

**UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT**

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za šport



**PRIMERJAVA NEKATERIH KINEMATIČNIH PARAMETROV
V ŠTARTU VRHUNSKEGA ŠPRINTERJA**

DIPLOMSKO DELO

mentor: dr. Milan Čoh
konzultant: dr. Katja Tomažin
recenzent: dr. Ivan Čuk

Avtor: Jernej Čamernik

Ljubljana, 2007

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Milanu Čohu, za napotke in pomoč pri izdelavi diplomskega dela, kakor tudi asistentki dr. Katji Tomažin za vsa koristna navodila in usmerjanje, ter vsem ostalim ki so mi kakorkoli pomagali pri izdelavi te naloge.

Še posebno pa se zahvaljujem svoji družini, ženi Petri in otrokoma Roku in Valu, ki so mi vseskozi stali ob strani, ter sodelavcu in prijatelju Stanku Štuhcu, za vsestransko pomoč in podporo.

IZVLEČEK

V diplomskem delu smo na podlagi dvodimenzionalne kinematične analize videoposnetkov s frekvenco zajema 200 slik/sekundo analizirali tehniko nizkega štarta, trenutno najhitrejšega šprinterja v Sloveniji in v svetu, Matica Osovníkarja. Kvalitativno smo primerjali nekatere kinematične parametre štartnega položaja, štartne akcije in akceleracije oziroma pospeška. Primerjava dveh nizkih štartov je pokazala, da je tehnika nizkega štarta vrhunskega šprinterja popolnoma avtomatiziran gibalni program, saj se kljub večkratnim ponovitvam štarta tehnika bistveno ne spreminja. Izračunane vrednosti kinematičnih spremenljivk so v primerjavi s podobnimi tujimi študijami v veliki meri pokazale visoko primerljivost našega merjenca z ostalimi vrhunskimi šprinterji.

Ključne besede: atletika, šprint, nizki štart, biomehanika, kinematika.

1. UVOD	2
2. PREDMET IN PROBLEM.....	4
2.1. BIOMEHANIKA - KINEMATIKA	6
2.2. OSNOVE TEHNIKE ŠPRINTERSKEGA TEKA	9
2.3. NIZKI ŠTART	12
2.3.1. <i>KINEMATIKA NIZKEGA ŠARTA</i>	21
3. CILJI PROUČEVANJA.....	26
4. HIPOTEZE.....	26
5. METODE DELA	27
5.1. VZOREC MERJENCEV	27
5.2. VZOREC SPREMENLJIVK	29
5.2.1. <i>Kinematične spremenljivke</i>	29
5.3. OPIS MERSKEGA POSTOPKA.....	32
5.4. METODE OBDELAVE PODATKOV	34
6. REZULTATI IN RAZPRAVA.....	36
6.1. KINEMATIČNA ANALIZA ŠARTOV	36
7. ZAKLJUČEK	52
8. VIRI	54

1. UVOD

Rezultati v atletskih disciplinah so odvisni od številnih dejavnikov in med njimi je športna tehnika zanesljivo ključnega pomena. Športno tehniko lahko definiramo kot racionalno in učinkovito izvedbo hkratnih ali zaporednih gibov, ki zagotavljajo glede na posameznikove sposobnosti in značilnosti optimalen športni rezultat (Zatsiorsky, 2000).

Znanstvena veda za optimalno preučevanje športne tehnike je biomehanika, ki raziskuje strukturo in funkcije bioloških sistemov s pomočjo svojih metod. Namen biomehanike je s pomočjo objektivnih metod in tehnologije pridobivati relevantne kvantitativne parametre športne tehnike, ki omogočajo ugotavljanje tehnične pripravljenosti, transformacijo tehnike in korekcijo tehnične priprave športnika.

Tek je ena najbolj elementarnih oblik gibanja, je osnova mnogih športnih panog in sestavni del atletskih disciplin. Tek na kratke proge (do 400m) ali šprint je najhitrejši način človekovega gibanja brez pripomočkov. Šprinterski tek je ena od osrednjih atletskih disciplin, glede na kinematično strukturo, razvoj in stopnjevanje motoričnih in funkcionalnih sposobnosti pa predstavlja tudi skupno osnovo nekaterim drugim športnim panogam.

Šprint kot atletska disciplina je že od nekdaj privlačila mnoge avtorje k raziskovanju in proučevanju tehnike gibanja tekmovalca z namenom optimiziranja gibanja, kar posledično vpliva na uspešnost športnikov. Vrhunske rezultate je namreč mogoče pričakovati le od redkih posameznikov, saj je uspešnost v šprintu odvisna v veliki meri od genetskih dejavnikov.

Diplomska naloga je usmerjena v proučevanje kinematičnih parametrov tehnike gibanja v šprintu oziroma njegovem nizkem štartu. Tehnika je v šprintu pomemben generator športnikove učinkovitosti, prav tako pa čedalje večja konkurenca v sodobnem športu zahteva vse bolj poglobljeno znanstveno-raziskovalno delo pri uporabi novih biomehanskih tehnologij in metod, s katerimi lahko čim bolj objektivno analiziramo in ovrednotimo tehniko.

V pričujoči nalogi nas bo iz vidika kinematike zanimala predvsem prva faza, oziroma štartna faza šprinta, in sicer od štartnega signala (strele) do tretjega koraka.

2. PREDMET IN PROBLEM

V zadnjih letih, ko so na razpolago modernejša sredstva za proučevanje in analizo gibanj so se raziskave v zvezi s proučevanjem šprinterskega štarta še povečale. Različni avtorji (Hoster, 1981; Mero, Luthanen in Komi, 1983; Mero in Komi 1990; Harland in Steele 1997; in drugi) so z biomehanskega stališča skušali ugotoviti tiste parametre, ki v največji meri prispevajo h končnemu rezultatu. Tudi v Sloveniji je bilo v zadnjih letih na temo šprinta in njegovih komponent izdelanih že kar nekaj diplomskih nalog, objavljenih nekaj znanstvenih člankov, ter nekaj poglavij v znanstveni monografiji Biomehanika atletike (Čoh, 2001). Nedvomno so tovrstna dela v veliki meri pripomogla k boljšemu razumevanju biomehanskih zakonitosti obravnavane atletske discipline pri nas, saj smo bili do sedaj omejeni le na tujo literaturo.

Poleg moči in hitrosti, potrebuje tekmovalec še do potankosti izdelan motorični program tehnike šprinterskega štarta, saj ima lahko vsaka napaka v izvedbi štarta za posledico slabši končni rezultat. V šprinterskih disciplinah na 100, 200 in tudi 400m je izpopolnjena tehnika štarta ključnega pomena za doseganje vrhunskega končnega rezultata. Šprinter mora biti sposoben v zelo kratkem času razviti zelo veliko silo predvsem v smeri naprej, za kar je potreben ustrezen začetni položaj. Potem, ko se je šprinter »izstrelil« iz štartnega bloka, so optimalno izvedeni prvi trije koraki ključnega pomena za uspešno nadaljevanje šprinta. Tellez in Doolittle (1984) sta v svoji študiji dokazala, da čas izhoda šprinterja na 100m iz štartnega bloka predstavlja približno 5% celotnega časa na tej razdalji. Vendar pa lahko dober štart doprinese veliko več kot le dober čas pri zapuščanju štartnega bloka. To potrjujejo raziskave, ki kažejo, da optimalen položaj šprinterja v položaju »pozor« in pa mehanika gibanja takoj po štartnem signalu v veliki meri vplivajo na učinkovito pospeševanje v prvih nekaj korakih. Skoraj vsi strokovnjaki s področja šprinta se tudi strinjajo, da je dober štart ključnega pomena za dober končni rezultat, vendar pa se vedno pojavlja problem določanja ključnih biomehanskih parametrov, ki naj bi prispevali k hitrejšemu štartu in katere od njih bi bilo potrebno spremeniti za izboljšanje učinkovitosti štarta.

V diplomski nalogi sta analizirana 2 nizka štarta trenutno najhitrejšega šprinterja v Sloveniji in tudi enega najhitrejših šprinterjev na svetu, Matica Osovníkarja. Kot

glavni vir so v nalogi uporabljeni podatki pridobljeni na podlagi dvodimenzionalne kinematične analize videoposnetkov, ki so bili zajeti s hitroslikovnim sistemom MBlitz, s frekvenco zajema 200 slik na sekundo. Izmed šestih štartov, ki so bili opravljeni na treningu, sta bila izbrana dva – najboljši in najslabši, na podlagi časa težišča telesa na razdalji 20m (najhitrejši in najpočasnejši). Dobljene podatke smo skušali primerjati z dostopno literaturo, ki temelji na opravljenih biomehanskih analizah tujih in domačih avtorjev.

2.1. BIOMEHANIKA - KINEMATIKA

Biomehanika proučuje posebnosti gibanja človeka v prostoru in času. Na osnovi biomehanske analize ugotavljamo učinkovitost posameznih načinov izvedbe elementov gibanja. Biomehanika proučuje splošne zakonitosti gibanja, med drugim tudi delovanje sil pri gibanju tekmovalca v povezanosti z osnovnimi mehanizmi gibanja. Pod pojmom mehanizem gibanja razumemo najbistvenejše zakonitosti gibanja, ne glede na individualne posebnosti, torej to kar je skupnega vsem tekmovalcem.

Raziskave na področju biomehanike v atletiki imajo več kot stoletje dolgo tradicijo. Eno od področij biomehanike je kinematika. Kinematične spremenljivke opisujejo gibanje ne glede na sile, ki so povzročile to gibanje. Vključujejo linearne in kotne spremembe poti, hitrosti in pospeške. Opisane spremembe poti lahko ugotovimo na različne načine iz: težišč posameznih telesnih segmentov, vrtilišč različnih sklepov, določenih ekstremnih delov telesa ali anatomskih izboklin.

Za prve analize je bil uporabljen klasični fotoaparati. Z njim je bilo zaradi hitrih zaporedij gibanja zelo težko ujeti želen položaj tekmovalca. Z razvojem filmske kamere se je pričela časovna analiza gibanja (enaki časovni presledki med dvema slikama). Biomehaniki so s preprostimi metodami pričeli slediti točke na tekmovalcu. Te koordinate so najprej proučevali samo ravninsko (2D-dvodimenzionalno). Z uporabo dveh statičnih kamer, ki hkrati snemata istega tekmovalca, pa se je pričelo preračunavanje ravninskih koordinat v prostorske (3D-tridimenzionalne). Na natančnost podatkov je v veliki meri vplival način umeritve prostora in metoda preračuna koordinat. Prostor za umeritev je lahko definiran relativno ali absolutno. Pri relativno definiranim prostoru morajo biti vse koordinate relativne glede na anatomski koordinatni sistem. Pri absolutno definiranim prostoru pa so koordinate preslikane v zunanji koordinatni sistem. Koordinate točk lahko proučujemo po posamezni osi (x, y in z) v odvisnosti od časa ali pa kot preslikave v posamezno ravnino (xy, xz in yz).

Razvoj videa in računalnikov je omogočil hiter razvoj tudi na področju biomehanike. Kinematične analize se lahko izvajajo z uporabo markerjev na telesu tekmovalca ali pa brez. Pri laboratorijskih raziskavah ravninskih gibanj (2D) so

markerji primerni. Pri meritvah na terenu, kjer je športno gibanje prostorsko (3D), pa uporaba markerjev ni primerna. Za analizo športne tehnike se večinoma uporablja način brez uporabe markerjev, saj se lahko ta način izvaja tudi med tekmovanjem, ker tekmovanja ne moti. Države, ki so največ dajale za razvoj športa v svetu so že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja razvile prve kinematične sisteme.

Namen biomehanskih analiz v atletiki je izmeriti kinematične in dinamične spremenljivke, ki odločilno vplivajo na uspešno izvedbo športnega gibanja in s tem dvigniti kvaliteto trenažnega procesa, ki je v pretežni meri odvisna od strokovne usposobljenosti trenerja. Brez dobrega poznavanja temeljnih biomehanskih zakonitosti se v okviru tega procesa ne more izpopolnjevati tehnike gibanja. Pri tem je še zlasti pomembno, da trener razume fizikalno sestavo delujočih sil, kajti gibanje ali položaj je podan z vzajemno interakcijo notranjih in zunanjih sil. To pomeni, da mora trener tudi dobro poznati gibalne zmožnosti športnikovega gibalnega aparata, njegovo sestavo in njegovo fiziologijo. Združeni kompleksni pogled na delujoče sile in gibalne zmožnosti človeškega telesa pa preučuje mejna disciplina, imenovana biomehanika.

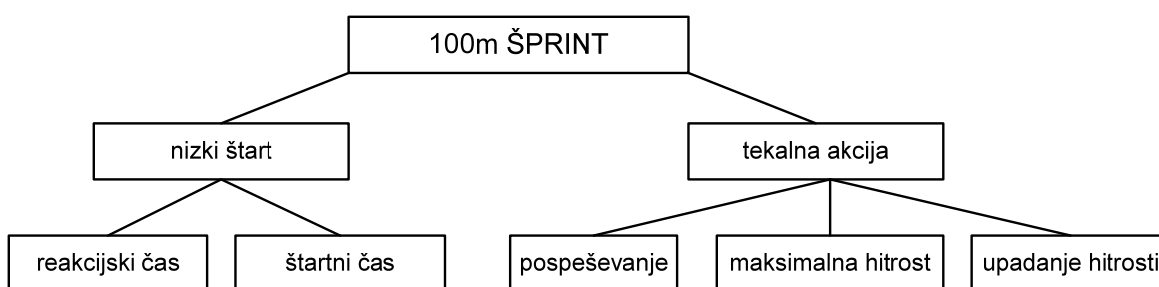
Za telo pravimo, da miruje, kadar vztraja na istem mestu glede na okolico in se giblje, če v zaporednih trenutkih spreminja svojo lego v prostoru. Pod pojmom gibanje materialne točke, se razume sprememba položaja te točke v prostoru v odnosu na neko drugo točko ali telo. Če se opazuje gibanje točke z odzivom na negibljivo telo, je to absolutno gibanje; v primeru pa, ko se opazuje gibanje materialne točke v odnosu glede na neko točko ali telo v gibanju, govorimo o relativnem gibanju.

Med gibanjem se povezuje cel niz posameznih točk v prostoru. S povezovanjem teh točk se prikaže linija gibanja točke oziroma pot ali trajektorija. Ta je lahko predstavljena z ravnim ali krivim nizom točk, ki lahko ležijo v ravnini (2D) ali v prostoru (3D). Z ozirom na obliko niza točk v prostoru ločimo premočrtna in krivočrtna gibanja. Premočrtna gibanja nastopajo pri prostem padu in vertikalnem metu, krivočrtna gibanja pa imajo lahko različno obliko (krog, parabola itd.).

V sestavljenih gibanjih človeka, si impulzi sile najpogosteje sledijo pod določenim kotom glede na navpičnico in na delujočo silo teže. Pri tem gibanju je hitrost neodvisna od tega, ali se telo istočasno giblje tudi v drugi smeri.

2.2. OSNOVE TEHNIKE ŠPRINTERSKEGA TEKA

Mnogi avtorji razlagajo, da je šprint večdimenzionalna veščina, ki je sestavljena iz številnih faz (Delecluse idr., 1995; Johnson in Buckley, 2001; Mero idr., 1992). Helmick (2003) je šprint razdelil v fazo štarta, ki jo sestavljata reakcijski čas in štartni čas, nadalje fazo pospeševanja, fazo maksimalne hitrosti in faza upadanja hitrosti (Slika 1).



Slika 1: Faze v šprintu na 100m (povzeto po Helmick, 2003).

Johnson in Buckley (2001) pišeta o treh fazah šprinta na 100m: v prvi fazi gre za visoko pospeševanje v prvih desetih metrih, v drugi fazi se pospeševanje nadaljuje do maksimalne hitrosti (10-36 metrov), tretja faza pa predstavlja ohranjanje maksimalne hitrosti preko preostale razdalje (36-100m).

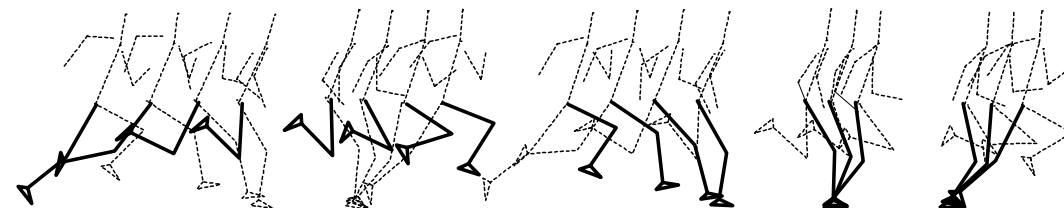
Cikel tekaškega koraka predstavlja dvojni tekaški korak, v katerem se torej izmenjujeta dve dobi opore in dve dobi zamaha – z eno in drugo nogo. Gibanje vsake noge se deli na 4 faze: doba opore na fazo sprednje opore in fazo zadnje opore, doba zamaha pa na fazo sprednjega in na fazo zadnjega zamaha.

Pri prehodu iz ene faze v drugo je mogoče identificirati štiri momente:

- trenutek zapuščanja podlage z odzivno nogo, ki deli fazo zadnje opore od faze zadnjega zamaha,
- trenutek sprednjega dotika, ki deli fazo sprednjega zamaha od faze sprednje opore,
- trenutek vertikalne oporne noge, ki deli fazi sprednje in zadnje opore,
- trenutek vertikalne zamašne noge, ki deli fazi zadnjega in sprednjega zamaha.

Preglednica 1: Struktura tekaškega koraka (Čoh, 2002).

faze	faza zadnjega zamaha	faza sprednjega zamaha	faza sprednje opore	faza zadnje opore
začetek	trenutek zapuščanja podlage	trenutek vertikale zamašne noge	trenutek sprednjega dotika	trenutek vertikale odrivne noge
konec	trenutek vertikale zamašne noge	trenutek sprednjega dotika	trenutek vertikale odrivne noge	trenutek zapuščanja podlage



Skica 1: Kinogram tekaškega koraka.

Šprinterska hitrost je v osnovi serija skokov v horizontalni smeri, kjer se postavlja zahteva po razvijanju čim večje sile na podlago, ki naj bi bilo čimbolj kontinuirano. To pa je mogoče le ob čim pogostejših dotikih stopala s stezo. Glede na to biomehanično zakonitost je torej frekvenca izredno pomemben spremenljivka, ki pa mora biti optimalno usklajena z dolžino koraka.

Dolžina koraka je v največji meri odvisna od velikosti impulza sile oziroma od silovitosti odrida, za kar so odgovorne mišice iztegovalke skočnega, kolenskega in kolčnega sklepa. Prav tako je dolžina koraka odvisna od gibljivosti kolčnega obroča v sagitalni smeri, od maksimalne amplitude med stegnoma in od odrivnega kota v fazi zadnjega opiranja. Faza odrida naj bi bila pri tekaču čim krajša. Generalna tendenca je, da imajo boljši tekači krajši oporni čas in daljši čas leta ter da razvijejo kljub krajšemu kontaktu tudi večjo silo reakcije podlage.

Drugi parameter šprinterske hitrosti je **frekvenca korakov**, ki je odvisna predvsem od regulacije delovanja centralnega živčnega sistema, zlasti prevodnosti živčnomišičnih sinaps v pogojih maksimalnega vzdraženja. Frekvenca koraka je seštevek oporne in letne faze. Razmerje oporne in letne faze v območju teka z

maksimalno hitrostjo je od 1:1,3 do 1:1,5 (Hay, 1985). Najboljši svetovni šprinterji dosegajo frekvence tudi do 5,00Hz (Čoh, 1989; Bruggemann, Kaszevski in Muller, 1997). Frekvenca koraka je število korakov v časovni enoti (korakov / sekundo = Hz). Visoka frekvenca gibanja zahteva natančno in hitro vključevanje in izključevanje antagonističnih in sinergističnih mišic pri šprinterskem teku. Za razvoj velike frekvence koraka je potrebna visoka stopnja znotrajmišične in medmišične koordinacije.

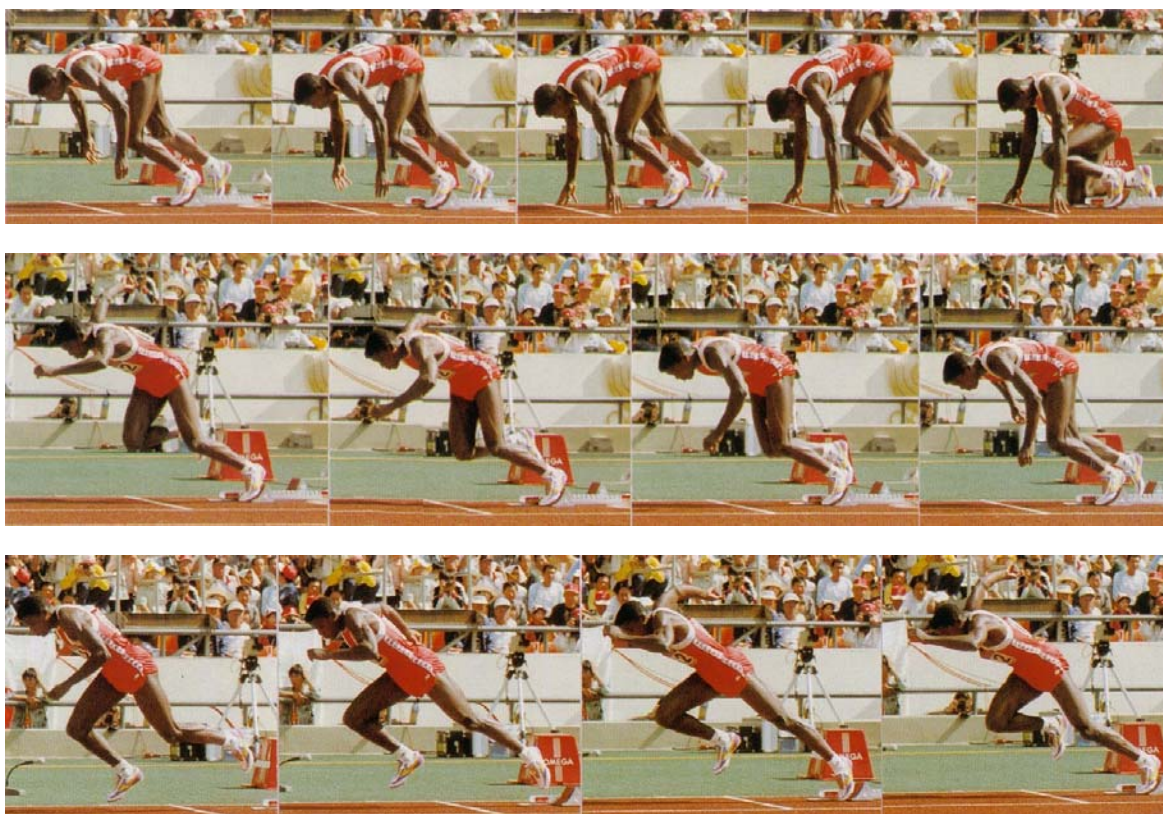
Maksimalno šprintersko hitrost torej opredeljujeta dolžina in frekvenca korakov. Le optimalno razmerje teh dveh parametrov omogoča doseganje maksimalne hitrosti. Povečanje hitrosti je mogoče povečati tako s povečanjem dolžine koraka, kot s povečevanjem frekvence ali pa s povečevanjem obeh komponent hkrati. Vendar obstaja medsebojna odvisnost obeh komponent. Povečana frekvenca ima za posledico manjšo dolžino koraka in obratno. Predmet vrste opravljenih raziskav je ravno ugotavljanje optimalnega razmerja med dolžino in frekvenco glede na nekatere morfološke značilnosti tekača, pri čemer sta najpomembnejši meri dolžina nog in telesna višina. Višji šprinterji imajo ob daljših nogah praviloma daljši korak kot manjši tekači, ki imajo krajši korak ob večji frekvenci. Oba parametra sta povezana z večimi dejavniki (mehanizmi upravljanja gibanja in močjo posameznih mišic), tako da je razmerje individualno pogojeno. Tako centralni živčni sistem pošilja v mišice različne vzorce električnih impulzov, ki odredajo, kdaj in v kolikšni meri se bo aktivirala posamezna mišica. Absolutno ne moremo govoriti o najboljši ali edini možni aktivaciji zaradi izkoristka posameznih mišic oziroma mehanskih značilnosti gibalnega aparata.

Zelo pomembna dejavnika sta kot odriva in hitrost odriva, ki šprinterja potiska naprej (odrivna faza). Odvisna je od sile, ki jo razvije z iztegovalkami skočnega, kolenskega in kolčnega sklepa. Z naraščanjem hitrosti naraščata horizontalna in vertikalna sila (Mero in Komi, 1986). Povprečna rezultanta vertikalne in horizontalne sile v fazi zadnje opore pri šprinterjih (9,96m/s) znaša 857N, pri čemer je vertikalna sila 797N, horizontalna pa 312N (Mero, Komi in Gregor, 1992). Smer rezultante sile je 68° . Na višino CTT telesa vplivajo predvsem morfološke značilnosti: dolžina noge in telesna višina.

2.3. NIZKI ŠTART

Prvo fazo šprinterskega teka predstavlja nizki štart (Slika 2). Njegovo izvedbo delimo na štartno pozicijo in štartno akcijo. Štartna pozicija je zelo individualno pogojena glede na šprinterjeve motorične sposobnosti in antropometrijske značilnosti. Namen nizkega štarta je izvedba ustreznega začetnega gibanja šprinterja v smeri teka, ki mu bo omogočilo čim bolj optimalno in učinkovito nadaljevanje teka. Cilji nizkega štarta so zato naslednji (Tellez in Doolittle, 1994):

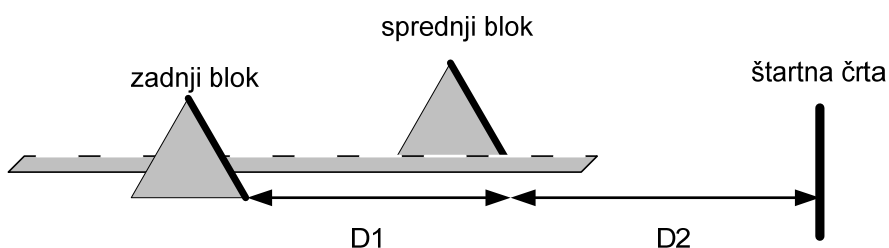
- postavitve v ustrezen uravnotežen začetni položaj,
- postavitve telesa tako, da je CTT tako visoko in naprej, kot je to najbolj optimalno,
- izvedba sile pritiska na blok v liniji, ki poteka skozi gležnje, kolena, kolke, sredino trupa in glavo,
- izvedba te sile pritiska na blok in skozi telo pod kotom približno 45° ,
- postavitve v blok ki omogoča optimalne kote v kolnih in gležnjih,
- zapustitev štartnega bloka v ravnotežju in z najvišjo možno hitrostjo.



Slika 2: Fotokinogram nizkega štarta (Carl Lewis, Seul 1988).

Način in učinkovitost izvedbe nizkega štarta sta v mnogočem odvisna od postavitve štartnih blokov. Prva stvar, ki jo trener in tekmovalec v šprintu določita je postavitve štartnih blokov na linijo štarta. Cilj optimalne postavitve štartnih blokov je vzpostavitev optimalnega kota površine blokov z namenom maksimiziranja izhoda iz blokov (Maulder, 2005). Pomembna je razdalja blokov od začetne štartne črte in razdalja med obema blokoma. Tudi površina blokov, na katere se šprinter opira, morata biti postavljeni pod optimalnim kotom za štartni odriv iz blokov. Naklon oporne ploskve prvega štartnega bloka je $40 - 45^\circ$, zadnjega pa $70 - 80^\circ$ (Čoh, 2002). V prvi štartni blok tekač praviloma postavi odzivno nogo, v zadnji pa zamašno.

V literaturi najdemo tri glavne tipe postavitve blokov za štartni položaj: ozki, srednji in dolgi (Harland in Steele, 1997; Hay, 1993). Glavna razlika med položaji je v različni oddaljenosti sprednjega in zadnjega bloka (inter-block spacing) ter razdalja blokov od štartne črte. Razdalja med blokoma (Skica 2) je razdalja med začetkom sprednjega in začetkom zadnjega bloka (D1).



Skica 2: Razmik med sprednjim in zadnjim blokom ter oddaljenost od štartne črte.

Ozki položaj

Pri tem položaju je razdalja med blokoma približno 30cm ali manj (Harland in Steele, 1997), tako da so prsti zadnje noge in peta sprednje noge poravnani (Hay, 1993). Takšen položaj povzroči prenos težišča telesa bližje k štartni črti kar pomeni da je s tem na nek način tudi bližje ciljni črti.

Srednji položaj

Razdalja med blokoma pri tem položaju je med 30 in 50cm (Harland in Steele, 1997). Shot in Knutzen (1992) za ta položaj predlagata postavitve sprednjega bloka od štartne črte v razdalji 60% dolžine šprinterjeve noge in razdaljo med blokoma, ki je enaka 45% dolžine noge.

Dolgi položaj

V kolikor je razdalja med blokoma večja kot 50cm, se smatra, da gre za dolgi položaj (Harland in Steele, 1997). Schot in Knutzen (1992) v svoji raziskavi predlagata postavitev sprednjega bloka od štartne črte v razdalji, ki je enaka 60% dolžine šprinterjeve noge in razdaljo med blokoma, ki je enaka 60% dolžine noge.

Vsak od teh položajev ima določene svoje teoretične prednosti in slabosti. Tako je na primer ozki položaj zelo uporaben za zelo hitro zapuščanje štartnega bloka, vendar pa omejuje produkcijo impulza sile (sila x čas – šprinter mora v čim krajšem času razviti čim večjo silo) (Henry, 1952). Različni avtorji (Henry, 1952; Stock, 1962; Sigerseth in Grinaker, 1962) so na podlagi raziskav prišli do zaključkov, da je srednji položaj v primerjavi z ostalima dvema, tisti položaj, ki omogoča najboljše izhodišče za hiter in učinkovit štart. Stock (1962) je uporabo srednjega položaja zagovarjal s tezo, da šprinter v tem položaju lahko v večji meri izkoristi refleks ekstenzorja mišic iztegovalk stopala. Dickinson (1934) navaja, da je za doseganje najboljšega časa v prvih 2,5 jardih, to je 2,29m primernejši ozki (stisnjeni) položaj. Za dolgi položaj je bilo tudi ugotovljeno (Henry, 1952; Sigerseth in Grinaker, 1962), da je manj priljubljen med šprinterji. Razlog za naj bi bila prevelika raztegnjenost šprinterja v povezavi z daljšim obdobjem v katerem naj bi bil neučinkovit, vendar pa so raziskave pokazale, da takšen štartni položaj omogoča produkcijo večjega impulza sile.

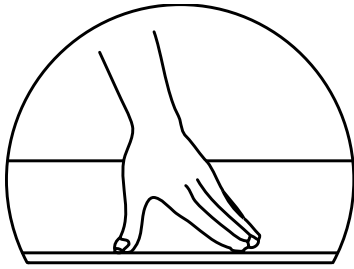
Kot kaže sta tako srednji in dolgi položaj postavitve štartnih blokov v prednosti, v primerjavi z ozkim položajem. Vendar pa je pri tem potrebno upoštevati tudi šprinterja in njegove karakteristike. Možno je namreč tudi, da različne morfološke značilnosti (predvsem dolžine telesnih segmentov) ter motorične sposobnosti različnih šprinterjev pogojujejo uporabo različnega položaja postavitve štartnih blokov.



Slika 3: Položaj šprinterja v postavitvi v štartni blok.

V šprinterskih disciplinah morajo atleti izvesti močan štart, da bi lahko povečali štartno hitrost. Zaradi tega, je poleg razdalje med blokoma pomemben tudi naklonski kot blokov. Ugotovljeno je bilo, da spreminjanje naklonskega kota sprednjega bloka vpliva na mišično aktivnost in izvedbo štarta. Guisard, Duchateau in Hainaut (1992) so proučevali učinke zmanjševanja kota sprednjega bloka na štartno hitrost. Z analiziranjem EMG aktivnosti mišice soleus, mišice gastrocnemius, in mišice vastus medialis so ugotovili, da če se naklonski kot sprednjega bloka zmanjšuje iz 70° na 50° in nato do 30° (v odnosu na horizontalo), se statistično značilno ($p < 0,05$) povečajo parametri štarta, kot sta izhodna hitrost in štartni pospešek. Pri tem je bil naklonski kot zadnjega bloka ves čas 70° . Rezultati so pokazali, da zmanjševanje naklonskega kota sprednjega bloka vpliva na živčno in mehansko adaptacijo v času štarta, ter je dokazano, da se s temi mehanskimi spremembami povečuje štartna hitrost.

Postavitvi nog v štartne bloke sledi postavitve rok: palec in kazalec sta tik ob štartni črti (Slika 3). Glava tekača je v podaljšku trupa, pogled je usmerjen v tla.



Skica 3: Položaj roke – prstov ob štartni črti.

Štartnemu povelju »NA MESTA« sledi povelje »POZOR«. Tekoč izvede naslednje naloge:

- potisne ramena naprej, s tem prenese težišče naprej
- dvigne boke v smeri navzgor
- potisne stopala (sprednji del – metatarzus) ob štartne bloke
- glava ostane v podaljšku hrbtenice
- pogled usmeri predse v tla

Položaj »pozor« je ključnega pomena za učinkovito izvedbo nizkega štarta in s tem posredno tudi štartnega pospeška. Tekoč dvigne boke nekoliko višje od ramen, prenese težišče naprej, tako da pomakne ramena čez štartno črto. Kot v kolenu zadnje noge naj bi bil med 110 do 130° , kot v kolenu sprednje noge pa med 90 in 100° (Slika 4). V tem položaju je 45% teže tekača na rokah, 45% teže na sprednji nogi in 10% teže na zadnji nogi (Čoh, 2002). Šprinter mora biti popolnoma umirjen in maksimalno osredotočen na štartni strel. S štartnim strelom se prične drugi del štarta – štartna akcija.



Slika 4: Štartni položaj »pozor«.

Za uspešno izvedbo štarta je nedvomno pomembna hitrost reakcije na štartni strel (zvočni signal), kar pa je po nekaterih raziskavah sodeč nepovezana s končnim rezultatom v šprinterskem teku (korelacija je 0,16 po Ozolinu, 1986; povzeto po Čoh, 2002).

Reakcijski čas

Ko atlet pri merjenju reakcijskega časa zasliši besedo "pozor", se pripravi na reagiranje (eni bolj drugi manj). Mišice se izometrično napnejo, zveča se stopnja pozornosti, kar omogoča hitrejše reagiranje. Za končni rezultat v šprinterskih disciplinah je dober štart izjemnega pomena. Na finalnih tekmah, kjer so tekmeči med seboj zelo izenačeni, odločajo o zmagovalcu stotinke, večkrat pa tudi tisočinke sekunde. Na dvoranskih tekmah, kjer šprinterji tečejo na razdalji 60m pa so razlike med tekmeči še manjše. Relativno slab štart (prepozna reakcija atleta na štartno pištolo) že lahko pomeni izpad atleta iz boja za medalje, posledično pa tudi neuresničitev zastavljenih ciljev na dani tekmi. Pri nas te stvari najboljše pozna „Kralj“ slovenskega šprinta Matic Osovnikar, lastnik državnih rekordov na 60 in 100 in 200m. O tem pravi naslednje: „Na 60m je štart zelo pomembna prvina in vedno

veliko delam na tem. Seveda, se moraš tudi pred samo tekmo na to psihično zelo dobro pripraviti. Je pa tudi tako, da ti težko vedno uspe...”

Veliko raziskav reakcijskega časa (RČ) je bilo narejenih tudi na področju športa, kjer je RČ sestavni del posameznih športnih panog oziroma njihovih disciplin. Redke izmed njih pa obravnavajo, kako vpliva stanje v katerem je športnik pri športnih aktivnosti na RČ.

Vrste reakcijskega časa

Primarno vlogo pri RČ in njegovi klasifikaciji imajo dražljaji, ki prihajajo iz okolja. Človek jih s pomočjo eksteroreceptorjev pretvori v električne signale, ki po aferentnih živčnih vlaknih potujejo v osrednje živčevje (Štrulc, 1989). Človek je sposoben zaznati vse tiste dražljaje, za katere ima receptorje. To so receptorji za:

- zvočno valovanje,
- elektromagnetno valovanje,
- pritisk-dotik,
- hladno-toplo,
- bolečino,
- položaj sklepov ter,
- vonj in okus.

Da se receptor vzdraži je potrebna primerna jakost dražljaja, pri zvočnem in elektromagnetnem valovanju pa tudi pravšnja frekvenca dražljaja.

RČ lahko razdelimo glede na pričakovane oziroma nepričakovane dražljaje. Nepričakovani dražljaji se pojavijo takrat, ko športnik dražljaja ne pričakuje in nanj ni pripravljen. Ti se pojavljajo kot presenečenje. Nekaj se nenadoma zgodi in športnik mora ustrezno odreagirati. Pojavljajo se v vseh vrstah športov, še zlasti v tistih, ki imajo veliko število nepredvidljivih situacij. S treningom določenega športa se, se pri športniku zmanjšuje število nepričakovanih situacij, saj uspe športnik vedno več situacij prepoznavati in s tem biti nanje pozoren (pričakovanje dražljaja).

Pričakovani dražljaji se pojavijo takrat, ko športnik dražljaje pričakuje (je nanje pripravljen) ne ve pa v katerem trenutku se bodo zgodili. Znotraj pričakovanih dražljajev se deli RČ glede na število različnih dražljajev, ki jih športnik pričakuje in za katere ima pripravljene specifične gibalne odgovore. V primeru, ko je število

dražljajev večje od ena, je to izbirni reakcijski čas (IRČ), v primeru ko pa gre za en sam dražljaj pa je to enostaven reakcijski čas (ERČ).

ERČ se pojavlja pri športih za katere je dan signal za začetek (štarti v atletskih šprintih in tekih, štarti pri plavanju, formula 1...) in v športnih situacijah, kjer športnik natančno ve, kaj bo naredil, ko pričakuje samo dražljaj, ki mu bo dal znak, da nameravan gibalni program izvede. V nadaljevanju si bomo podrobneje pogledali ERČ, ki je v atletiki najbolj zančilen za šprinte.

Enostavni reakcijski čas (ERČ)

V raziskavah ERČ je dan jasen enojen začetni signal, kateremu sledi kar se da hitro predhodno nedvoumno opisano gibanje (Alvero s sodelavci, 1992; Baylor in Etnyre, 1985). Na atleskem primeru je ERČ definiran kot interval med začetnim pričakovanim signalom (štartnim strelom štartne pištrole) in pričetkom gibanja šprinterja. Med tem časom se zvočni signal štartne pištrole pretvori v živčno informacijo, ki potuje znotraj živčnega sistema do centrov za detekcijo, obdelavo in interpretacijo. Potem gredo informacije v center za oblikovanje odgovora, kjer je pripravljen primeren motorični program, ki je poslan v potrebne mišice. Sledi kontrakcija določenih skupin mišic, ki so odgovorne za izvedbo tega programa.

RČ je torej časovni interval med štartnim strelom štartne pištrole in začetka gibanja telesa.

Razdeli se lahko v dve komponenti in sicer na predmotorični čas (PMČ) in na motorični čas (MČ). Velja enačba: **$RČ=PMČ+MČ$**

PMČ je časovni interval med začetnim dražljajem (pokom štartne pištrole) in prihodom akcijskega potenciala po alfa motoričnem nevronu do mišice, ki sodeluje pri izvedbi gibanja. Izmerjen je kot čas med točko, ki določa začetek signala in točko, ki določa začetek EMG signala na mišici, katera izvaja gib (gre za čas od poka štartne pištrole in za čas, ki je potreben, da živčni impulz iz možganov doseže mišična vlakna).

MČ je časovni interval med začetkom EMG signala na določeni mišici in pričetkom krčenja, oziroma večanja napetosti na tej mišici (nastopi po koncu PMČ). Izmerjen

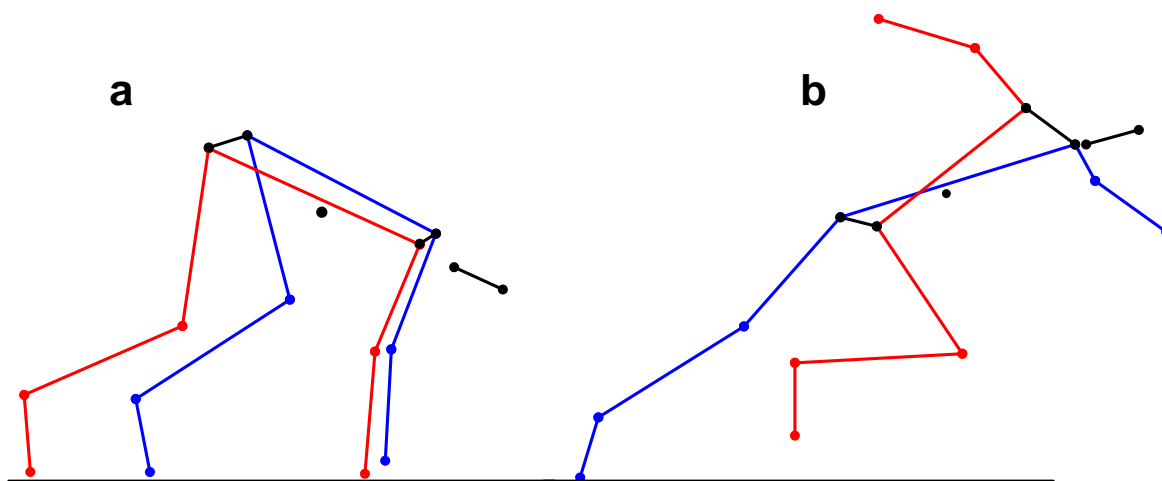
je kot časovni interval med točko, ki določa pričetek EMG signala in točko, ki označuje pričetek kontrakcije (gre za čas od začetka aktivacije mišičnih vlaken in za čas do začetka prvega vidnega giba).

Izvedba prvega koraka pomeni prehod iz štarta v naslednjo fazo šprinterskega teka, to je štartni pospešek. Za uspešno izvedbo se mora tekač odriniti s sprednjega štartnega bloka pod optimalnim kotom, ki naj bi znašal 45 do 55°. Motorični sposobnosti, ki sta ključnega pomena za tehniko nizkega štarta sta predvsem eksplozivna moč in koordinacija.

2.3.1. KINEMATIKA NIZKEGA ŠTARTA

Faza nizkega štarta je ena najpomembnejših faz, ki vpliva na končni rezultat atleta (Čoh idr., 1998; Harland in Steele, 1997; Helmick, 2003). Številni atleti, ki so se na preteklih svetovnih prvenstvih uvrstili med prve tri, so imeli najboljše reakcijske čase v štartnih blokih (Ferro idr., 2001; Moravec idr., 1988; Muller in Hommel, 1997). Zato ni presenetljivo dejstvo, da je bilo v zadnjih 70-tih letih izvedenih vrsta raziskav v zvezi s kvaliteto štarta šprinterjev.

Glede na raziskave (Mero, 1983, 1988; Coopenolle, 1989; Schot, 1992) je učinkovitost izvedbe štartne akcije odvisna predvsem od horizontalne štartne hitrosti in štartnega časa, ki se rezultira v horizontalno štartno akceleracijo. Ob tem pa se postavlja vprašanje, kateri dejavniki generirajo te tri elemente, ki opredeljujejo štartni potencial atleta.



Skica 4: Štartni položaj (a), štartna akcija (b).

S kinematično analizo nizkega štarta lahko proučujemo značilnosti šprinterjevega gibanja v času in prostoru brez ozira na sile, ki povzročajo to gibanje (Hamill in Knutzen, 1995). Štartni položaj "pozor" (Skica 4a) je položaj šprinterja v bloku tik pred štartnim signalom. Štartna akcija (Skica 4b) je gibanje šprinterja v času od štartnega signala do zapuščanja bloka (zadnji dotik sprednje odrivne noge s štartnim blokom).

Štartni položaj

Različni avtorji navajajo, da močnejši in hitrejši šprinterji proizvedejo višjo horizontalno hitrost ob izhodu iz štartnega bloka predvsem na račun bolj ostrih kotov v sklepih spodnjega dela telesa v štartnem položaju, ker je tako omogočen večji obseg iztegovanja v teh sklepih (Mero idr., 1983). To potrjuje tudi ugotovitev, da imajo dobri (10,80s) moški šprinterji na razdalji 100m v primerjavi s povprečnimi (11,50s) šprinterji na tej razdalji, manjše kote v kolku (kot med stegnom in trupom) pri tako sprednji (41° proti 52°) kot zadnji nogi (80° proti 89°) v štartnem položaju (Mero idr., 1983). Po drugi strani pa ni bila ugotovljena bistveno značilna razlika med koti v kolenih pri dobrih in povprečnih šprinterjih pri tako sprednji kot zadnji nogi. Razlika je bila ugotovljena le v različem kotu v kolenu sprednje in zadnje noge, ki kaže na ostrejši kot v sprednjem ($89-111^\circ$) kot v zadnjem ($118-136^\circ$) kolenu (Harland in Steele, 1997).

Mero, Luthanen in Komi (1983) niso odkrili nobenih pomembnih razlik med dobrimi in slabimi šprinterji v naklonu trupa v štartnem položaju. Naklon trupa za moške šprinterje tako znaša nekje med -9° in -21° glede na horizontalo (Atwater, 1982; Mero, 1988; Mero idr., 1983).

Za dober štart je pomemben tudi položaj centralnega težišča telesa (CTT). Položaj CTT se že v štartnem položaju postavlja karseda blizu štartne črte (Preglednica 2), torej čim bližje ciljni črti. V literaturi so navedene relativno enake srednje vrednosti za podobne položaje CTT (Harland in Steele, 1997).

Štartni položaj "pozor" je izrazito nestabilen položaj in zaradi tega se priporoča, da je CTT čim bližje štartni črti zato, da bi se lahko šprinter karseda hitro odrinil iz baze opore. Na višino CTT v tem položaju najbolj vplivajo dolžine spodnji ekstremitet šprinterja, moč rok in ramenskega obroča pa vpliva na horizontalno oddaljenost od štartne črte (večja moč skrajšuje razdaljo). Vrednosti, ki jih navajajo različni avtorji (Preglednica 2) kažejo na to, da je položaj štartnih blokov in telesnih segmentov lahko postavljen tako, da omogoča postavitev CTT visoko in blizu štartne črte.

Preglednica 2: Pregled literature o položaju CTT v štartnem položaju »pozor«.

100m (s)	Število merjence v	Višina CTT (m)	Horizontalna oddaljenost od štartne črte (m)	Avtor
Skupina 1 10,35	12	0,66	0,16	Vagenas in Hoshizaki, 1986.
Skupina 2 11,11	8	0,60	0,20	
Skupina 3 11,85	10	0,63	0,27	
< 10,40	8	0,61	0,17	Atwater, 1982.
Skupina 1 10,8	8	0,605	0,189	Mero, Luthanen in Komi, 1983.
Skupina 2 10,8	9	0,621	0,180	
Skupina 3 11,5	8	0,610	0,166	
= 10,79	8	0,57	0,29	Mero, 1988.
Skupina 1	4	0,59	0,28	Mero in Komi, 1990.
Skupina 2	4	0,55	0,31	

Roki naj bi bili v tem položaju rahlo upognjeni in dotik s tlemi naj bi bil samo s konicami prstov, kajti takšna postavitev naj bi poskrbela za to, da šprinter ne bi prenašal preveč teže na roki (Helmick, 2003; Henry, 1952). Schot in Knutzen (1992) sta ugotovila, da je za zagotavljanje ustreznega položaja v ostalih sklepih zgornjega dela telesa potrebno zagotoviti približno 90° velik kot v ramenskem sklepu (kot med nadlahtjo in trupom), saj se le tako lahko zmanjša velikost obremenitve na mišice ramenskega obroča in rok. Kljub temu pa se za nekatere šprinterje predlaga tudi rahel nagib ramen v smeri naprej glede na vertikalo. V primeru, da je preveč teže razporejene na ramena in roki lahko to negativno vpliva na hitrost odmika rok od tal (Harland in Steele, 1997).

Štartna akcija

Pomembna spremenljivka, ki jo je potrebno upoštevati v času ko šprinter zapušča štartni blok, je izhodni kot (kot izhoda iz štartnega bloka). Hoster in May (1979) navajata, da naj bi bil izhodni kot čim nižji (čim bolj v smeri horizontale). Takšen

izhodni kot namreč omogoča izvedbo maksimalne horizontalne komponente delovanja sile na blok (Korchemy, 1992).

Bohn in sodelavci (1998) so v svoji raziskavi navedli tudi podatek o kotu v kolenu zamašne (zadnje) noge v trenutku zapuščanja štartnega bloka. Vrednost tega kota je bila pri boljših šprinterjih kar za 20° nižja od slabših šprinterjev, ker nakazuje na to, da manjši kot v kolenu prispeva k manjšemu vztrajnostnemu momentu celotne noge, kar omogoči povečano kotno hitrost in pospeševanje, kar posledično vodi k hitrejši postavitvi noge na tla v sledečem koraku.

Večina do sedaj opravljenih kinematičnih analiz šprinta je bila osredotočenih le na spodnji del telesa, vendar pa je tudi hitro zapuščanje rok iz tal, kritičnega pomena za hiter štart iz štartnih blokov (Moss, 2000). Roki sta krajši in lažji od nog, zato je tudi vztrajnostni moment rok manjši, kar pomeni, da je zato reakcija rok lahko hitrejša. Podatki o zapuščanju rok s tal za vrhunske šprinterje, se gibljejo med 0,19 – 0,23s (Atwater, 1982). Ko roki zapustita podlago, vplivajo na nadaljanje izboljšanje dinamične stabilnosti stopala in močan zamah z rokama.

Kot eden glavnih pokazateljev uspešne izvedbe štarta bi lahko bila tudi izhodna hitrost šprinterja iz štartnega bloka, ter štartni čas. To je hitrost težišča telesa šprinterja v času zadnjega dotika šprinterjeve zadnje noge z blokom ob izhodu, oziroma čas v katerem je šprinter zapustil štartni blok. Čoh in Dolenc (1996) sta ugotovila statistično značilno pomembnost povezave med štartnim časom in časom teka v 15 metrih ($r=0,70$), ne pa tudi med časom teka v 10 metrih ($r=0,41$). Baumann (1976) pa je prišel do zaključkov, da štartni čas ni v korelaciji s končnim rezultatom šprinta na 100m. Izhodna hitrost za dobre šprinterje (10,02 do 10,79s /100m) se giblje od 3,46 do 3,94m/s (Mero, 1988; Baumann, 1976; Van Coppenolle idr., 1989; Mero in Komi, 1990).

Povprečni horizontalni pospešek, ki je izpeljava horizontalne štartne hitrosti in štartnega časa je po mnenju nekaterih avtorjev (Delecluse idr., 1992) prav tako lahko pokazatelj uspešnosti šprinterskega štarta. Visoka korelacija ($r=0,71$) se je tako pokazala med povprečnim horizontalnim pospeškom in hitrostjo šprinta na dvanajstih metrih (Delecluse idr., 1992). Torej je verjetno zapuščanje bloka v optimalnem času ter hkratni visoki horizontalni hitrosti tudi v odvisnosti s končnim rezultatom šprinta na 100m.

Mnogi viri so si edini, da so glavne značilnosti dobre tehnike nizkega štarta naslednje:

- močno odzivanje obeh stopal od štartnih blokov zaradi generiranja velike sile, ki je potrebna za razvoj inercije in odzivanja od podlage v prvih štirih do šestih korakih;
- zadrževanje nizkega kota gibanja (nagib trupa glede na horizontalo okrog 45°), da bi se maksimizirala horizontalna komponenta sile;
- karseda hitro doseganje položaja telesa, kakršen je v fazi štartnega pospeševanja.

Predmet diplomskega dela je kinematična analiza tehnike nizkega štarta. Problem naloge pa kvalitativna primerjava različnih kinematičnih parametrov štartnega položaja, štartne akcije in akceleracije oziroma pospeška.

3. CILJI PROUČEVANJA

Cilji raziskave so naslednji:

1. Predstaviti kinematično analizo najboljšega in najslabšega štarta preiskovanca.
2. Kvalitativno primerjati izbrane kinematične spremenljivke najboljšega in najslabšega štarta preiskovanca.

4. HIPOTEZE

V skladu z izbranimi cilji smo določili naslednje hipoteze:

H1: V postavitvi štartnih blokov ni razlik med najboljšim in najslabšim štartom.

H2: V štartnem položaju pozor je kot v kolenu sprednje in zadnje noge ostrejši pri boljšem štartu.

H3: V štartnem položaju pozor je kot v kolku ostrejši pri boljšem štartu.

H4: Horizontalna hitrost težišča telesa ob izhodu iz štartnega bloka je višja pri boljšem štartu.

H5: Kotna hitrost stegna v kolčnem sklepu zamašne noge ob izhodu iz bloka je višja pri boljšem štartu.

H6: Dolžina prvega koraka štartnega pospeška je večja pri boljšem štartu.

H7: Dolžina drugega koraka štartnega pospeška je večja pri boljšem štartu.

H8: Dolžina tretjega koraka štartnega pospeška je večja pri boljšem štartu.

H9: Razdalja pri postavitvi noge v fazi sprednje opore prvega koraka za težiščem telesa (CTT) je večja pri boljšem kot slabšem štartu.

5. METODE DE LA

5.1. VZOREC MERJENCEV

Merjenec, vrhunski šprinter Matic Osovníkar, ki tekmuje na 60, 100 in 200m je trenutno najhitrejši v Sloveniji in tretji iz zadnjega evropskega prvenstva v atletiki (Goeteborg 2006) v disciplini 100m šprint.

Star je 27 let, visok 179cm in tehta 77kg. Trenirati je začel leta 1994 pri ŽAKu v Ljubljani, od vsega začetka pa že pri trenerju Albertu Šobi. Najprej se je posvečal predvsem daljšemu šprintu na 200 in 400 metrov. Prve vidnejše uspehe je začel dosegati pri 17-ih letih, ko je odtekel državni rekord za mlajše mladince na 300 metrov, pritekel pa si je tudi dve medalji na Olimpijskih dnevih mladih v Lizboni na 200 metrov in v štafeti.

Preglednica 3: Razvoj rezultatov v šprintu v obdobju enajstih let – Matic Osovníkar.

leto	60m	100m	200m	200m (dvorana)
1995	7,50s	12,21s	24,05s	/
1996	7,30s	11,21s	22,62s	/
1997	7,13s	11,08s	21,71s	/
1998	6,98s	10,76s	21,63s	/
1999	6,83s	10,75s	21,66s	/
2000	/	10,34s	21,39s	/
2001	6,74s	10,39s	21,00s	21,71s
2002	6,76s	10,36s	20,94s	21,16s
2003	6,63s	10,22s	20,88s	20,77s
2004	6,58s	10,15s	20,47s	21,03s
2005	6,62s	10,24s	20,75s	21,09s
2006	6,58s	10,14s	20,63s	21,09s



Slika 5: Matic Osovníkar.

V naslednjih dveh letih je imel vseskozi težave s poškodbami, tako da ni dosegal vidnejših uspehov, rezultatsko pa je še vseeno počasi napredoval. Ker je bil vse hitrejši, se je preusmeril na krajši šprint na 100 in 200 metrov. Tako je leta 2000 prvič zmagal na članskem državnem prvenstvu na 100 metrov, s štafeto 4x100 metrov pa so se uvrstili na OI v Sydneyju. Tam so odtekli državni rekord 39,25s in se uvrstili v polfinale med najboljših 16 štafet. Naslednje leto je bil njegov osrednji

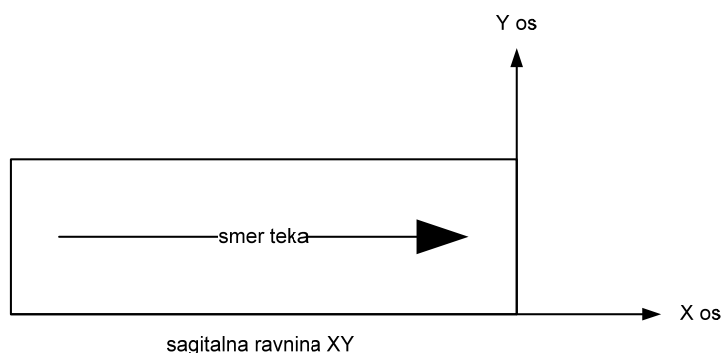
cilj Evropsko prvenstvo do 23 let v Amsterdamu, kjer je osvojil 4. mesto na 100 metrov, s štafeto pa so si pritekli bronasto medaljo. Na Sredozemskih igrah v Tunisu je bil 6. na 100m in dosegel tudi zelo dober čas 10,21s ob sicer premočnem vetru. Leta 2002 je bil zelo uspešen na Evropskem prvenstvu v Münchnu, kjer se je z 10,38s uvrstil v polfinale na 100m. Leta 2003 je najprej postavil dvoranska državna rekorda na 60m (6,63s) in 200m (21,03s). Slednjega je še popravil na Svetovnem prvenstvu v Birminghamu na 20,77s. S tem se je tudi prebil do finala, kjer je nato zasedel 4. mesto. Uspešni dvoranski sezoni je sledilo nekaj poškodb, vendar pa je poleti vseeno zmagal na državnem prvenstvu na 100m (10,22s) in 200m (20,88s). Na Svetovnem prvenstvu v Parizu se je na 100m uvrstil v četrtfinale in osvojil 28. mesto. Leto 2004 je bilo še uspešnejše. V dvorani je trikrat popravil rekord na 60m, ki sedaj znaša 6,58s. S tem rezultatom je osvojil 5. mesto na SP v Budimpešti. Na OI v Atenah je v kvalifikacijah popravil državni rekord na 100m (10,15), a potem za nekaj tisočink zgrešil polfinale in zasedel 26. mesto. Na 200m je prav tako dosegel državni rekord (20,47) in se uvrstil v polfinale, kjer je zasedel končno 15. mesto. Na EP v dvorani v Madridu 2005 je bil 8. na 60m, na Sredozemskih igrah je zmagal na 100 in 200m in bil 3. s štafeto 4x100m. Na SP v Helsinkih je bil 21. na 100m. Leto 2006 pa je bilo zanj najuspešnejše doslej. Na SP v dvorani v Moskvi je bil 4. z izenačenim državnim rekordom 6,58s. Poleti pa je na EP v Göteborgu osvojil bronasto kolajno na 100m z novim državnim rekordom 10,14s.

Vidnejši dosedanji dosežki:

- 3. mesto 100 m, evropsko prvenstvo, Göteborg, 2006 - 10,14
- 4. mesto 200 m, svetovno dvoransko prvenstvo, Birmingham, 2003 - 20,77
- 4. mesto 60 m, svetovno dvoransko prvenstvo, Moskva, 2006 - 6,58
- 4. mesto 60 m, evropsko dvoransko prvenstvo, Birmingham, 2007 - 6,63
- 5. mesto 60 m, svetovno dvoransko prvenstvo, Budimpešta, 2004 - 6,58

5.2. VZOREC SPREMENLJIVK

Oba teka sta bila posneta z eno visokofrekvenčno kamero, z natančnostjo 200Hz.



Skica 5: Označevanje spremenljivk glede na osi X in Y oziroma ravnino XY.

5.2.1. Kinematične spremenljivke

Vzorec kinematičnih spremenljivk predstavljajo izbrane poti, koti, hitrosti in kotne hitrosti, izmerjene v času od štartnega signala (štartni položaj) do razdalje težišča telesa na 3m.

Štartni položaj:

1. DBS – razdalja sprednjega bloka od štartne črte (cm).
2. DBZ – razdalja zadnjega bloka od štartne črte (cm).
3. DBSZ – razdalja med blokoma (cm).
4. CTTABS – absolutna višina težišča telesa (cm).
5. CTTREL – relativna višina težišča telesa (absolutna višina težišča telesa / telesna višina).
6. DCTTC – projekcija težišča telesa do štartne črte (cm).
7. BOKABS – absolutna višina bokov (cm).
8. BOKREL – relativna višina bokov (absolutna višina bokov / telesna višina).
9. DBOKC – projekcija bokov do štartne črte (cm).
10. KGLS – kot v gležnju sprednje noge ($^{\circ}$).
11. KGLZ – kot v gležnju zadnje noge ($^{\circ}$).
12. KKOLS – kot v kolenu sprednje noge ($^{\circ}$).

- 13. KKOLZ – kot v kolenu zadnje noge ($^{\circ}$).
- 14. KTRUPX – naklon trupa glede na horizontalo ($^{\circ}$).

Štartna akcija:

- 15. KODRIVS – štartni odzivni kot. Kot med horizontalo in premico, ki povezuje vrh stopala odzivne noge in težišča telesa v času zadnjega dotika s štartnim blokom ($^{\circ}$).
- 16. VSTARTY – vertikalna štartna hitrost težišča telesa (m/s).
- 17. VSTARTX – horizontalna štartna hitrost težišča telesa (m/s).
- 18. VSTARTXY – rezultanta štartne hitrosti težišča telesa (m/s).
- 19. KSTARTXY – kot rezultante štartne hitrosti ($^{\circ}$).
- 20. KSTEGNA – kot med stegnoma ($^{\circ}$).
- 21. TROK – čas od štartnega signala do popolne zapustitve rok s tal (s).

Štartna alceleracija – prvi korak:

- 22. DKOR1 – dolžina prvega koraka (cm).
- 23. KODRIV1 – odzivni kot. Kot med horizontalo in premico, ki povezuje vrh stopala odzivne noge in težišče telesa ($^{\circ}$).
- 24. VTT1Y – vertikalna hitrost težišča telesa (m/s).
- 25. VTT1X – horizontalna hitrost težišča telesa (m/s).
- 26. VTT1XY – rezultanta hitrosti težišča telesa (m/s).
- 27. KKOLODRIV1 – kot v kolenu odzivne noge ($^{\circ}$).
- 28. KGLODRIV1 – kot v gležnju odzivne noge ($^{\circ}$).
- 29. KKOLKZAMAH1 – kot v kolku zamašne noge. Kot med stegnom zamašne noge in trupom ($^{\circ}$).
- 30. KTRUP1X – kot trupa na horizontalo ($^{\circ}$).

Štartna akceleracija – drugi korak

- 31. DKOR2 – dolžina drugega koraka (cm).
- 32. KODRIV2 – odzivni kot. Kot med horizontalo in premico, ki povezuje vrh stopala odzivne noge in težišče telesa ($^{\circ}$).
- 33. VTT1Y – vertikalna hitrost težišča telesa (m/s).
- 34. VTT1X – horizontalna hitrost težišča telesa (m/s).
- 35. VTT1XY – rezultanta hitrosti težišča telesa (m/s).

- 36. KKOLODRIV2 – kot v kolenu odrivne noge ($^{\circ}$).
- 37. KGLODRIV2 – kot v gležnju odrivne noge ($^{\circ}$).
- 38. KKOLKZAMAH2 – kot v kolku zamašne noge. Kot med stegnom zamašne noge in trupom ($^{\circ}$).
- 39. KTRUP2X – kot trupa na horizontalo ($^{\circ}$).

Štartna akceleracija – 3m in 20m

- 40. VCTTXY3 – rezultanta hitrosti težišča telesa na razdalji treh metrov (m/s).
- 41. VCTTXY20 – rezultanta hitrosti težišča telesa na razdalji dvajsetih metrov (m/s).
- 42. T3M – čas na razdalji treh metrov (s).
- 43. T20M – čas na razdalji dvajsetih metrov (s).

Vse faze štarta

- 44. AVLSTEGNO – kotna hitrost v kolčnem sklepu levega stegna ($^{\circ}/s$).
- 45. AVDSTEGNO – kotna hitrost v kolčnem sklepu desnega stegna ($^{\circ}/s$).

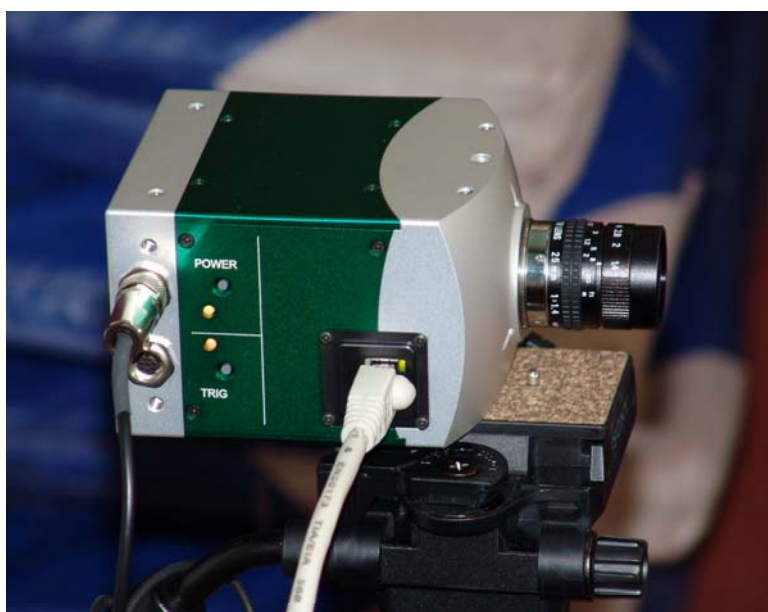
Kot kriterij slabega in dobrega štarta je bil uporabljen čas šprinta na dvajset metrov iz nizkega štarta.

Preglednica 1: Čas šprinta na 20m.

nizki štart in štartna akceleracija – 20m			
	enota	3. tek	6. tek
T20M	s	2,98	3,19

5.3. OPIS MERSKEGA POSTOPKA

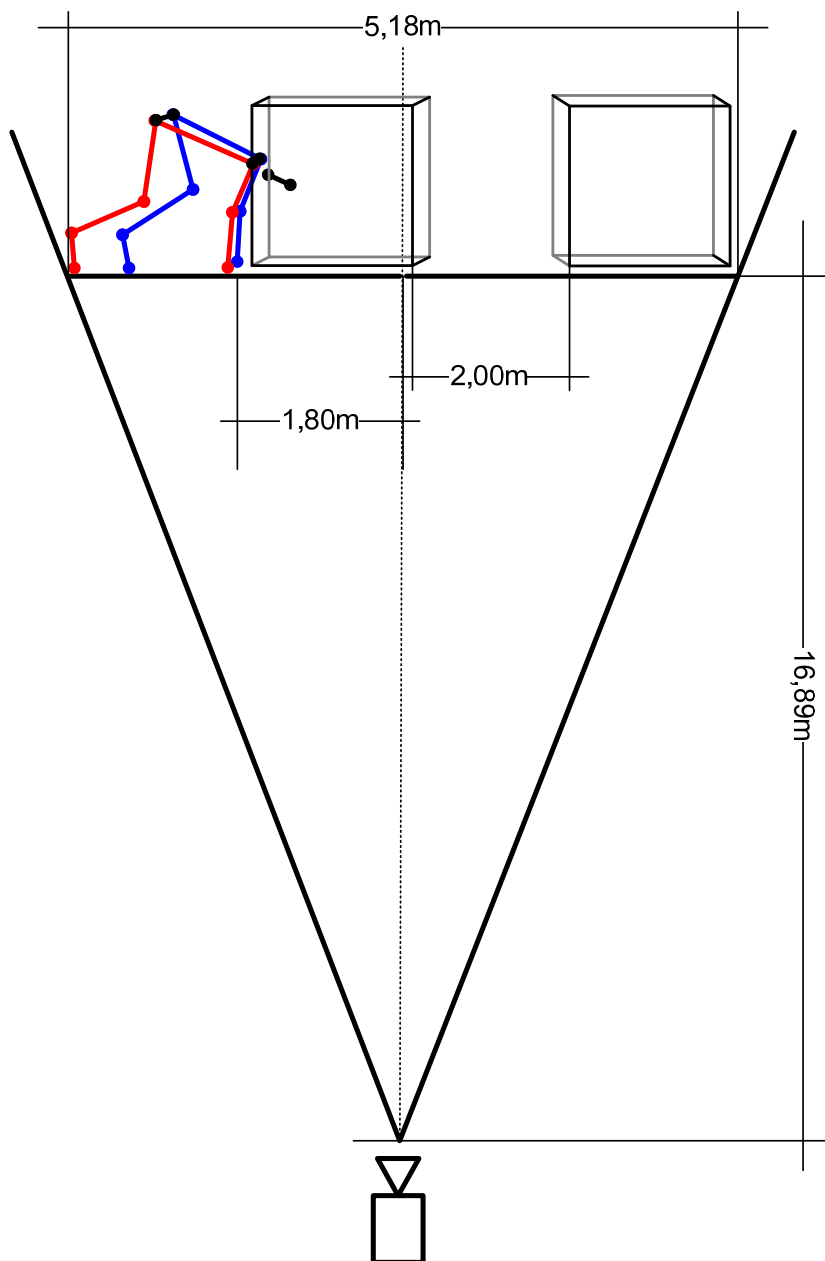
Kinematična meritev štarta je bila opravljena februarja leta 2006 v športni dvorani Slovenskega atletskega centra v Šiški v Ljubljani, ob nespremenljivih in optimalnih klimatskih pogojih. Glede na to, da je šprint iz pozicije nizkega štarta gibanje, ki vključuje v glavnem premikanje v sagitalni ravnini, smo se odločili za dvodimenzionalni protokol meritve. Merjenec je bil posnet z eno visokofrekvenčno kamero Mikrotron Motion Blitz CUBE ECO-1 v povezavi z digitalnim rekorderjem, ki je sposoben zajema do 6 sekund gibanja pri frekvenci zajema 1000 slik/sekundo (1000Hz), pri resoluciji slike 640x512 pikslov. Video zajem podatkov na meritvi je bil opravljen pri frekvenci 200Hz in pri hitrosti zaslone 1/500s. Kamera je bila postavljena na višini 79cm (višina sredine leče kamere) in na razdalji 16,89m pravokotno na ravnino gibanja ter v oddaljenosti 1,8m desno od štartne črte. Širina zajetega prostora je tako znašala 5,17m (Skica 6), ter je tako omogočila pogoje za obravnavo štartnega položaja, štartne akcije ter prvih treh metrov gibanja.



Slika 6: Hitro-slikovna kamera Mikrotron Motion Blitz CUBE.

Časovne in prostorske parametre smo definirali tako, da smo določili dvodimenzionalno ravnino. Ravnina gibanja je bila kalibrirana na podlagi dveh

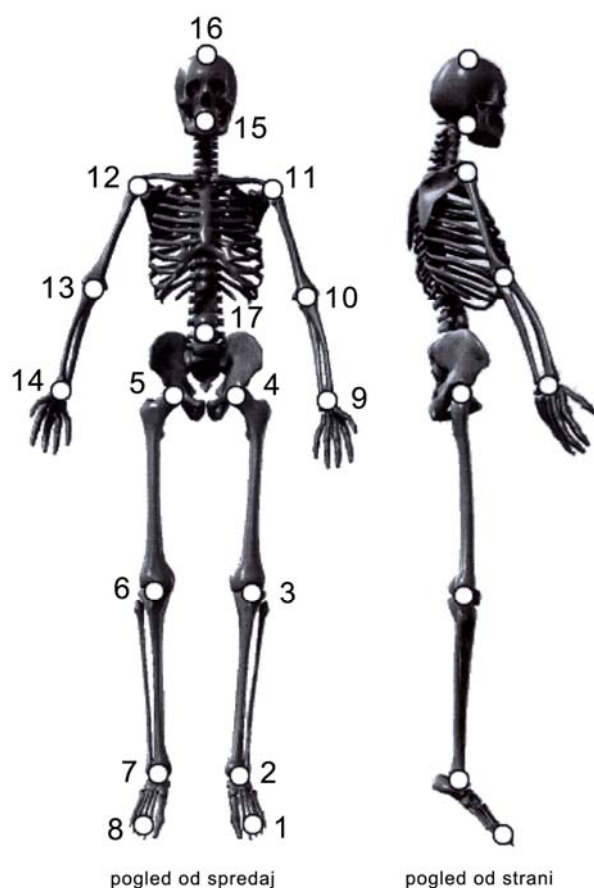
referenčnih kock, ki smo ju z dvo-meterskim razmakom postavili v ravnino, kjer je potekalo gibanje šprinterja (Skica 6). Za merjenje časov na razdalji 20m je bil uporabljen sistem BROWER Timing System (infrardeče foto celice za merjenje časa, v povezavi s štartno pištolo). Merjenec je opravil šest šprintov iz nizkega štarta, na razdalji 20m. Med posameznim tekom je bilo 12 minut odmora.



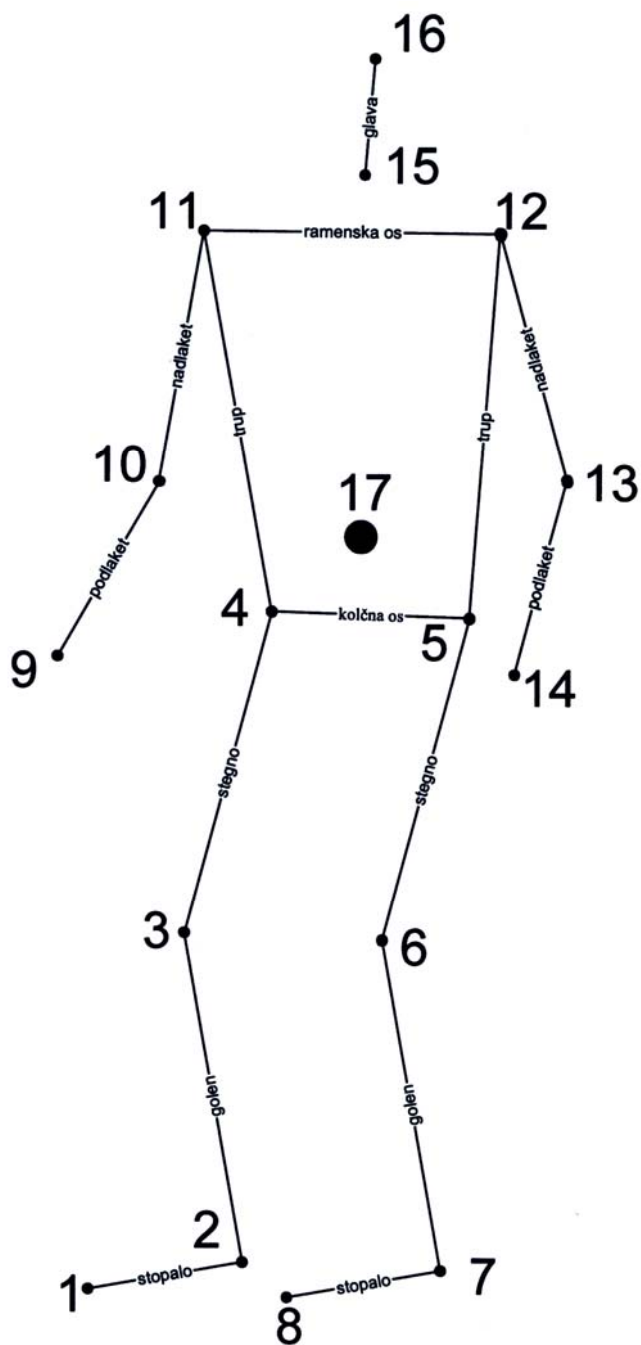
Skica 6: Skica merskega postopka.

5.4. METODE OBDELAVE PODATKOV

Podatki so bili obdelani po standardni metodi obdelave, kot jo zahteva APAS (The Ariel Performance Analysis System) programska oprema. Gibanje, ki je predmet analize, je bilo posneto z eno visokofrekvenčno kamero, katere frekvenca snemanja je bila 200Hz. Koordinate za posamezne točke bile obdelane dvodimenzionalno, po naslednjih šestnajstih točkah telesa: vrh levega stopala, levi gleženj, levo koleno, levi kolk, desni kolk desno koleno, desni gleženj, vrh desnega stopala, levo zapestje, levi komolec, leva rama, desna rama, desni komolec, desno zapestje, prvo vratno vretence in teme. Sedemnajsta točka, težišče telesa, je izračunana na podlagi prejšnjih točk (Johnson in Buckley, 2001). Na podlagi teh šestnajstih točk so modelirani telesni segmenti. Ti segmenti so: trup, glava, podlakti, nadlakti, stegna, goleni in stopala. Podatki so bili nato glajeni z digitalnim filtrom pri frekvenci 8Hz.



Slika 7: Petnajst segmentni model človeka določen s šestnajstimi povezovalnimi točkami in težiščem telesa (Susanka, 1987).



Slika 8: Skica telesnih segmentov.

Dobljeni parametri bodo obdelani s programskim paketom SPSS za statistične analize. Izračunane so bile naslednje osnovne statistične značilnosti:

- aritmetična sredina (AS)
- standardni odklon (STDEV)

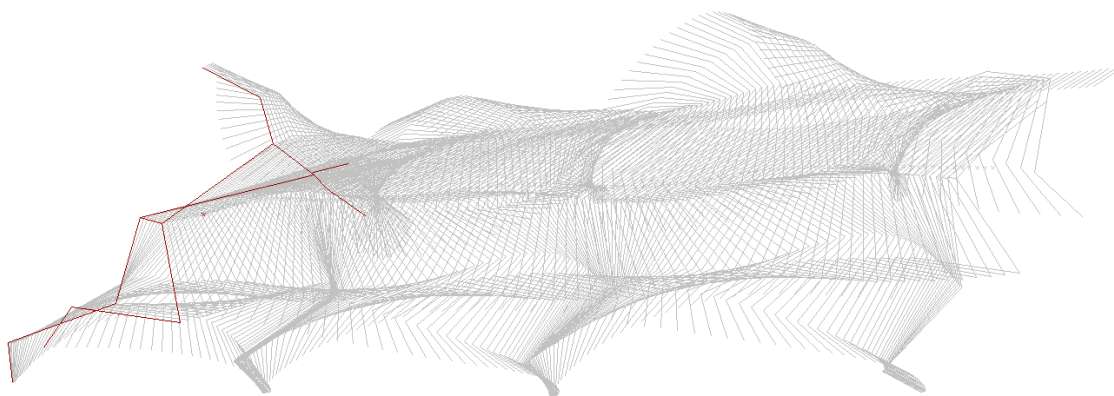
6. REZULTATI IN RAZPRAVA

6.1. KINEMATIČNA ANALIZA ŠTARTOV

Glede na to, da gre za primerjavo dveh štartov istega merjenca, smo lahko podatke med seboj primerjali neposredno. V fazi primerjanja podatkov smo se osredotočili na osnovne kinematične spremenljivke, kot so časi, dolžine, koti in hitrosti. Za primerjavo obeh štartov je bilo tako v ta namen izbranih 45 spremenljivk, ki po našem mnenju najboljše opisujejo obravnavano gibanje. V nadaljevanju, so za oba štarta izračunani osnovni statistični pokazatelji, kot sta aritmetična sredina (AS) in standardni odklon (STDEV), za prikaz minimalnih razlik. Razlika v času šprinta v dvajsetih metrih je verjetno posledica različno učinkovitega štartnega pospeševanja, ki je sledilo štartu, kateri pa ni bil predmet analize.

Preglednica 2: Čas CTT na različnih dolžinah teka.

Štartna akceleracija – 3m in 20m			
	enota	3. tek	6. tek
T3M	s	1,01	1,03
T20M	s	2,98	3,19



Slika 9: Kinogram štartne akcije in prvih dveh korakov pospeševanja iz nizkega štarta.

Štartni položaj

V Preglednici 6 so navedene vrednosti izmerjenih podatkov za izbrane spremenljivke (KKOLS, KKOLZ IN KTRUPX) pri obeh štartih, ki so v veliki meri

primerljive z vrednostmi različnih avtorjev (Preglednica 7), ki so opravljali podobne kinematične analize na vrhunskih šprinterjih.

Preglednica 3: Vrednosti in osnovna statistika izbranih kinematičnih spremenljivk – štartni položaj.

spremenljivka	enota	3. tek	6. tek	AS	STDEV
Razdalja sprednjega bloka od štartne črte - DBS	cm	58,5	58,3	58,4	0,14
Razdalja zadnjega bloka od štartne črte - DBZ	cm	86,6	84,8	85,7	1,27
Razdalja med blokoma - DBSZ	cm	28,1	26,5	27,3	1,13
Absolutna višina težišča telesa - CTTABS	cm	64,4	65,2	64,8	0,57
Relativna višina težišča telesa - CTTREL	/	0,34	0,35	0,345	0,01
Projekcija težišča telesa do štartne črte - DCTTC	cm	18,6	17,2	17,9	0,99
Absolutna višina bokov - BOKABS	cm	79,6	81,2	80,4	1,13
Relativna višina bokov - BOKREL	/	0,43	0,43	0,43	0,00
Projekcija bokov do štartne črte - DBOKC	cm	43,1	42,0	42,55	0,78
Kot v gležnju sprednje noge - KGLS	°	105,6	109,9	107,75	3,04
Kot v gležnju zadnje noge - KGLZ	°	109,7	107,0	108,35	1,91
Kot v kolenu sprednje noge - KKOLS	°	104,5	113,8	109,15	6,58
Kot v kolenu zadnje noge - KKOLZ	°	121,3	123,0	122,15	1,20
Naklon trupa glede na horizontalo - KTRUPX	°	-24,12	-25,5	-24,81	0,98

Preglednica 4: Vrednosti izbranih spremenljivk različnih avtorjev.

avtor	Kot v kolenu sprednje noge - KKOLS	Kot v kolenu zadnje noge - KKOLZ	Naklon trupa glede na horizontalo - KTRUPX
Borzov (1980)	100° (92° -105°)	129° (115° -138°)	-14° (-8° do -22°)
Atwater (1982)	89° (56° -112°)	118° (90° -154°)	-23 (-9° do -34°)
Mero idr. (1983)	111° (±9°)	134° (±14°)	-29° (±9°)
Tellez in Doolittle (1984)	90°	135°	ni podatka
Mero (1988)	96°	126°	-21°
Mero in Komi (1990)	99°	136°	-21°

Pri obeh štartih je imel praktično enako postavitev štartnih blokov, tako pri razdalji do štartne črte (DBS in DBZ) kot pri razdalji med blokoma (DBSZ). Nekoliko večja razlika pa se je kljub temu pokazala v vrednostih kotov v sprednjem kolenu (KKOLS) in sprednjem gležnju (KGLS). Pri obeh štartih je bil naklonski kot štartnih blokov enak (55° sprednja noga in 65° zadnja noga), prav tako je tudi razdalja CTT do štartne črte enaka, tako da je posledica različnih kotov v gležnju in kolenu lahko le na račun različnih vrednosti položaja bokov (BOKABS in DBOKC), ki pa so si tudi zelo podobne. Razlike so tako verjetno le posledica napake merskega postopka (2D analiza) in obdelave podatkov (digitalizacija, moč filtra).

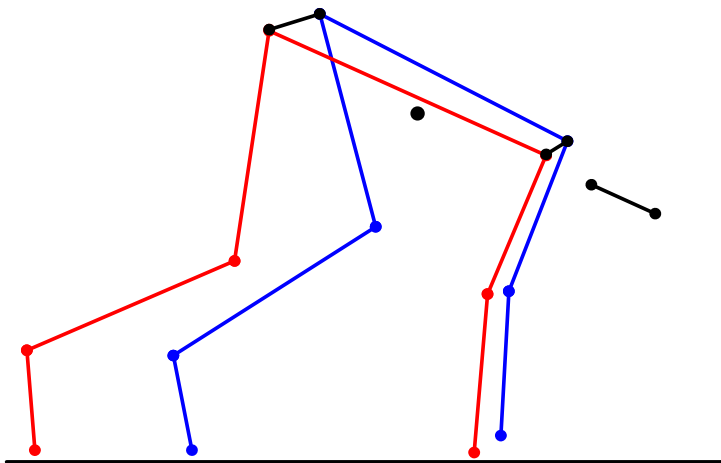
Na podlagi raziskav (Mero, Luthanen in Komi, 1983) je bilo ugotovljeno, da ne obstaja nobenih značilnih razlik v vrednostih naklona trupa med dobrimi (10,80s na 100m) in povprečnimi šprinterji (11,50s na 100m). Te vrednosti se gibljejo med -8 do -29° (Preglednica 7).

Kot v kolku (kot med stegnom in trupom) se je pokazal kot ključna razlika med dobrimi in slabimi šprinterji (Mero, Luthanen in Komi, 1983).

Povprečni kot v kolku sprednje noge je tako znašal pri dobrih šprinterjih 41° , pri slabših pa 52° . Povprečna vrednost kota v kolku zadnje noge pa je znašala pri dobrih šprinterjih 80° in pri slabših 89° . Pri našem merjencu sta ta dva kota znašala $48,97^{\circ}$ za sprednjo in $75,84^{\circ}$ za zadnjo nogo. Po teh rezultatih sodeč, naš šprinter spada nekam vmes, oziroma bi kot v kolku sprednje noge lahko zmanjšal še za približno 10° , kar pa je v veliki meri odvisno od gibljivosti in pa predvsem moči aktivnih mišic v tem sklepu (Harland in Steele, 1997). Boljši šprinterji dosegajo višje izhodne hitrosti verjetno na račun močnejših iztegovalk kolka in boljše gibljivosti v kolčnem sklepu (Harland in Steele, 1997). Na takšen način verjetno zaradi drugačnega odnosa sila-dolžina mišice, proizvedejo mišice iztegovalke kolka tudi večje sile pri odzivu iz štartnega bloka.

Odnos sila-dolžina opisuje odnos med silo, ki jo razvije mišica (mišično vlakno ali sarkomera) in trenutno dolžino mišice. Po teoriji prečnih mostičev se v sarkomeri vzpostavljajo prečni mostiči med debelim in tankim filamentom in povzročajo drsenje obeh filamentov drug mimo drugega. Predpostavlja se, da vsak prečni mostič ustvari enako veliko silo, ne glede na ostale prečne mostiče. Glede na to, da naj bi bila mesta za vzpostavljanje prečnih mostičev vzdolž debelega filamenta na

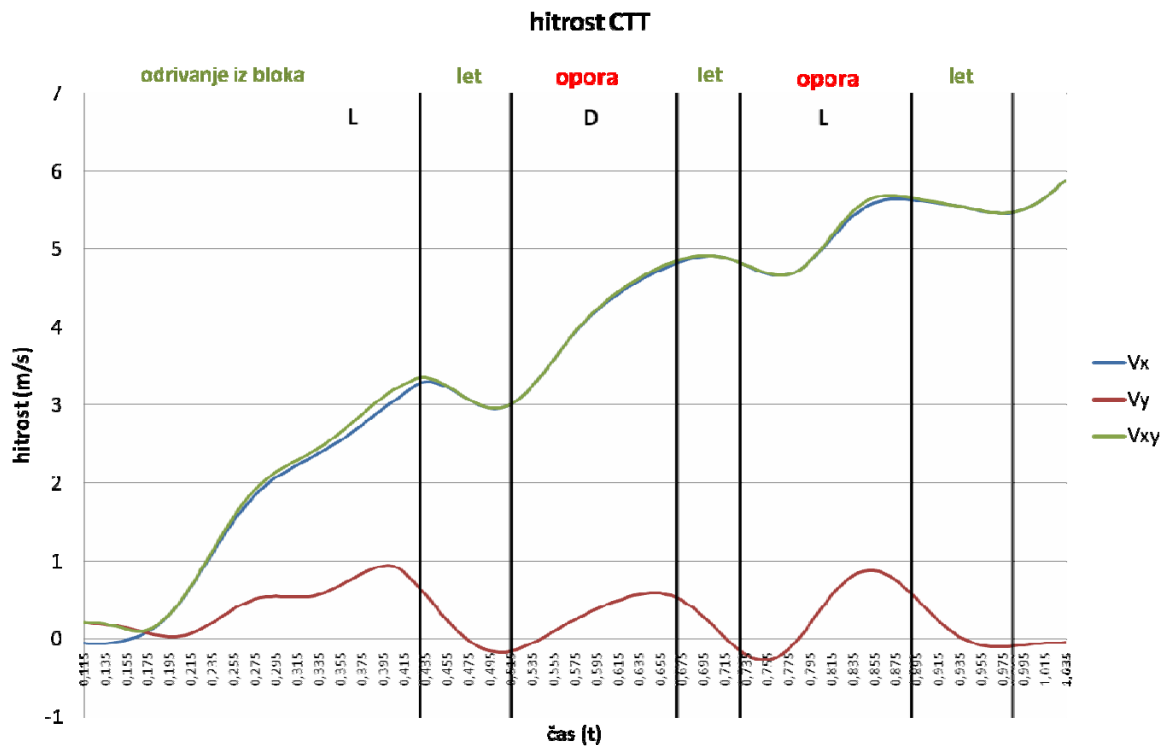
enakih razdaljah, je od prekrivanja debelega in tankega filamenta odvisno, koliko prečnih mostičev je možno vzpostaviti, s tem pa je tudi določena možna velikost proizvedene sile. Pri nizkem štartu, je šprinter v določenem začetnem položaju, kateri opredeljuje dolžine mišic in s tem tudi pogoje za ustvarjanje sile.



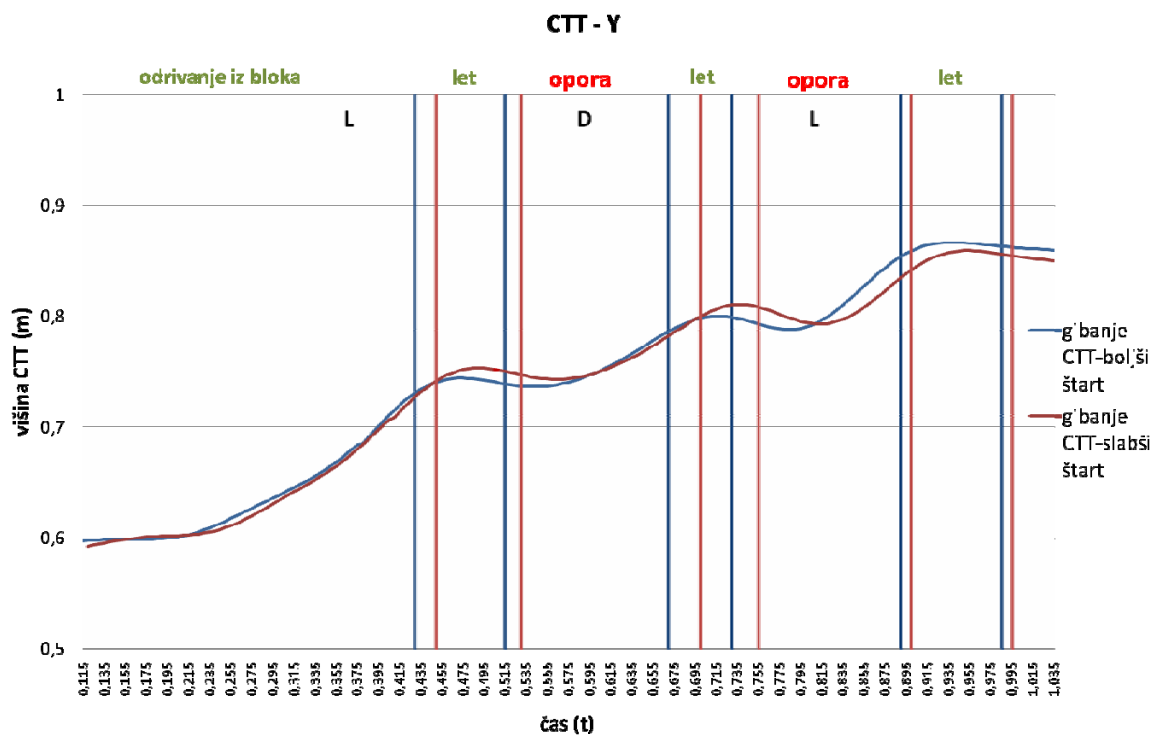
Skica 7: Štartni položaj.

Štartna akcija in začetno pospeševanje

Horizontalna hitrost težišča telesa (V_{STARTX}) ob izhodu iz štartnega bloka je v različnih raziskavah različno interpretirana (Čoh, idr., 1998; Mero in Komi, 1986; Maulder, 2005), vendar pa največkrat obravnavana kot ena ključnih spremenljivk, ki vpliva na čas teka v desetih metrih po nizkem štartu. Merjenec dosega v povprečju horizontalno hitrost 3,35m/s, ter le minimalno povprečno vertikalno hitrost (V_{STARTY}) 0,58m/s, kar pomeni, da je vsa hitrost usmerjena v glavnem naravnost naprej (Graf 1), kar potrjuje tudi zelo oster povprečni kot rezultante štartne hitrosti ($K_{STARTXY} = 9,95^\circ$).



Graf 1: Dinamika krivulje hitrosti CTT.

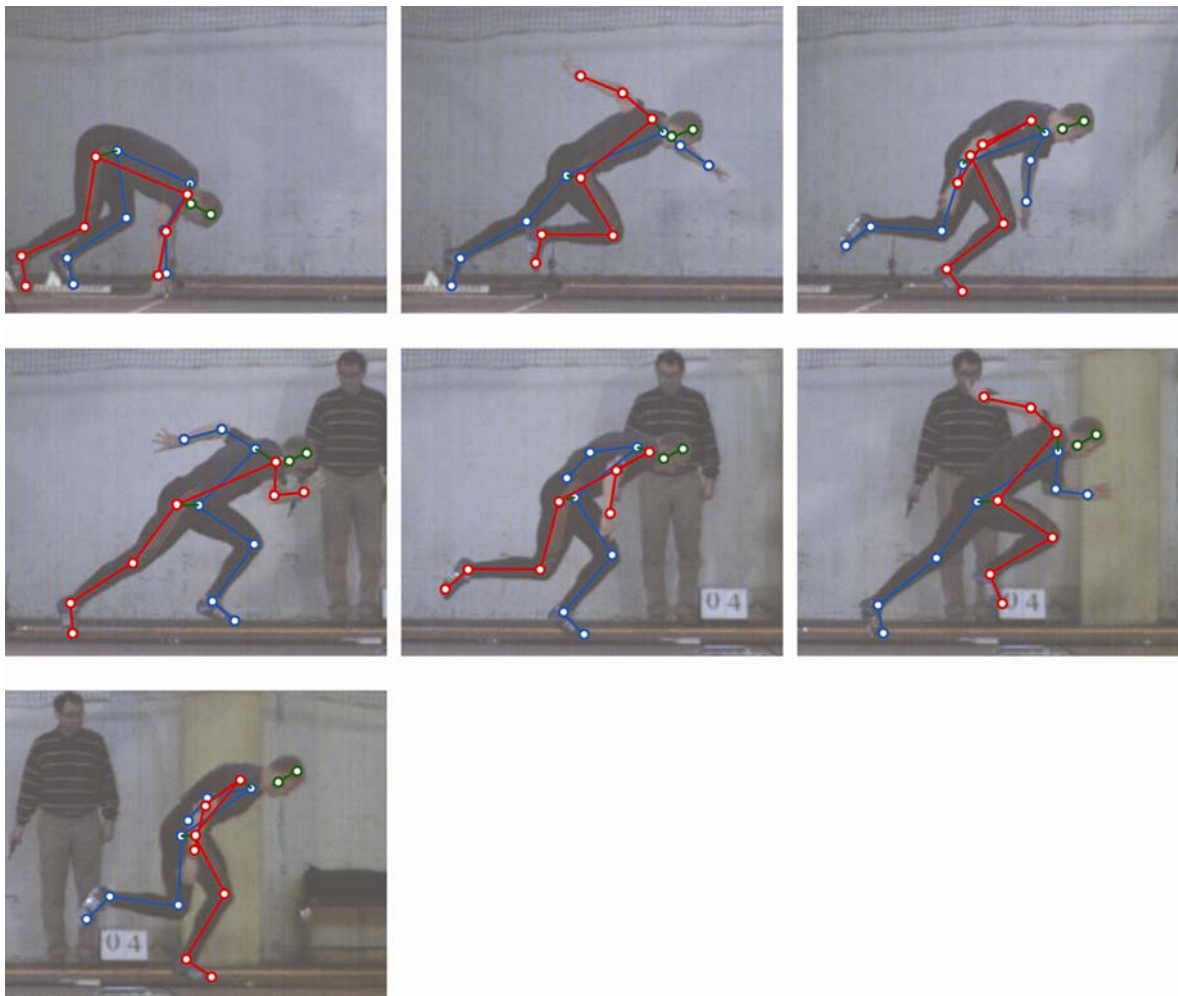


Graf 2: Dinamika krivulje gibanja CTT gor in dol.

Kot med stegnoma se pri obeh štartih giblje okrog 72° (Preglednica 8). Velikost tega kota verjetno posledično vpliva na dolžino (Preglednica 8: DKOR1) prvega koraka (Harland in Steele, 1997), ki je pri obeh štartih znašala okrog 96cm. Dolžina prvega koraka pri vrhunskih ameriških šprinterjih (Atwater, 1982) znaša v povprečju 102cm (98cm-120cm), povprečna vrednost te spremenljivke za slovenske šprinterje, ki jo je izmeril Čoh (1998) pa tudi znaša okrog 100cm.

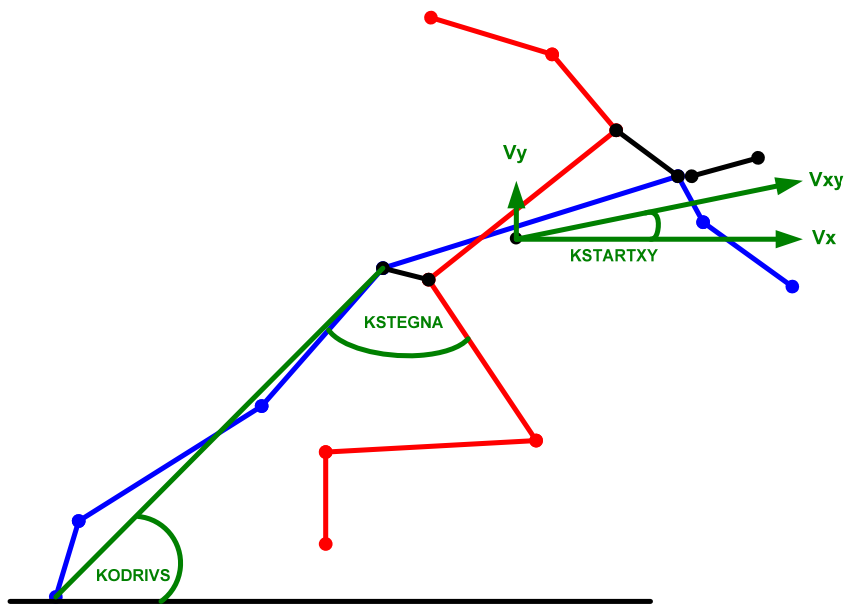
Preglednica 5: Vrednost izbranih kinematičnih spremenljivk – štartna akcija (izhod iz štartnega bloka).

spremenljivka	enota	3. tek	6. tek	AS	STDEV
Štartni odzivni kot glede na horizontalo - KODRIVS	$^{\circ}$	40,19	44,12	42,16	2,78
Vertikalna štartna hitrost težišča telesa - VSTARTY	m/s	0,64	0,52	0,58	0,08
Horizontalna štartna hitrost težišča telesa - VSTARTX	m/s	3,31	3,39	3,35	0,06
Rezultanta štartne hitrosti težišča telesa - VSTARTXY	m/s	3,37	3,43	3,40	0,05
Kot rezultante štartne hitrosti - KSTARTXY	$^{\circ}$	11,10	8,80	9,95	1,63
Kot med stegnoma - KSTEGNA	$^{\circ}$	71,28	74,19	72,74	2,06
Čas od štartnega signala do popolne zapustitve rok s tal - TROK	s	0,215	0,230	0,223	0,011



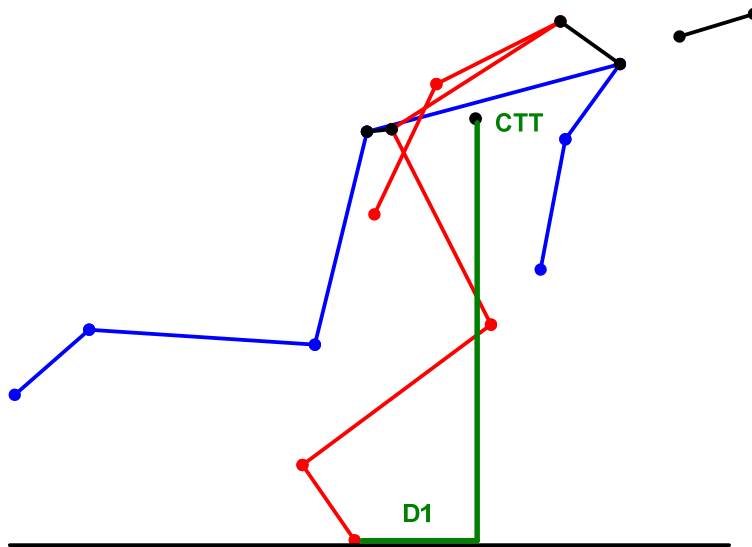
Slika 10: Fotokinogram štarta in štartne akcije – Matic Osovníkar.

Vrednosti rezultante hitrosti izhoda iz štartnega bloka (VSTARTXY) oziroma izhodno hitrost, sta Harland in Steele (1997) opredelila kot ključno spremenljivko za oceno uspešnosti izvedbe nizkega štarta. Pri vrhunskih šprinterjih (čas na 100m med 10,02 in 10,79s), sta zabeležila vrednosti VSTARTXY med 3,46 in 3,94m/s, medtem ko so se vrednosti slabših šprinterjev (čas na 100m med 11,5 in 11,85s) gibale med 2,94 in 2,95m/s. Obravnavani merjenec je pri obeh štartih dosegal vrednosti VSTARTXY okrog 3,40m/s, kar ga uvršča v skupino vrhunskih šprinterjev.



Skica 8: Skica izmerjenih kotov in hitrosti v fazi štartne akcije.

Ko šprinter zapusti štartni blok, je v nadaljevanju za razvijanje največje hitrosti pomembna priprava na nadaljnje korake.



Skica 9: Prvi dotik stopala s tlemi po štartu in projekcija CTT na tla.

V primeru ko je postavitev prvega stopala na tla po izhodu iz štartnega bloka za projekcijo CTT na tleh (Skica 9: D1), lahko šprinter takoj začne razvijati maksimalno horizontalno komponento sile odriva (Harland in Steele, 1997). V nasprotnem primeru ko je stopalo postavljeno pred projekcijo CTT, pa pride do zaviranja vse dokler CTT ne prehití stopala. Harland in Steele (1997) sta pri vrhunskih šprinterjih v prvih dveh korakih ugotovila, da vedno postavijo stopalo na tla za projekcijo CTT ($D1=13,1\text{cm}$ in $3,7\text{cm}$). Naš merjenec je v povprečju obeh štartov pri prvem koraku stopil na tla za projekcijo CTT ($D1=17,6\text{cm}$), pri drugem koraku pa je stopil skoraj točno pod projekcijo CTT ($D1=0,6\text{cm}$).

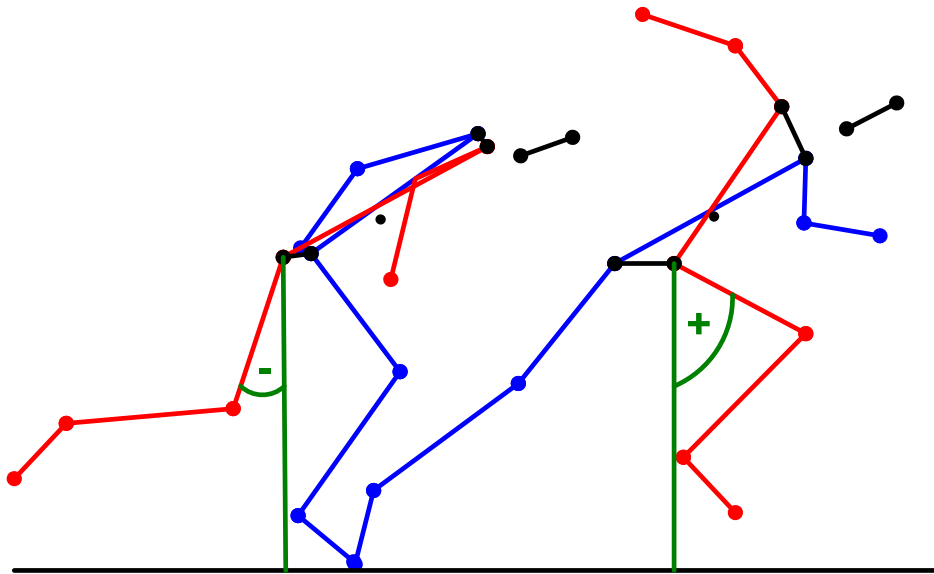
Tudi pri prvem koraku po izhodu iz štartnega bloka je večina hitrosti še vedno usmerjena naprej (Preglednica 9 – VCTT1X) in gibanje navzgor je minimalno, kar je lahko predvidljivo tudi iz majhnega naklona trupa glede na horizontalo (povp. $KTRUP1X=36,71^\circ$).

Preglednica 6: Vrednosti izbranih kinematičnih spremenljivk – štartni pospešek, prvi korak.

spremenljivka	enota	3. tek	6. tek	AS	STDEV
Dolžina prvega koraka - DKOR1	cm	94,6	97,1	95,85	1,77
Odrivni kot; kot med horizontalo in premico, ki povezuje vrh stopala odrivne noge in težišče telesa - KODRIV1	°	50,53	49,40	49,97	0,80
Vertikalna hitrost težišča telesa - VCTT1Y	m/s	0,56	0,74	0,65	0,13
Horizontalna hitrost težišča telesa - VCTT1X	m/s	4,67	4,57	4,62	0,07
Rezultanta hitrosti težišča telesa - VCTT1XY	m/s	4,70	4,63	4,67	0,05
Kot v kolenu odrivne noge - KKOLODRIV1	°	148,80	153,15	150,98	3,08
Kot v gležnju odrivne noge - KGLODRIV1	°	120,84	123,07	121,96	1,58
Kot v kolku zamašne noge; kot med stegnom zamašne noge in trupom - KKOLKZAMAH1	°	74,69	75,48	75,09	0,56
Kot trupa na horizontalo - KTRUP1X	°	35,69	37,732	36,71	1,44

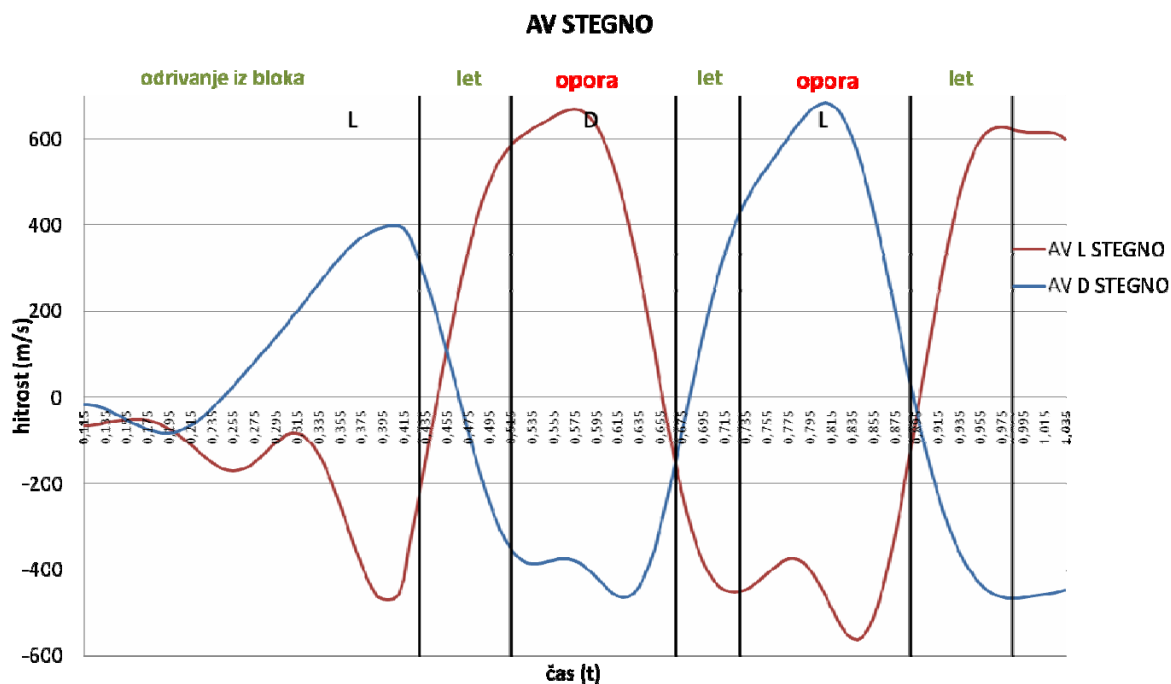
Kot kriterij dobrega delovanja zamašne noge bi lahko vzeli kot med zamašno nogo in trupom v trenutku odziva. Ta kot naj bi po mnenju nekaterih avtorjev (Murphy, idr., 2003; Schot in Knutzen, 1992) v prvem koraku znašal okrog 80° , kar pa je tudi vrednost ki jo dosega naš merjenec (povp. $KKOLZAMAH1=75,09^{\circ}$).

Vrednosti, ki jih zavzemajo kotne hitrosti stegna v kolčnem sklepu so razvidne iz Grafa 3 – to je pravzaprav hitrost upogibanja in iztegovanja v kolčnem sklepu brez upoštevanja gibanja trupa.



Skica 10: Pozitivne vrednosti (+) so vrednosti za položaj, ko se stegno nahaja desno od vertikale, negativne (-) pa levo od vertikale.

Logično bi bilo sklepati, da pomeni višja hitrost iztegovanja oporne noge, hitrejšo potiskanje v smeri naprej, kar pomeni razvijanje večje sile na podlago in tudi višjo končno hitrost težišča telesa ob koncu odriva. Vrednosti se gibljejo od -500 do $700^{\circ}/s$. Višje hitrosti so seveda v fazi upogibanja, saj morajo v fazi iztegovanja mišice iztegovalke kolka razvijati precej večjo silo, ko potiskajo naprej celo telo.



Graf 3: Kotne hitrosti (AV) stega v kolku za hitrejšega od obeh štartov.

Tudi v drugem koraku štartnega pospeševanja so si vrednosti izbranih kinematičnih spremenljivk obeh štartov precej podobne. Zanimivo pa je, da se največja razlika kaže pri horizontalni komponenti hitrosti CTT (VCTT2X), ki je pri boljšem štartu nižja od tiste pri slabšem za 0,34m/s, kar rezultira tudi v nižji vrednosti rezultante hitrosti težišča telesa (VCTT2XY). V povprečju (5,51m/s) pa so vrednosti podobne vrednostim, ki so jih pri vrhunskih šprinterjih zabeležili Mero idr. (1983) – 5,7m/s.

Preglednica 7: Vrednosti izbranih kinematičnih spremenljivk – štartni pospešek, drugi korak.

spremenljivka	enota	3. tek	6. tek	AS	STDEV
Dolžina drugega koraka - DKOR2	cm	109,0	108,3	108,65	0,49
Odrivni kot; kot med horizontalo in premico, ki povezuje vrh stopala odrivne noge in težišče telesa - KODRIV2	°	50,69	52,22	51,46	1,08
Vertikalna hitrost težišča telesa - VCTT2Y	m/s	0,63	0,70	0,67	0,05
Horizontalna hitrost težišča telesa - VCTT2X	m/s	5,34	5,68	5,51	0,24
Rezultanta hitrosti težišča telesa -	m/s	5,38	5,73	5,56	0,25

VCTT2XY					
Kot v kolenu odrivne noge - KKOLODRIV2	°	165,13	168,14	166,64	2,13
Kot v gležnju odrivne noge - KGLODRIV2	°	135,02	133,27	134,15	1,24
Kot v kolku zamašne noge; kot med stegnom zamašne noge in trupom - KKOLKZAMAH2	°	83,91	85,74	84,83	1,29
Kot trupa na horizontalo - KTRUP2X	°	41,74	39,98	40,86	1,24

Poleg največje horizontalne izhodne hitrosti iz štartnega bloka in povprečne horizontalne hitrosti štartne akcije bi po pregledu literature in lastnem razmišljanju, kot ključno kinematično spremenljivko za oceno uspešnosti nizkega štarta, lahko uporabili povprečni horizontalni pospešek CTT (MHAC – mean horizontal acceleration) v času od štartnega signala do zapuščanja štartnega bloka (zadnji dotik zadnje noge s štartnim blokom). Delecluse idr. (1992) so MHAC opredelili kot izpeljanko iz horizontalne hitrosti CTT in štartnega časa (čas zapuščanja bloka po signalu) in dobili visok korelacijski koeficient ($r=0,71$) s časom šprinta v dvanajstih metrih.

Preglednica 8: Vrednosti štartnega pospeška različnih avtorjev.

avtor	čas na 100m (s)	pospešek (m/s^2)
Bauman (1976)	10,35	8,68
Harland in Steele (1997)	11,85	7,55
Mero, Luthanen in Komi (1983)	10,8	8,68
Harland in Steele (1997)	11,5	6,83
Mero (1988)	10,79	10,12
Delecluse idr. (1992)	10,21	11,77
Mero in Komi (1990)	10,78	10,03

Merski postopek, ki je bil uporabljen pri meritvi teh štartov ne omogoča natančega in zanesljivega neposrednega izračuna štartnih pospeškov (problem 2D analize), zato smo uporabili zgoraj omenjeni izračun. Povprečna vrednost MHAC pri obeh štartih merjenca znaša $7,56m/s^2$, kar je primerljivo z vrednostmi slabših šprinterjev, ki so jih izmerili različni avtorji (Preglednica 11).

Glede na to, da naš merjenec dosega zelo visoke vrednosti horizontalne hitrosti ob izhodu iz bloka, je nizka vrednost MHAC torej na račun slabšega reakcijskega časa - merjenec je verjetno potreboval več časa za odziv po štartnem signalu.

Na naši meritvi niso bili uporabljeni elektronski štartni bloki, ki bi nam omogočili direktno merjenje štartnega reakcijskega časa. Štartni reakcijski čas bi lahko na primer za približno oceno v ta namen razbrali kar iz video posnetkov, kjer bi bil kriterij reakcije na štartni signal prvi premik katerega od telesnih segmentov. Čas ki bi ga šprinter potreboval od štartnega signala do prvega premika, bi bil tako lahko ocenjen kot štartni reakcijski čas. V našem primeru je bil prvi očiten premik telesa premik glave. Izračunali pa smo tudi čase, ki jih je potreboval za zaluščanje štartnega bloka.

Iz Preglednice 12 je razvidno, da je sicer prvi premik pri obeh štartih skoraj popolnoma enak, razlika pa je večja v času zaluščanja štartnega bloka. Pri hitrejšem od obeh štartov je namreč za zaluščanje štartnega bloka potreboval 20 milisekund manj.

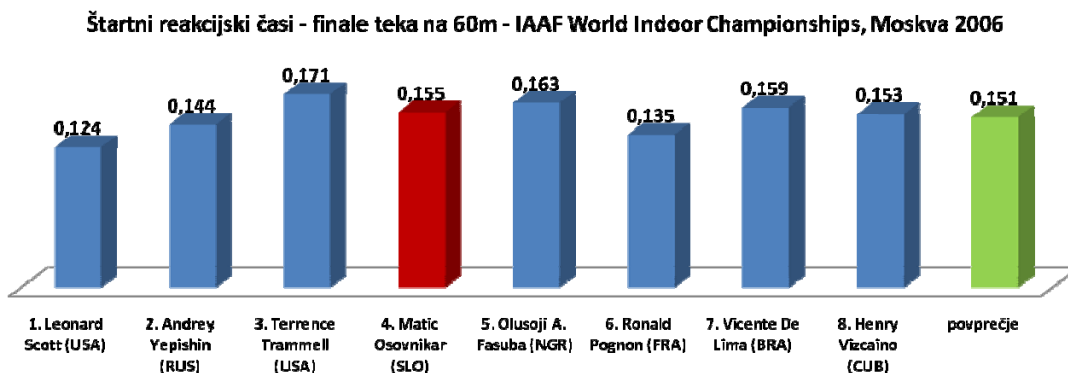
Tudi zaluščanje rok s tal, je hitrejše pri boljšem štartu (za 15 milisekund). Podatki o zaluščanju rok s tal za vrhunske šprinterje, se gibljejo med 0,19 – 0,23s (Atwater, 1982).

Preglednica 9: Reakcijski časi – Matic Osovníkar.

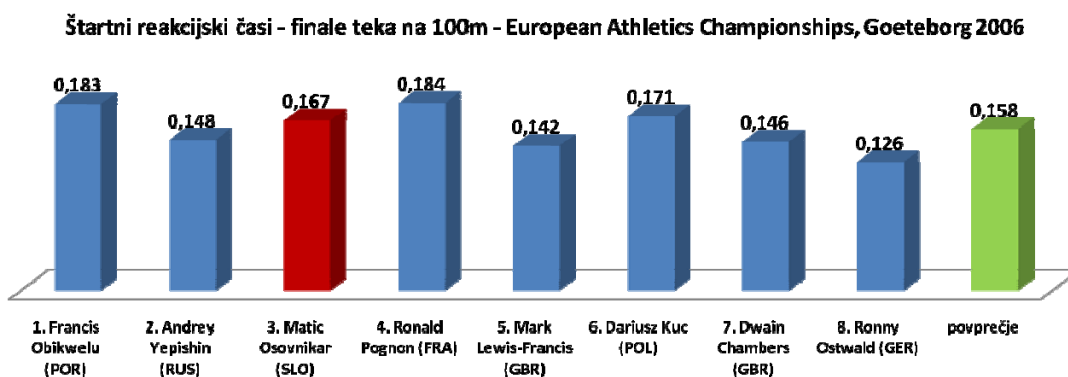
		3 tek (s)	6 tek (s)
1	čas od strela do prvega premika (premik glave)	0,125	0,130
2	čas od strela do zadnjega dotika zadnjega stopala	0,285	0,305
3	čas od strela do zadnjega dotika sprednjega stopala	0,420	0,440
4	zaluščanje rok s tal	0,215	0,230

Harland in Steele (1997) sta v svoji raziskavi pri skupini boljših šprinterjev izmerila čase zaluščanja štartnih blokov, kjer je bil čas zaluščanja zadnjega bloka med 0,120 in 0,180s, čas zaluščanja sprednjega bloka pa med 0,310 in 0,370s. Glede na podatke iz finalnih tekov na 100m in 60m na zadnjih evropskih in svetovnih prvenstvih v atletiki je razvidno, da nimajo vsi vrhunski šprinterji najkrajšega

reakcijskega časa, vendar pa v povprečju dosegajo vrednosti okrog 0,150s (Graf 4 in 5).



Graf 4: Štartni reakcijski časi – Svetovno dvoransko prvenstvo, Moskva 2006



Graf 5: Štartni reakcijski časi – Evropsko prvenstvo, Goeteborg 2006.

Raziskave, ki so bile opravljene na temo treninga za izboljšanje reakcijskega časa so potrdile, da lahko pravilen trening izboljša enostavni reakcijski čas celo za 10 odstotkov (Pečjak, 1975; Woodworth, 1964). Predvideva se, da je to na račun boljše fizične pripravljenosti. Najhitrejši reakcijski čas so imeli merjenci, ki so trenirali pri pulzu 115 udarcev na minuto (Sjoberg, 1975). Pokazalo se je, da se s treningom veliko bolj izboljša izbirni reakcijski čas, kot enostavni reakcijski čas, čeprav razlike v prid enostavnega časa nikoli ne izginejo (Woodworth, 1964).

Vrednosti za kot trupa glede na horizontalo (KTRUP1X in KTRUP2X) znašajo pri našem merjencu v povprečju 36,71° za KTRUP1X in 40,86° za KTRUP2X. Atwater (1982) je v svoji raziskavi pri vrhunskih šprinterjih zabeležil kot naklona trupa v

času zapuščanja bloka okrog 45° . Eden izmed nekdanjih vrhunskih šprinterjev Ben Johnson je imel naklon trupa ob izhodu iz bloka celo 65° glede na horizontalo (Francis idr., 1991). Takšen naklon trupa je bil posledica izredno ozke postavitve štartnih blokov in izredno močnih mišic iztegovalk kolka, ki so mu omogočile še večje razvijanje pospeševanja že v bloku. Takšen način štarta so poimenovali »jump start«, saj je šprinter dobesedno skočil iz štartnega bloka.

7. ZAKLJUČEK

Optimalna tehnika nizkega štarta zagotavlja dobro podlago za uspešno nadaljevanje šprinta v štartnem pospeševanju. Predmet in problem diplomskega dela sta bila usmerjena na proučevanje kinematičnih značilnosti nizkega štarta dveh rezultatsko različno kvalitetnih šprintov vrhunskega šprinterja. Namen dela je bil ugotoviti tiste kinematične spremenljivke nizkega štarta, ki najbolj opredeljujejo lastnosti dobrega nizkega štarta. Izmerili smo šest nizkih štartov in od teh dva (najboljšega in najslabšega – kriterij je bil čas teka na dvajsetih metrih) kinematično analizirali. Kinematična meritev je bila opravljena z vrhunskim hitroslikovnim sistemom Mikrotron Motion Blitz Cube ECO-1. Hitrost zajema podatkov je bila 200 slik v sekundi. Čas na razdalji dvajsetih metrov smo merili s fotocelicami BROWER Timing System (ZDA). Osnovno statistiko za izbrane spremenljivke smo obdelali s pomočjo statističnega paketa SPSS.

Najpomembnejše ugotovitve diplomskega dela so sledeče:

- Med najhitrejšim in najpočasnejšim izmerjenim nizkim štartom ne obstaja nobenih statistično značilnih razlik med izbranimi kinematičnimi spremenljivkami.
- Merjenec je glede na kinematično analizo, tehnično skoraj popolnoma enako izvedel oba štarta.
- Vrednosti izmerjenih kinematičnih spremenljivk so v veliki meri primerljive z vrednostmi, ki jih navajajo različni tuji avtorji v svojih raziskavah, ki so temeljile na analizah vrhunskih svetovnih šprinterjev.
- Podatki pridobljeni s pomočjo 2D kinematične analize kljub visoki frekvenci zajema podatkov ne omogočajo natančnih izračunov pospeškov.
- Kotna hitrost stegna v kolčnem sklepu bi lahko bila ena izmed učinkovitih metod za ugotavljanje uspešnosti izvedbe nizkega štarta, vendar pa v zbrani literaturi takšnih podatkov za morebitno primerjavo nismo zasledili.

- Glede na izračun vrednosti povprečnega štartnega pospeška, je mogoče sklepati, da je štartni reakcijski čas tista spremenljivka, ki pri našem merjencu opredeljuje dober štart.
- Pomembne razlike med štartoma so se pokazale le pri štartnem reakcijskem času.

Tehnika nizkega štarta vrhunškega šprinterja predstavlja popolnoma avtomatiziran gibalni program, saj se kljub večkratnim ponovitvam štarta, tehnika ne spreminja, kar kaže na visoko stopnjo avtomatizacije. Izračunane vrednosti kinematičnih spremenljivk so v primerjavi s tujimi tovrstnimi študijami v veliki meri pokazale visoko primerljivost našega merjenca z ostalimi vrhunskimi šprinterji. Za podrobnejšo analizo štarta in štartne akcije, pa bi bilo potrebno uporabiti 3D kinematično analizo štarta, ter elektronske bloke z možnostjo merjenja štartnega reakcijskega časa in sil, ki jih šprinter ustvarja ob štartu, na štartni blok. Za primerjavo razlik pa bi bilo potrebno izvesti tovrstne meritve z večjim vzorcem rezultatsko primerljivih merjencev ter v različnih obdobjih.

8. VIRI

- Atwater, A. E. (1982). Kinematic analyses of sprinting. *Track and Field Quarterly Review*, 82(2), str. 12-16.
- Baechle, T. R., in Earle, R. W. (2000). *Essentials of strength training and conditioning (2 ed.)*. USA: Human Kinetics.
- Baumann, W. (1976). Kinematic and dynamic characteristics of the sprint start. V P. V. Komi (ur.), *Biomechanics* (Vol. V-B, str. 194-199). Baltimore: University Park Press.
- Bhowmick, S., & Bhattacharyya, A. (1988). Kinematic analysis of arm movements in sprint start. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 4, 315-323.
- Bohn, C., Shan, G. B., Attermeyer, R., in Schulte, M. (1998). Biomechanical analysis of sprinting to improve individual technique. Referat predstavljen na XVI. International Society of Biomechanics and Sport Symposium, University of Konstanz, Germany. *Journal of Sports and Physical Therapy*, 26(3), 138 - 142.
- Cavanagh, P., in Kram, R. (1989). Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 467-479.
- Čoh, M. (2002). *Atletika: tehnika in metodika nekaterih atletskih disciplin (tretja izdaja)*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.
- Čoh, M. (ur.). (2001). *Biomehanika atletike*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Čoh, M., in Dolenc, A. (1996). Starting action dynamics analysis in top sprinters. *Kinesiology*, 28(2), 26-29.
- Čoh, M., Jošt, B., Škof, B., Tomažin, K., in Dolenc, A. (1998). Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. *Gymnica*, 28, 33-42.
- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Diels, R., in Goris, M. (1992). A model for the scientific preparation of high level sprinters. *New Studies in Athletics*, 7(4), 57-64.

- Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., in Goris, M. (1995). Influence of high resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203-1209.
- Donati, A. (1996). Development of stride length and stride frequency in sprint performances. *New Studies in Athletics*, 34(1), 3-8.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology (2nd ed.)*. Champaign: Human Kinetics.
- Ferro, A., Rivera, A., Pagola, I., Ferreuela, M., Martin, A., in Rocandio, V. (2001). Biomechanical analysis of the 7th world championships in athletics Seville 1999. *New Studies in Athletics*, 16(1/2), 25-60.
- Harland, M. J., in Steele, J. R. (1997). Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23(1), 11-20.
- Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques (4 ed.)*: Prentice Hall.
- Helmick, K. (2003). Biomechanical analysis of sprint start positioning. *Track Coach*, 163, 5209-5214.
- Henry, F. M. (1952). Force-time characteristics of the sprint start. *Research Quarterly*, 23, 301-318.
- Hoster, M., in May, E. (1979). Notes on the biomechanics of the sprint start. *Athletics Coach*, 13(2), 2-7.
- Johnson, M. D., in Buckley, J. G. (2001). Muscle power patterns in the mid acceleration phase of sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 19, 263-272.
- Juhart, M. (2003). *Povezanost spremenljivk šprinterskega teka s spremenljivkami moči*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Komi, P. V. (ur.). (1992). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Korchemny, R. (1992). A new concept for sprint start and acceleration training. *New Studies in Athletics*, 7(4), 65-72.

- Kukolj, M., Ropret, R., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (1999). Anthropometric, strength and power predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(2), 120-122.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94-98.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1986). Force-, EMG-, and elasticity-velocity relationships at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 553-561.
- Mero, A., Komi, P. V., in Gregor, R. J. (1992). Biomechanics of sprint running. *Sports Medicine*, 13(6), 376-392.
- Mero, A., Luhtanen, P., Komi, P., in Susanka, P. (1988). Kinematics of top sprint (400m) running fatigued conditions. *Track and Field Quarterly Review*, 88, 42-45.
- Mero, A., Luhtanen, P., in Komi, P. V. (1983). A biomechanical study of the sprint start. *Scandinavian Journal of Sports Science*, 5(1), 20-28.
- Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, E., Kodejs, M., in Nosek, M. (1988). The 1987 International Athletic Foundation/IAAF scientific project report: time analysis of the 100 metres events at the II world championships in athletics. *New Studies in Athletics*, 3, 61-96.
- Moss, D. (2000). Arm reaction drill for the sprint start. *Modern Athlete & Coach*, 38(3), 25.
- Muller, H., in Hommel, H. (1997). Biomechanical research project at the VIth world championships in athletics, Athens 1997: preliminary report. *New Studies in Athletics*, 12(2-3), 43-73.
- Murphy, A. J., Lockie, R. G., in Coutts, A. J. (2003). Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 144-150.
- Schot, P. K., in Knutzen, K. M. (1992). A biomechanical analysis of four sprint start positions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(2), 137-147.

- Sigerseth, P. O., & Grinaker, V. F. (1962). Effect of foot spacing on velocity in sprints. *Research Quarterly*, 33, 599-606.
- Stock, M. (1962). Influences of various track starting positions on speed. *Research Quarterly*, 33(4), 607-614.
- Tomažin, K. (1996). *Analiza štartne akcije in akceleracije pri vrhunskih šprinterkah in šprinterjih*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Zatsiorsky, V. M., (ur.). (2000). *Biomechanics in sport : performance enhancement and injury prevention*. Oxford: Blackwell Scientific.