka štartne akcije. Ne glede na to, na podlagi katere spremenljivke, povezane s pospeškom, RTS določi začetek štartne akcije, lahko trdimo, da je velikost pospeška povezana z RFD. Pri konstantni masi velja, večji, kot je RFD, večji je pospešek. Iz tega lahko sklepamo, da bodo merjenji z nizkim RFD potrebovali daljši čas, da dosežejo mejno vrednost, ki temelji na pospešku, kot merjenji, ki imajo visok RFD. Merjenji v skupini NRFD so imeli nižji RFD kot merjenji v skupini VRFD, zato lahko zaključimo, da so imeli merjenji v skupini NRFD manjši pospešek na začetku štartne akcije kot merjenji v skupini VRFD. Manjši pospešek na začetku štartne akcije pri merjenjih v skupini NRFD pomeni, da so ti merjenji potrebovali več časa, da so dosegli mejno vrednost za določitev začetka štartne akcije, posledično pa je bil z RTS izmerjen nenormalno dolg reakcijski čas. Pri vseh merjenjih skupine NRFD je bil reakcijski čas, izmerjen z RTS, daljši kot reakcijski čas, izmerjen s TP. Pri nekaterih merjenjih celo več kot 5-krat daljši. Pri meritvi z RTS je bil reakcijski čas te skupine daljši, kot ga navaja literatura (Babic in Delalija, 2009a, 2009b; Daulatabad idr., 2013; Ille idr., 2013; Meckel idr., 1995; A Mero in Komi, 1990; Pain in Hibbs, 2007) though very small, can

differentiate overall performance in sprint races, where the margin of victory is often measured in thousandths of a second. This study, the second from a project examining the sprint and hurdle events at the 2004 Olympic Games in Athens, aimed to determine the differences in reaction times between male and female athletes. The results confirm previous findings that mean reaction time values are less for men than for women. However, unlike with the women, statistically significant differences for different competitive levels (defined by how far the athlete advanced in the competition. Nasprotno so imeli merjenji v skupini VRFD visok RFD, zaradi česar so imeli velik pospešek na začetku štartne akcije in posledično kratek čas, da so dosegli mejno vrednost za določitev začetka štartne akcije, zaradi česar je bil reakcijski čas, izmerjen z RTS, primerljiv z reakcijskim časom v literaturi (Babic in Delalija, 2009a, 2009b; Daulatabad idr., 2013; Ille idr., 2013; Meckel idr., 1995; A Mero in Komi, 1990; Pain in Hibbs, 2007) though very small, can differentiate overall performance in sprint races, where the margin of victory is often measured in thousandths of a second. This study, the second from a project examining the sprint and hurdle events at the 2004 Olympic Games in Athens, aimed to determine the differences in reaction times between male and female athletes. The results confirm previous findings that mean reaction time values are less for men than for women. However, unlike with the women, statistically significant differences for different competitive levels (defined by how far the athlete advanced in the competition. Na osnovi tega lahko zaključimo, da RTS pravilno izmeri reakcijski čas pri merjenjih, ki obvladajo nizki štart iz štartnega bloka.

TP meri silo, s katero merjenec pritiska na TP. Za začetek štartne akcije je bil določen trenutek, ko se je sila povečala za 10 N glede na osnovno linijo. Obdelava je bila narejena ročno, da smo se izognili morebitnim napačnim detekcijam začetka štartne akcije. Čas začetka naraščanja sile ali navora je z ročno obdelavo 25 ms (Pain, 2003) do 330 ms (Soda, Mazzoleni, Cavallo, Guglielmelli in Iannello, 2017) krajši od časa avtomatske detekcije arbitrnega praga, kar pomeni, da je ročna obdelava bolj natančna kot avtomatska obdelava. Skupini VRFD in NRFD se v izmerjenem reakcijskem času s TP nista statistično značilno razlikovali. Na osnovi tega lahko zaključimo, da smo se pri meritvah s TP približali dejanskemu času začetka štartne akcije pri vseh merjenjih

ne glede na način izvedbe nizkega štarta iz štartnega bloka.

Na podlagi rezultatov naše raziskave lahko zaključimo, da RTS pravilno izmeri reakcijski čas pri merjenjih, ki znajo dobro izvesti nizki štart iz štartnih blokov. Pri merjenjih, ki nizkega štarta iz štartnih blokov ne znajo izvesti dobro, RTS izmeri predolg reakcijski čas. Sistem RTS ni primeren za merjenje reakcijskega časa pri merjenjih, ki slabo obvladajo nizki štart iz štartnih blokov, lahko pa ga uporabljajo kot pripomoček za treniranje nizkega štarta.

Literatura

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P. in Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 93(4), 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
2. Babic, V. in Delalija, A. (2009a). Reaction Time Trends in the Sprint and Hurdle Events at the 2004 Olympic Games: Differences Between Male and Female Athletes. *New Studies in Athletics*, 24(1), 59–68. Retrieved from http://194.213.2.7/wps/portal/iaaf/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd443dDcBSUGYxvqRGJGJGWMQMEWK-Hvm5qfpBQLlI-c6CQkYuxflROanpicqV-sL63foB-QW5oa-ES5tyMAW-tDnA!!/delta/base64xml/L0IJsk03dWIDU1IKSi9vQXD3QUFNWWd-BQ0VJUWhDRUVJaEZLQSEvNEZH2RZbktKMEZSb1hmckNIZGgvN19DXz-JEMy8yMzAzMi9zYS5zcGZfQWN0aW9uT-GlzdGVuZXI!!PC_7_C_2D3_spf_strutsAction=12fhtml!2fview!2fsearchEntity.do#7_C_2D3
3. Babic, V. in Delalija, A. (2009b). Reaction Time Trends in the Women's Sprint and Hurdle Events at the 2004 Olympic Games. *New Studies in Athletics*, 24(1), 49–57. Retrieved from http://194.213.2.7/wps/portal/iaaf/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLd443dDcBSUGYxvqRGJGJGWMQMEWK-Hvm5qfpBQLlI-c6CQkYuxflROanpicqV-sL63foB-QW5oa-ES5tyMAW-tDnA!!/delta/base64xml/L0IJsk03dWIDU1IKSi9vQXD3QUFNWWd-BQ0VJUWhDRUVJaEZLQSEvNEZH2RZbktKMEZSb1hmckNIZGgvN19DXz-JEMy8yMzAzMi9zYS5zcGZfQWN0aW9uT-GlzdGVuZXI!!PC_7_C_2D3_spf_strutsAction=12fhtml!2fview!2fsearchEntity.do#7_C_2D3
4. Brown, A. M., Kenwell, Z. R., Maraj, B. K. V in Collins, D. F. (2008). "Go" Signal Intensity Influences the Sprint Start. *Medicine in Science in Sports in Exercise*, 40(6), 1144–1150. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318169770e1>

5. Collet, C. (1999). Strategic aspects of reaction time in world-class sprinters. *Perceptual and Motor Skills Research Exchange*, 88(1), 65–75. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10214633>
6. Dapena, J. (2005). The "loud gun" starting system currently used at the Olympic Games. *Track and Field News*. Retrieved from http://www.sportbiomechanics.com/articles/loud_gun_Olympic_Games_not_proper_functioning_Dapena.pdf
7. Daulatabad, V. S., Kamble, P. a in Ps, B. (2013). An appraisal of reaction time in elite sprinters and Its comparison with age-matched controls. *International Journal of Medical Research in Health Sciences*, 2(3), 523. <https://doi.org/10.5958/j.2319-5886.2.3.092>
8. Fortier, S., Basset, F. a, Mbourou, G. a, Favérial, J. in Teasdale, N. (2005). Starting Block Performance in Sprinters: A Statistical Method for Identifying Discriminative Parameters of the Performance and an Analysis of the Effect of Providing Feedback over a 6-Week Period. *Journal of Sports Science in Medicine*, 4(2), 134–143. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3880880&intool=pmcentrez&rendertype=abstract>
9. Gander, R. E., McClements, J. D., Sanderson, L. K., Rostad, B. a., Josephson, K. E. in Pratt, a. J. (1994). Sprint start instrumentation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 43(4), 637–643. <https://doi.org/10.1109/19.310180>
10. Ille, A., Selin, I., Do, M.-C. in Thon, B. (2013). Attentional focus effects on sprint start performance as a function of skill level. *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1705–1712. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.797097>
11. Julin, a L. in Dapena, J. (2003). Sprinters at the 1996 Olympic Games in Atlanta did not hear the starter's gun through the blocks. *New Studies in Athletics*, 18(1), 23–27.
12. Meckel, Y., Atterbom, H., Grodjinovsky, A., Ben-Sira, D. in Rotstein, A. (1995). Physiological characteristics of female 100 metre sprinters of different performance levels. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(3), 169–175.
13. Mendoza, L. in Schöllhorn, W. (1993, February). Training of the sprint start technique with biomechanical feedback. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/02640419308729959>
14. Mero, A in Komi, P. V. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(1–2), 73–80. <https://doi.org/10.1007/BF00236697>
15. Mero, Antti, Kuitunen, S., Harland, M., Kyröläinen, H. in Komi, P. V. (2006). Effects of muscle-tendon length on joint moment and power during sprint starts. *Journal of Sports Sciences*, 24(2), 165–173. <https://doi.org/10.1080/02640410500131753>
16. Pain, M. T. G. (2003). Identifying reaction times in sprint starts: A comparison of wavelet analysis and custom algorithms. *International Journal of Computer Science in Sport*, 2(2), 129–131. Retrieved from <http://www.lboro.ac.uk/microsites/ssehs/biomechanics/papers/reaction03.pdf>
17. Pain, M. T. G. in Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), 79–86. <https://doi.org/10.1080/02640410600718004>
18. Payne, a H., Slater, W. J. in Telford, T. (1968). The use of a force platform in the study of athletic activities. A preliminary investigation. *Ergonomics*, 11(2), 123–143. <https://doi.org/10.1080/00140136808930950>
19. Soda, P., Mazzoleni, S., Cavallo, G., Guglielmelli, E. in Iannello, G. (2017). Human movement onset detection from isometric force and torque measurements: A supervised pattern recognition approach. *Artificial Intelligence in Medicine*, 50(1), 55–61. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2010.04.008>
20. Technical Rules. (2019). Pridobljeno Februar 7, 2020, from <https://www.worldathletics.org/about-iaaf/documents/book-of-rules>

doc. dr. Aleš Dolenec
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
Gortanova 22, 1000 Ljubljana
ales.dolenec@fsp.uni-lj.si