

## Partenza della velocità e accelerazione dai blocchi. Studio di un caso

Milan Čoh<sup>1</sup>, Katja Tomažin<sup>1</sup>, Irina Juhas<sup>2</sup>, Jernej Čamernik<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Università di Lubiana, Facoltà di Sport, Lubiana, Slovenia

<sup>2</sup>Università di Belgrado, Facoltà di Sport ed Educazione Fisica, Belgrado, Serbia

### Introduzione

La partenza della velocità e l'accelerazione dai blocchi sono due fasi estremamente importanti, che determinano in maniera diretta i risultati nelle gare di corsa veloce dei 100m, 200m e 400m. Non è una coincidenza che molti autori abbiano fatto delle ricerche sui fattori biomeccanici di queste due fasi per spiegare il fenomeno della velocità dello sprint (Mero, Luhtanen, & Komi, 1983; Coppenolle & Delecluse, 1989; Guissard, Duchateau, & Hainaut, 1992; Korchemny, 1992; Schot & Knutzen, 1992; Mc Clements, Sanders, & Gander 1996, Harland & Steele, 1997). I risultati degli studi e la loro applicabilità dipende dalla rilevanza del campione di soggetti, dalla tecnologia della ricerca utilizzata e dalla valutazione critica dei risul-

tati. Lo sviluppo di moderne tecnologie biomeccaniche accresce la precisione della misurazione e dell'analisi dei fattori chiave di prestazione nella gara di velocità. La partenza della gara di velocità e l'accelerazione dai blocchi sono i primi due elementi dello sprint, in cui l'atleta tenta di assumere la velocità massima dai blocchi. Lo studio (Tellez & Doolittle, 1984) ha mostrato che le due fasi determinano il risultato totale per il 64% nella gara dei 100 metri.

Altri studi (Mero, 1988; Coppenolle, 1989; Coppenolle et al., 1990; Schot & Knutzen 1992; Korchemny, 1992; Guissard, Duchateau, & Hainaut, 1992; Harland & Steele, 1997) concorrono a confermare che l'efficacia della partenza nella gara di velocità dipende primariamente dal posizionamento dei blocchi, dalla posizione del TBCG (centro

di gravità di tutto il corpo) al pronti, dal tempo sui blocchi e dalla velocità di uscita dai blocchi seguita dall'accelerazione dai blocchi. Il rapporto ottimale tra la partenza e l'accelerazione dai blocchi è un problema motorio specifico in cui l'atleta deve integrare – in termini di spazio e tempo – un movimento aciclico con un movimento ciclico.

L'accelerazione dai blocchi è quella fase dello sprint in cui i parametri cinematici dell'appoggio cambiano nella maniera più dinamica. In seguito a questi cambiamenti l'accelerazione dai blocchi del TBCG dell'atleta aumenta. L'accelerazione dai blocchi è un complesso movimento ciclico definito in maniera predominante dalla progressione della frequenza e della lunghezza dei passi, dalla durata delle fasi di contatto e di volo e dalla posizione del baricentro di tutto il corpo al momento del contatto col terreno. Tutti i parametri citati sono interdipendenti e ognuno dipende dai processi di regolazione centrale del movimento, dalle abilità motorie, dai processi energetici e dalle caratteristiche morfologiche dell'atleta (Cavagna, Komarek, & Mazzoleni, 1971; Mann & Sprague, 1980; Mero & Komi, 1990; Coppenolle et al., 1990; Mero, Komi, & Gregor 1992; Locatelli & Arzac, 1995).

Luhtanen e Komi (1980) hanno distinto nella fase di contatto dell'appoggio di velocità durante l'accelerazione dei blocchi una fase frenante e una fase propulsiva. La somma di entrambe le parti costituisce il totale del



tempo di contatto. A causa delle condizioni biomeccaniche in continuo cambiamento, anche l'indice fase di contatto/fase di volo cambia. I tempi totali di contatto al suolo diminuiscono e la fase di volo aumenta. La lunghezza dell'appoggio dipende dall'altezza corporea e/o dalla lunghezza della gamba e dalla forza sviluppata dai muscoli estensori dell'anca (m. gluteus maximus), ginocchio (m. vastus lateralis, m. rectus femoris) e l'articolazione della caviglia (m. gastrocnemius) nella fase di contatto. L'esecuzione della fase di contatto è uno dei più importanti generatori di efficienza nella gara di velocità (Mero & Komi, 1990). La fase di contatto deve essere la più breve possibile con un rapporto ottimale tra la fase

frenante e la fase propulsiva. La frequenza degli appoggi dipende dal funzionamento del sistema nervoso centrale ed è largamente predeterminata dal punto di vista genetico (Mero, Komi, & Gregor, 1992). Quanto più è alta la frequenza, tanto più è ridotta l'ampiezza del passo, e viceversa. L'efficienza dell'accelerazione dai blocchi è di fatto determinata da un rapporto ottimale tra la lunghezza e la frequenza degli appoggi dell'atleta.

L'obiettivo del nostro studio è stato quello di identificare e analizzare i parametri cinematici più rilevanti che contribuiscono in maniera positiva all'efficacia della partenza e dell'accelerazione dai blocchi in un atleta, cioè di uno sprinter di livello mondiale. Per analizzare

questo aspetto è stata utilizzata la tecnologia biomeccanica più all'avanguardia attualmente disponibile. L'oggetto dello studio ha riguardato la posizione sul pronti dal punto di vista dell'altezza del centro di gravità del corpo totale (TBCG), il tempo di reazione sui blocchi anteriore e posteriore, il tempo di reazione sui blocchi, l'angolo frontale sui blocchi, la velocità del TBCG nei primi tre metri e i parametri cinematici dell'accelerazione dai blocchi nei primi dieci appoggi. È stato effettuato un test con partenza da terra su 20m per valutare l'efficacia dell'accelerazione dai blocchi. I parametri cinematici della partenza sono stati analizzati per mezzo di una telecamera digitale ad alta velocità con una frequenza di

200 fotogrammi/sec. Le misurazioni dei parametri dell'accelerazione dai blocchi sono state fatte per mezzo della tecnologia Opto Track e del sistema a fotocellule ad infrarossi. Ciò ha permesso di quantificare i parametri biomeccanici chiave del movimento nella partenza e nell'accelerazione dai blocchi, di identificare gli errori potenziali basandosi su questi dati e di cercare soluzioni ottimali. Lo studio ha riguardato le misurazioni effettuate su uno sprinter, che attualmente si trova ai vertici delle liste mondiali. A causa della sofisticate procedure di metodologia e tecnologia di misurazione, ci sono relativamente pochi studi biomeccanici di questo tipo nella letteratura professionale. I risultati di questo studio non possono essere generalizzati; tuttavia, i risultati hanno un valore autorevole da un punto di vista cognitivo per l'oggettivazione delle due fasi chiave della corsa di velocità.

## Metodi

### SOGGETTI

Lo studio ha riguardato Matic Osovnikar, un membro della squadra nazionale della Repubblica di Slovenia nei 100 m (età 27, peso 76.7 kg, record personale nei 100m: 10.14 sec.). Le misurazioni biomeccaniche sono state effettuate nel maggio 2006, periodo durante il quale l'atleta si stava preparando per i Campionati Europei di Atletica di Göteborg 2006. In questa competizione Matic Osovnikar ha



Figura 1 - Sistema di misurazione dei parametri cinematici della partenza di velocità e dell'accelerazione dai blocchi.

vinto la medaglia di bronzo nei 100 metri stabilendo il record nazionale sloveno con 10.14 s.

### PROCEDURE DEL TEST

Le misurazioni del test di partenza e accelerazione dai blocchi sono state effettuate nell'impianto sportivo di Atletica Leggera della città di Liubiana, in condizioni climatiche costanti ed ottimali. L'analisi cinematica bidimensionale della partenza è stata svolta con una telecamera MIKROTRON MOTION BLITZ CUBE ECO-1 e il registratore DIGITAL MOTION ANALYSIS, che riesce a catturare 6 secondi di movimenti ad una frequenza di 1000 fotogrammi/secondo con una risoluzione di 640 x 512 pixel. Que-

sto studio è stato effettuato usando una frequenza di 200 fotogrammi/sec (figura 1). L'area è stata calibrata con due cubi di riferimento con 1 metro di lato. L'elaborazione e l'analisi dei dati ottenuti sono state effettuate usando l'Ariel Performance Analysis System (APAS) - (Il sistema di analisi di prestazione Ariel), figura 2. È stato applicato il metodo della digitalizzazione automatica, usando marker passivi ad alto contrasto. È stato utilizzato anche il modello antropometrico a sette segmenti (piede, tibia, coscia, tronco, braccio, avambraccio e testa - come da Dempster, Miller e Nelson: Biomechanica dello Sport, Lea & Febiger, Philadelphia, 1973).

Per analizzare i parametri cinematici dell'accelerazione dai

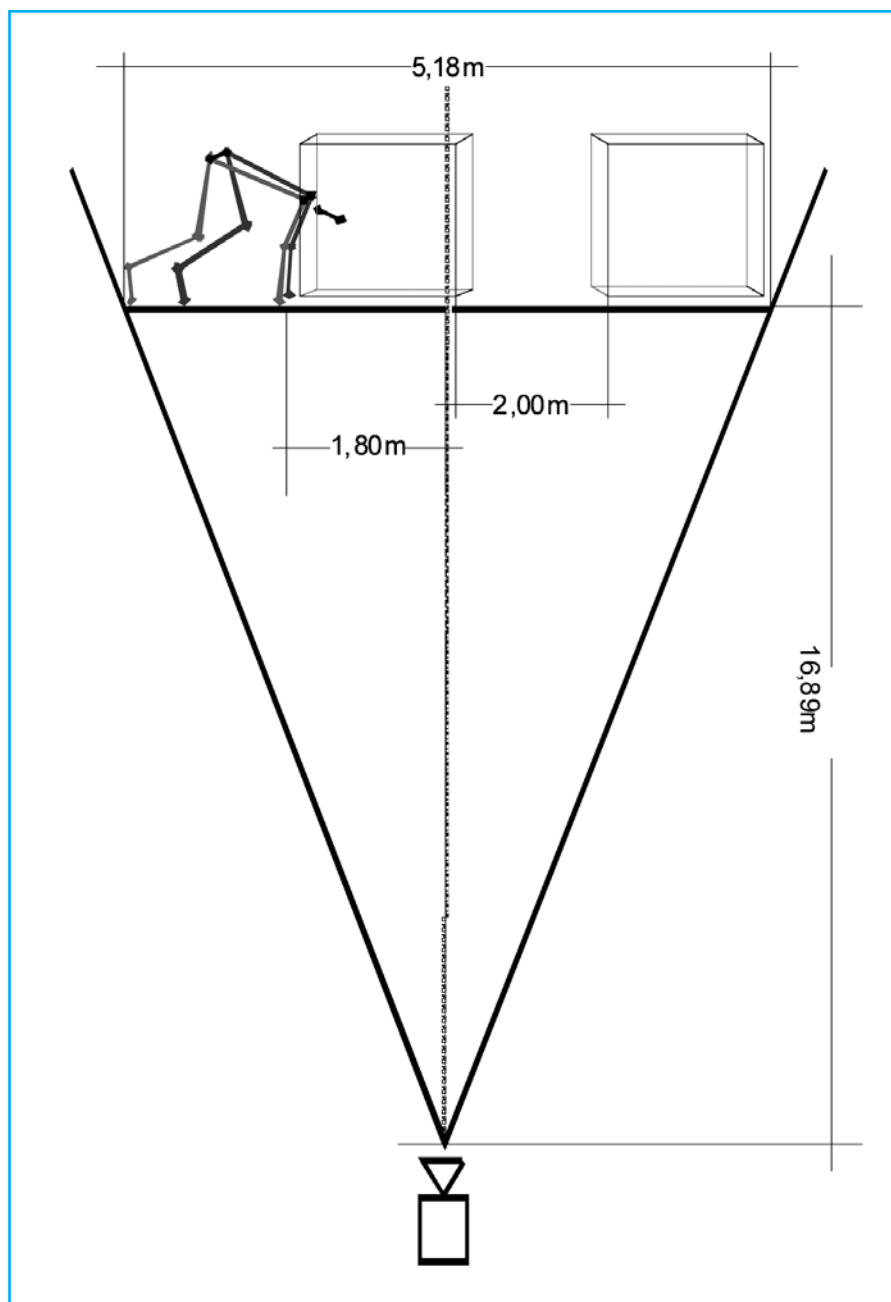


Figura 2 - Posizione della telecamera ad alta velocità e dei due cubi di riferimento.

blocchi è stata applicata la nuova tecnologia OPTO-TRACK-Microgate. Il sistema di misurazione è basato su barrette interconnesse (100 cm x 4 cm x 3 cm) adattate con sensori ottici e un programma di computer per la memorizzazione e l'elaborazione dei dati. Ogni barretta è

provvista di 32 sensori-fotocellule, poste a 4 cm di distanza l'una dall'altra, 0.2 cm sopra il terreno. Le barrette interconnesse sono state distribuite per una lunghezza di 20 metri (figura 1) e per tutta l'ampiezza della pista di velocità (1.22 m). La catena di misurazione ha permes-

so di misurare i seguenti parametri dello sprint: tempo di contatto, tempo di volo, lunghezza dell'appoggio, frequenza dell'appoggio, velocità ad ogni appoggio e cambi di velocità. In aggiunta al sistema di misurazione OPTO-TRACK, è stato usato anche il sistema a fotocellule infrarosse (BROWER) nel test di accelerazione dai blocchi con partenza bassa per misurare il tempo sulla distanza. Il soggetto ha effettuato il test di 20m con partenza da terra cinque volte, con pause di 12 minuti. Per l'elaborazione statistica dei dati è stato usato il pacchetto software SPSS.

## Risultati e discussione

Le cifre evidenziate nella *tabella 1* suggeriscono che l'altezza del TBCG nella posizione del pronti era di  $54 \pm 0.01$  cm. La distanza orizzontale della proiezione del TBCG dalla linea di partenza era di 32 cm. Schot e Knutzen (1992) hanno definito questa posizione di pronti come un tipo di partenza media, che offre agli atleti d'élite condizioni ottimali per generare la velocità dai blocchi. Quanto più è grande l'impulso di forza sul blocco anteriore, tanto più breve è il tempo di reazione motoria e più efficiente l'esecuzione del primo appoggio e, di conseguenza, anche l'accelerazione dai blocchi. In una tale posizione la massa è distribuita in maniera uniforme tra gambe e braccia. La posizione del pronti dello sprinter sui blocchi è fortemente individuale e dipende pri-



VARIABILE	Unità	1	2	3	4	5	AS DS
<b>POSIZIONE PRONTI</b>							
Distanza tra il TBCG e la linea di partenza	cm	32	33	33	32	32	32 ± 0.00
Altezza del TBCG	cm	54	53	54	54	54	54 ± 0.01
<b>PARTENZA DELLO SPRINT</b>							
Tempo di reazione – piede destro	s	0.275	0.285	0.295	0.285	0.305	0.29 ± 0.01
Tempo di reazione – piede sinistro	s	0.405	0.420	0.440	0.410	0.440	0.43 ± 0.02
Angolo frontale del blocco	o	41.0	39.4	41.1	42.3	39.3	40.8 ± 1.19
Velocità verticale dal blocco	m.s <sup>-1</sup>	0.85	0.78	0.74	0.91	0.83	0.77 ± 0.14
Velocità orizzontale dal blocco	m.s <sup>-1</sup>	4.27	4.08	3.95	4.28	4.19	4.11 ± 0.17
Velocità dal blocco – risultante	m.s <sup>-1</sup>	4.36	4.15	4.02	4.37	4.28	4.18 ± 0.19
<b>ACCELERAZIONE – PRIMO APPOGGIO (FASE FRENANTE)</b>							
Velocità verticale	m.s <sup>-1</sup>	-0.89	-0.89	-0.86	-0.96	-0.92	-0.89 ± 0.04
Velocità orizzontale	m.s <sup>-1</sup>	1.99	2.02	2.10	1.82	1.91	2.00 ± 0.12
Velocità – risultante	m.s <sup>-1</sup>	2.18	2.21	2.27	2.05	2.12	2.19 ± 0.09
<b>ACCELERAZIONE – PRIMO APPOGGIO (FASE PROPULSIVA)</b>							
Velocità verticale	m.s <sup>-1</sup>	1.12	0.91	0.97	1.23	0.93	0.99 ± 0.16
Velocità orizzontale	m.s <sup>-1</sup>	4.48	4.39	4.45	4.22	4.59	4.41 ± 0.13
Velocità – risultante	m.s <sup>-1</sup>	4.62	4.48	4.56	4.40	4.68	4.52 ± 0.12
<b>ACCELERAZIONE – SECONDO APPOGGIO (FASE FRENANTE)</b>							
Velocità verticale	m.s <sup>-1</sup>	0.31	0.35	0.36	0.36	0.32	0.33 ± 0.04
Velocità orizzontale	m.s <sup>-1</sup>	6.00	6.07	6.14	5.96	5.95	5.98 ± 0.12
Velocità – risultante	m.s <sup>-1</sup>	6.20	6.08	6.15	5.97	5.96	6.03 ± 0.15
<b>ACCELERAZIONE – SECONDO APPOGGIO (FASE PROPULSIVA)</b>							
Velocità verticale	m.s <sup>-1</sup>	0.05	0.10	0.43	0.41	0.53	0.24 ± 0.25
Velocità orizzontale	m.s <sup>-1</sup>	5.75	5.91	6.15	6.06	6.21	6.00 ± 0.17
Velocità – risultante	m.s <sup>-1</sup>	5.75	5.91	6.17	6.07	6.24	6.05 ± 0.18

Tabella 1 - Parametri cinematici della posizione dei pronti, della partenza dello sprint e dell'accelerazione dai blocchi nei primi due appoggi.

mariamente dalle caratteristiche antropometriche e dalle abilità motorie dell'atleta. L'altezza del TBCG del soggetto rappresenta il 32% dell'altezza in piedi.

Il tempo dallo sparo della pistola al momento in cui il piede lascia il blocco posteriore (cioè il tempo totale di reazione) è  $0.29 \pm 0.01$  sec. Il tempo totale di reazione della gamba anteriore è  $43 \pm 0.02$  sec. Questi valori riguardanti i tempi di reazione evidenziano un certo deficit dell'atleta in questo specifico aspetto. Mero e Komi (1990) hanno registrato fra gli sprinter tempi di reazione più brevi, cioè 0.09 sec. Il tempo totale di reazione è il risultato di un'abilità a due componenti, definite il 'tempo premotorio' (cioè il tempo che intercorre dallo sparo della pistola all'inizio dell'attivazione elettromiografica del muscolo) e il 'tempo motorio' (cioè il tempo dall'inizio dell'attivazione elettromiografica del muscolo al momento in cui il piede lascia il blocco posteriore-anteriore). Nella finale dei 60m, corsa ai Campionati Mondiali Indoor a Mosca, M.O. fece registrare il quinto miglior tempo di reazione -155 ms. Il tempo di reazione è stato studiato da molti ricercatori (Coppenolle et al., 1990; Mero & Komi, 1990; Delecluse et al., 1992; Martin & Buonchristiani, 1995; McClements et al., 1996; Ferro et al., 2001). Nella maggior parte di questi studi non si è potuta stabilire alcuna correlazione tra il tempo di reazione e il tempo finale nella corsa dei 100 metri. Il tempo di reazione influisce solo per il 2-3% sul risultato tota-

le in una corsa sui 100 metri (Bruggemann & Glad, 1990). Nella corsa sui 60m il tempo di reazione è più importante. Il vincitore dei 60m a Mosca, L. Scott (USA), ha fatto registrare il più breve tempo di reazione in termini assoluti, cioè, 124 ms. Questo comporta un'abilità specifica, determinata da un punto di vista genetico, che permette la trasmissione rapida degli impulsi nervosi afferenti ed efferenti, i quali, in qualche misura, dipendono dall'esperienza competitiva e dall'anticipazione dello sprinter.

La risultante della velocità dello sprinter (M.O.) al momento in cui il suo piede cessa il contatto con il blocco anteriore, che viene definita la velocità dal blocco, è  $4.18 \pm 0.19$  m.s<sup>-1</sup> (figura 3). Una comparazione dei risultati tratti da altri studi (Mero, 1988; Coppenolle et al., 1989; Mero & Komi, 1990), che riguar-

davano sprinter di alto livello, rivela che la velocità dal blocco del nostro soggetto è stata maggiore di  $0.18$  m.s<sup>-1</sup>. Questa capacità eccezionale di generare un'alta velocità, che segue l'uscita dal blocco, è una conseguenza della capacità di esercitare un alto impatto di forza in direzione orizzontale, di una buona coordinazione della base del supporto (mani), dell'azione efficace dell'arto inferiore posteriore e dell'angolo frontale basso del blocco, che è di soli  $40.8 \pm 1.19^\circ$ . Un basso angolo frontale garantisce all'atleta un'alta velocità orizzontale di partenza e un'adeguata velocità verticale dal blocco utilizzata per bilanciare gli effetti della gravità. Un innalzamento verticale medio nel TBCG nei primi tre metri dell'accelerazione dai blocchi arriva a  $0.67 \pm 0.01$  m, suggerendo che il tronco dell'atleta durante la corsa è fortemente inclinato

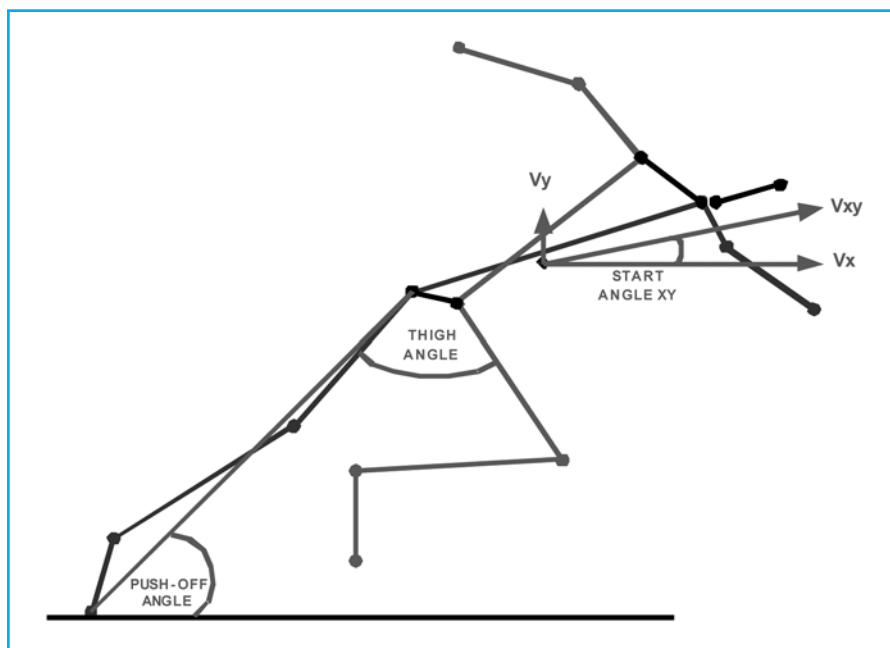


Figura 3 - Velocità dai blocchi e angolo frontale dei blocchi (angolo di uscita).

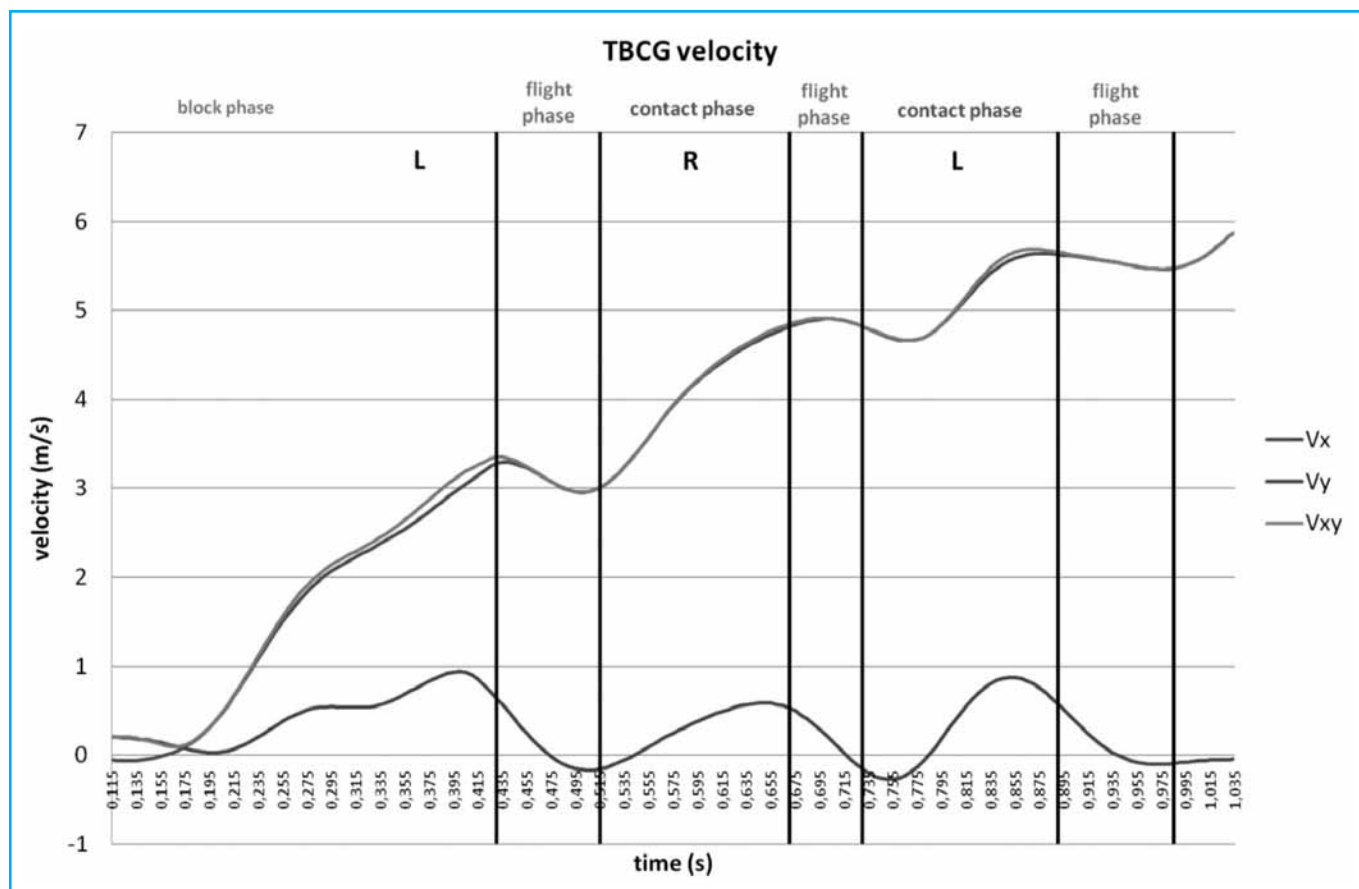


Figura 4 - Partenza dello sprint e accelerazione dai blocchi.

in avanti rispetto alla linea orizzontale. Quindi la componente orizzontale della velocità è massimizzata.

La qualità della transizione dalla partenza all'accelerazione dal blocco viene vista principalmente nei parametri della velocità del TBCG dello sprinter nei primi due appoggi (*tabella 1, figura 4*). Alla fine del primo appoggio (fase propulsiva) la velocità orizzontale del TBCG è stata di  $4.41 \pm 0.13 \text{ m.s}^{-1}$  e alla fine del secondo appoggio di  $6.00 \pm 0.17 \text{ m.s}^{-1}$ , mostrando un incremento di velocità di più di  $1.5 \text{ m.s}^{-1}$ . Nei primi due appoggi la proiezione del TBCG è localizzata dietro il punto di contatto del piede col terreno. È solo

dopo il terzo e quarto appoggio che la proiezione si sposta davanti al punto di contatto del piede col terreno. Come conseguenza della posizione del TBCG nei primi due appoggi si ha una riduzione della velocità nella fase frenante dell'appoggio di corsa. Nel primo appoggio, che risulta di  $103.6 \pm 1.34 \text{ cm}$ , la velocità nella fase frenante è di  $2.00 \pm 0.12 \text{ m.s}^{-1}$ . La velocità orizzontale diminuisce del 45.3% rispetto alla velocità nella fase propulsiva del primo appoggio. La lunghezza del secondo appoggio è quasi identica a quella del primo appoggio ( $103.8 \pm 3.42 \text{ m.s}^{-1}$ ). Tuttavia la riduzione della velocità nella fase frenante è sostanzialmente minore (1.2%) ri-

spetto al primo appoggio. Il punto critico è rappresentato dalla fase di propulsione nel primo appoggio, che segue l'uscita dal blocco. Si può quindi stabilire che il soggetto del nostro studio esegue un primo appoggio eccessivamente lungo, cosa che risulta dalla forza di reazione negativa sul terreno, che viene esercitata nella direzione opposta al movimento.

I risultati nella *tabella 2* mostrano che il risultato medio del soggetto in uno sprint di 20m con partenza da terra è stato di  $3.07 \pm 0.08 \text{ m.s}^{-1}$ . Il tempo di contatto medio nei primi 10 appoggi dell'accelerazione dal blocco è stata di  $126.40 \pm 1.52 \text{ ms}$  e il tempo di volo  $94.20 \pm 4.76 \text{ ms}$ .

VARIABILE	Unità	1	2	3	4	5	AS	DS
<b>20M SPRINT</b>								
Numero appoggi	n	12	12	12	12	12	12.00 ± 0.00	
Frequenza APPOGGI	Hz	4.5	4.4	4.6	4.6	4.6	4.54 ± 0.09	
Lunghezza appoggio	cm	165	166	162	163	163	163.80 ± 1.64	
Tempo di contatto al suolo	ms	125	126	126	126	129	126.40 ± 1.52	
Tempo di volo	ms	96	100	93	95	87	94.20 ± 4.76	
Indice di attività contatto/volo		1.30	1.26	1.35	1.32	1.48	1.34 ± 0.11	
<b>APPOGGIO UNO</b>								
Lunghezza	cm	103	103	103	103	106	103.60 ± 1.34	
Tempo di contatto al suolo	ms	172	178	184	167	185	177.20 ± 7.73	
Tempo di volo	ms	62	37	56	55	43	50.60 ± 10.26	
<b>APPOGGIO DUE</b>								
Lunghezza	cm	99	105	108	102	105	103.80 ± 3.42	
Tempo di contatto al suolo	ms	142	179	154	154	166	159.00 ± 9,04	
Tempo di volo	ms	86	80	80	92	74	82.40 ± 6.84	
<b>APPOGGIO TRE</b>								
Lunghezza	cm	133	136	130	130	133	132.40 ± 2.51	
Tempo di contatto al suolo	ms	141	129	135	129	148	136.40 ± 8.17	
Tempo di volo	ms	80	92	86	80	73	82.20 ± 7.16	
<b>APPOGGIO QUATTRO</b>								
Lunghezza	cm	136	140	143	136	133	137.60 ± 3.91	
Tempo di contatto al suolo	ms	130	130	130	136	130	131.20 ± 2.68	
Tempo di volo	ms	110	92	104	92	98	99.20 ± 7.82	
<b>APPOGGIO CINQUE</b>								
Lunghezza	cm	158	155	158	158	158	157.40 ± 1.34	
Tempo di contatto al suolo	ms	111	129	123	123	117	120.60 ± 6.84	
Tempo di volo	ms	86	86	93	87	92	88.80 ± 3.42	
<b>APPOGGIO SEI</b>								
Lunghezza	cm	155	164	164	161	158	160.40 ± 3.94	
Tempo di contatto al suolo	ms	117	130	129	123	117	123.20 ± 6.26	
Flight time	ms	99	98	92	98	105	98.40 ± 4.62	
<b>APPOGGIO SETTE</b>								
Lunghezza	cm	171	177	180	174	177	175.80 ± 3.42	
Tempo di contatto al suolo	ms	129	117	117	123	117	120.60 ± 5.37	
Tempo di volo	ms	86	111	111	93	105	101.20 ± 11.23	
<b>APPOGGIO OTTO</b>								
Lunghezza	cm	177	192	186	183	183	184.20 ± 5.45	
Tempo di contatto al suolo	ms	117	111	105	117	110	112.00 ± 5.10	
Tempo di volo	ms	111	117	117	104	111	112.00 ± 0.09	
<b>APPOGGIO NOVE</b>								
Lunghezza	cm	186	189	192	189	189	189.00 ± 2.12	
Tempo di contatto al suolo	ms	99	98	104	111	105	103.40 ± 5.22	
Tempo di volo	ms	92	111	111	105	105	104.80 ± 7.76	
<b>APPOGGIO DIECI</b>								
Lunghezza	cm	186	196	199	196	196	194.60 ± 4.98	
Tempo di contatto al suolo	ms	117	105	111	110	110	110.60 ± 4.28	
Tempo di volo	ms	104	123	123	111	117	115.60 ± 8.17	

Tabella 2 - Parametri cinematici dell'accelerazione dai blocchi ai 20 metri



L'indice di attività (tempo di contatto/tempo di volo) è stato  $1.34 \pm 0.11$ , la qual cosa suggerisce che le fasi di contatto duravano 25% di più in media delle fasi di volo nei primi 10 appoggi dell'accelerazione dai blocchi.

L'accelerazione dai blocchi è uno dei segmenti più complessi dello sviluppo della velocità nello sprint (Mero, Luhtanen, & Komi, 1993; Luhtanen & Komi, 1980; Donatti, 1995; Hunter et al., 2004), caratterizzata dai cambiamenti più evidenti nella struttura dinamica e cinematica della tecnica di corsa. La lunghezza e la frequenza dell'appoggio aumentano, le fasi di contatto si abbreviano e le fasi di volo si allungano. Nei primi dieci appoggi la lunghezza del passo dell'atleta aumenta del 46.9%. Il tempo di contatto al suolo del primo appoggio era  $177.2 \pm 7.73$  ms. Rispetto al tempo totale dell'appoggio (tempo di contatto + tempo di volo) la fase di contatto ha una percentuale del 77.4%. Valori simili sono stati individuati su un campione di sprinter di alto livello (Mero, 1988; Mero & Komi 1990; Harland & Steele, 1997). Nel secondo appoggio il tempo di contatto col terreno rappresentava il 65.8% del tempo totale di appoggio. A causa delle condizioni biomeccaniche, che si modificano e la velocità che aumenta, l'indice fase di contatto/fase di volo è soggetto a cambiamenti. Le fasi di contatto diventano più brevi e le fasi di volo più lunghe. Il tempo della fase di contatto dell'atleta è uguale al tempo della fase di volo nell'ottavo appoggio.

Ciò rappresenta la fine della fase di accelerazione dai blocchi e l'inizio della seconda fase di accelerazione, che rappresenta il passaggio verso la velocità massima. La lunghezza dell'appoggio si stabilizza nel nono appoggio ( $189.0 \pm 2.12$  m) e per la prima volta nella corsa il tempo di contatto ( $CT = 103.40 \pm 5.22$  ms) è più corto del tempo della fase di volo ( $FT = 104.80 \pm 7.76$  ms).

Tra i cinque sprint effettuati il migliore risultato del soggetto è stato 2.98 sec. In questo sprint ha effettuato 12 appoggi ad una frequenza media di 4.4 Hz e con una lunghezza di 166 cm. Rispetto agli altri sprint, la lunghezza media dell'appoggio è stata quella più alta, con la fase di volo più lunga e la frequenza più bassa. L'indice di attività è stato 1.26. Il tempo della fase di contatto è già uguale alla fase di volo nel settimo appoggio. Dall'ottavo appoggio in poi la lunghezza dell'appoggio si è stabilizzata e i tempi della fase di contatto sono stati più brevi di quelli delle fasi di volo. La transizione dall'accelerazione dei blocchi alla velocità massima dell'atleta si è verificata passando dal settimo all'ottavo appoggio. Nel suo ultimo tentativo (3.19 sec.), questa transizione si è verificata solo tra il decimo e l'undicesimo appoggio.

## Conclusione

La partenza dello sprint e l'accelerazione dai blocchi sono indiscutibilmente due importanti

fasi della corsa sui 100m, ed è per questo che l'allenamento di queste due componenti merita speciale attenzione. Per ottimizzare l'efficienza dell'allenamento, la struttura di queste due fasi deve essere esaminata in dettaglio. Entrambe le fasi sono fortemente dipendenti da fattori genetici, motori e biomeccanici. Lo scopo di questo studio è di spiegare i parametri biomeccanici più importanti, che danno origine ad una prestazione efficace della partenza e dell'accelerazione dai blocchi. Finora, tali studi di solito sono stati effettuati su campioni di sprinter di media qualità, in alcuni casi anche con scarsa accuratezza riguardo alle procedure di misurazione. Qui viene riportata un'analisi biomeccanica di uno degli sprinter che attualmente si trova al top mondiale. Questa analisi è stata condotta utilizzando una tecnologia che soddisfa i più alti standard di ricerca biomeccanica. Lo studio ha messo in evidenza l'indiscutibile correlazione esistente tra la partenza e l'accelerazione dai blocchi. La base è una posizione sul pronti ottimale, che garantisca la velocità massima dai blocchi dello sprinter. Il passaggio dalla velocità dal blocco all'accelerazione dal blocco dipende dall'esecuzione del primo appoggio, in particolare dalla lunghezza dell'appoggio e dal posizionamento del piede nella fase frenante. Dall'efficacia dell'accelerazione dal blocco deriva l'andamento dell'indice di fase di contatto/fase di volo nei primi 10 appoggi. La lunghezza e la frequenza dell'appoggio devono essere coordinate in ma-

niera tale da permettere l'esecuzione nel più breve tempo possibile di tempi di contatto al suolo uguali a quelli delle fasi di volo. Nei primi tre appoggi il centro di gravità del corpo tota-

le deve innalzarsi gradualmente in una direzione verticale, in maniera tale da permettere l'ottimizzazione della componente orizzontale della velocità dai blocchi. I risultati dello studio

non possono essere generalizzati, tuttavia, essi possono contribuire in maniera preziosa alla spiegazione del fenomeno sprint ai più alti livelli di prestazione agonistica.

### Bibliografia

1. Cavagna, G., Komarek, L., & Mazzoleni, S. (1971). The mechanics of sprint running. *Journal of Physiology* 217: 709-721.
2. Coppenolle, H., & Delecluse, C. (1989). Technology and development of speed. *Athletics Coach*, 23 (1), 82-90.
3. Delecluse, C., Coppenolle, H., & Goris, M. (1992). A model for the scientific preparation of high level sprinters. *New Studies in Athletics*, 7 (4), 57-64.
4. Delecluse, C., Coppenolle, H., Diels, R., & Goris, M. (1992). The F.A.S.T. project - A scientific follow-up of sprinting abilities. *New Studies in Athletics*, 11 (2-3), 141-143.
5. Donati, A. (1995). The development of stride length and frequency in sprinting. *New Studies in Athletics*, 10 (1), 51-66.
6. Ferro, A., Rivera, A., & Pagola, I. (2001). Biomechanical analysis of the 7th World Championship in Athletics, Seville 1999. *New Studies in Athletics*, 16 (1-2), 25-60.
7. Guissard, N., & Hainaut, K. (1992). EMG and mechanical changes during sprint start at different front block obliquities. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 24 (11), 1257-1263.
8. Harland, M., & Steele, J. (1997). Biomechanics of the Sprint Start. *Sports Medicine*, 23 (1), 11-20.
9. Hunter, J., Marshall, R., & McNair, P. (2004). Interaction of Step Length and Step Rate during Sprint Running. *Medicine and Science in Sport and Exercises*, 36 (2): 261-271.
10. Korchemny, R. (1992). A new concept for sprint start and acceleration training. *New Studies in Athletics*, 7 (4), 65-72.
11. Locatelli, E., & Arsac L. (1995). The mechanics and energetics of the 100m sprint. *New Studies in Athletics*, 10 (1), 81-87.
12. Luhtanen, P., & Komi, P.V. (1980). Force-, power- and elasticity-velocity relationship in walking, running and jumping. *European Journal of Applied Physiology* 44 (3): 279-289.
13. Mann, R., & Sprague, P. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quarterly for exercise and sport*, 51: 334-348.
14. Martin, D., & Buonchristiani J. (1995). Influence of reaction time on athletics performance. *New Studies in Athletics*, 10 (1) 67-69.
15. McClements, J., Sanders, L., & Gander B. (1996). Kinetic and kinematic factors related to sprint starting as measured by Saskatchewan Sprint Start Team. *New Studies in Athletics*, 11 (2-3), 133-135.
16. Mero A., Luhtanen P., & Komi P. (1983). A biomechanical study of the sprint start. *Scand. J. Sport Sci.* 5 (1), 20-28.
17. Mero, A. (1988). Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the Acceleration Phase of Sprinting. *Research Quarterly*, 59, (2), 94-98.
18. Mero, A., & Komi, P. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology*, 61: 73-80.
19. Mero, A., Komi, P. & Gregor, R. (1992). Biomechanics of Sprint Running. *Sport Medicine* 13 (6): 376-392.
20. Schot, P., & Knutzen, K. (1992). A Biomechanical Analysis of Four Sprint Start Positions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63 (2), 137-147.