

tecnica
e didattica

Profilo biomeccanico della tecnica di passaggio di Colin Jackson

Milan Čoh¹
Nikola Rausavljević²

¹ Facoltà dello Sport, Università di Lubiana, Slovenia

² Facoltà di Scienze Naturali, Matematica ed Educazione, Università di Spalato, Croazia

Introduzione

Colin Jackson è, incontestabilmente, uno dei più grandi atleti nella storia dell'atletica leggera britannica. Detiene il record mondiale nei 110 m ostacoli (12.91 - Stoccarda, 1993) e nei 60 m ostacoli (7.30 - Sindelfingen, 1994). Ha stabilito 10 record europei e 8 record dei Giochi del Commonwealth. Nel 1993 è stato scelto come Atleta dell'Anno. La stagione 2002, in cui è diventato Campione Europeo (13.11 - Monaco), è stata la sua ultima stagione outdoor in ambito internazionale. Nella sua lunga carriera, molto ricca di successi, Colin Jackson ha mantenuto alti standard nei 110m ostacoli. Secondo molti esperti una delle sue caratteristiche è l'aver sa-

uto sviluppare una tecnica perfetta sugli ostacoli.

Nell'ambito della preparazione per il campionato europeo di atletica leggera tenutosi a Monaco nel 2002, ha preso parte anche al meeting internazionale "VELENJE-SLOVENIA 2002", in cui ha vinto i 110 m ostacoli con il tempo di 13.47. Si è, così, presentata un'opportunità di studiare la tecnica dei 110m ostacoli di questo straordinario ostacolista. Un gruppo di esperti del Laboratorio di Biomeccanica della Facoltà dello Sport di Lubiana ha effettuato misurazioni biomeccaniche. L'obiettivo principale di questo studio è stato quello di stabilire un modello cinematico della tecnica di passaggio dell'ostacolo sul quarto ostacolo e un modello

ritmico della corsa dal quarto al quinto ostacolo attraverso un'analisi video tridimensionale. I parametri cinematici nella sezione tra il quarto e il quinto ostacolo sono stati misurati con due telecamere sincronizzate (SONY-DSR-300 PK) poste ad un angolo di 120° (Fig. 1). La frequenza delle telecamere era 50 Hz. Per il calcolo del centro di gravità, sono stati usati un modello a 15-segmenti (Dempster, 1955) e il programma cinematico ARIEL (Ariel Dynamics Inc., USA). Le condizioni di gara erano ottimali: la temperatura ambientale era 27°, e la velocità del vento = 0.0 m.s⁻¹. Perché abbiamo deciso di analizzare proprio questi due ostacoli? Alcuni studi (LaFortune, 1988; Salo, Peltola and Viitasalo, 1993; Grims-

Informazioni biografiche:

Nato: 18 Febbraio 1967, Cardiff (GBR)
 Altezza: 1.82
 Peso: 75k
 Gara: 110 m ostacoli
 Società sportiva: Brecon AC
 Allenatore: Malcolm Arnold

Personali all'aperto

110 m HS	12.91	1993	Stoccarda, Ger
100 m	10.29	1990	Wrexham, Wal
200 m	21.19	1988	Tel Aviv, Isr
200 m hs	22.63	1991	Cardiff, Galles
Salto in lungo	7.56	1986	Tel Aviv, Isr
Salto in alto	1.81	1982	—

Progressione 110 mH

13.11	2002
13.32	2001
13.10	2000
13.04	1999
13.02	1998
13.05	1997
13.13	1996
13.17	1995
12.98	1994
12.91	1993
13.04	1992

Personali indoor

60 m	6.49	1994	Paris, Fra
50 m Hs	6.40	1999	Budapest, Hun
60 m Hs	7.30	1994	Sindelfingen, Ger

13.09	1991
13.08	1990
13.11	1989

haw, 1995; Iskra, 1995) mostrano che la velocità orizzontale dell'ostacolista tra il quarto e il quinto ostacolo è altamente correlata con il risultato finale nella gara dei 110 m ostacoli.

**Risultati
dello studio biomeccanico**

Sulla base dei risultati della tabella 1, possono essere individuate le seguenti caratteristiche di un modello cinematico della tecnica di passaggio del quarto ostacolo di Colin Jackson (C. J.):

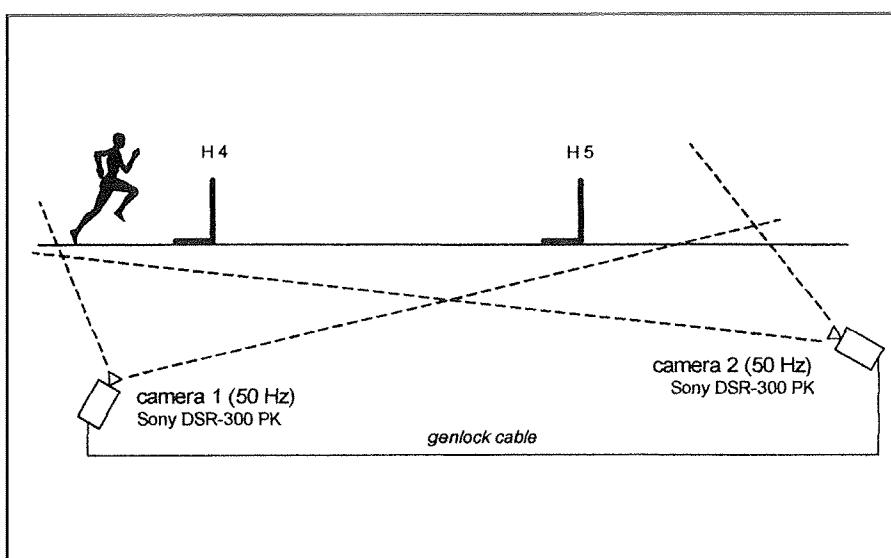


Figura 1 - Procedura di misurazione.

- Il passaggio dell'ostacolo efficace viene definito dalla lunghezza della distanza di stacco prima dell'ostacolo e da quella di atterraggio dopo il passaggio dell'ostacolo. La lunghezza totale del passaggio sull'ostacolo in C.J. è di 3.67 m. La distanza di stacco è 2.09 m, che rappresenta 56.9 % della lunghezza totale del passo. La distanza di atterraggio è di 1.58 m, che è il 43.1 % del totale del passaggio sull'ostacolo. Questo rapporto è specifico per ogni ostacolista e dipende per la maggior parte dalle caratteristiche antropometriche dell'atleta, dal ritmo tra gli ostacoli e dall'angolo di spinta. In base agli studi (La Fortune, 1991; McLean, 1994; Jarver, 1997; Salo and Grimshaw, 1998; Kampmiller et al., 1999), il rapporto ottimale tra punto di stacco e punto di atterraggio è 60%: 40%. Possiamo vedere che C. J. ha una distanza di stacco prima dell'ostacolo leggermente minore e una distanza di atterraggio dopo l'ostacolo leggermente maggiore.
- Lo stacco prima dell'ostacolo (Fig. 2) è uno degli elementi che riveste un'estrema importanza per il passaggio dell'ostacolo poiché definisce direttamente la traiettoria del movimento del centro di massa (CM). Il tempo di stacco del soggetto equivale 100 m/s, con lo stacco che consiste in due fasi: la fase frenante e la fase propulsiva. La fase frenante deve essere la più breve possibile e dipende dall'angolo di posizio-

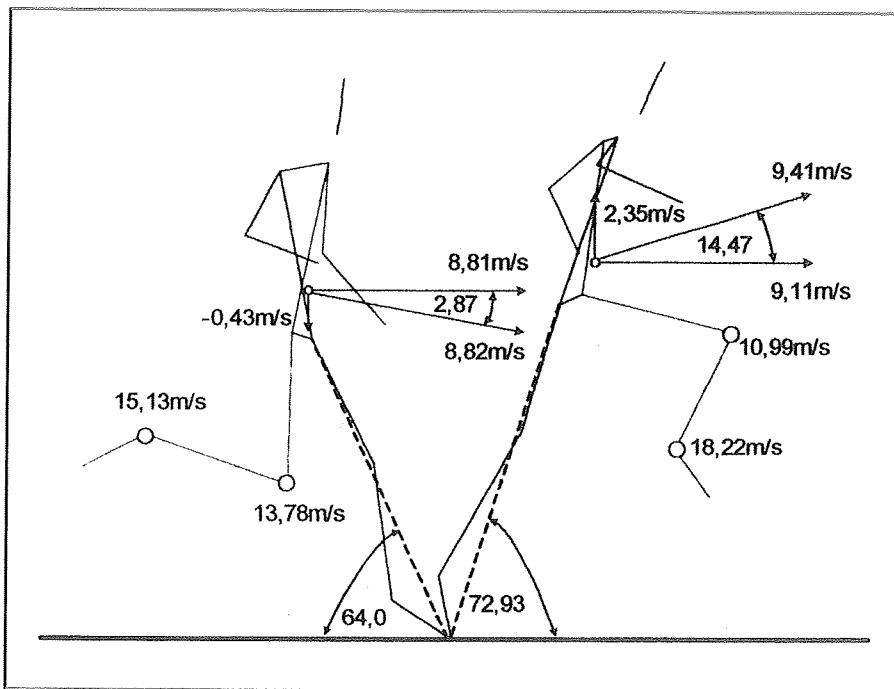


Figura 2 - Fase di stacco (Colin Jackson - 13,47s).

namento della gamba di stacco (in C. J. questo angolo è 64°). La fase propulsiva finisce con un angolo di spinta, che nel nostro soggetto è di 72.9°. Questi parametri indicano che la gamba di stacco è posta in maniera attiva sul terreno e che le spalle si protendono in maniera aggressiva verso l'ostacolo.

- La velocità del passaggio dell'ostacolo dipende in buona misura dall'esecuzione dello stacco, che si manifesta nella velocità orizzontale del CM. La velocità orizzontale del CM nella fase frenante è 8.81 m.s^{-1} , mentre nella fase propulsiva aumenta a 9.11 m.s^{-1} , cioè del 3.3%. Possiamo vedere che l'atleta incrementa in maniera efficace la velocità durante lo stacco. In aggiunta alla velocità orizzontale del CM, un importante parametro dello stacco è
- anche la velocità verticale, che è di 2.35 m.s^{-1} . La velocità orizzontale e verticale definiscono la velocità di elevazione del CM, che è di 9.41 m.s^{-1} e l'angolo di elevazione, che arriva a 14.5° . La relazione tra questi due parametri di velocità mostra che l'atleta ha la capacità di passare in maniera efficiente dal passo di corsa al passo di stacco.
- La qualità del passaggio dell'ostacolo è direttamente correlata con l'altezza del CM nella fase dello stacco. Dal punto di vista biomeccanico, una corsa ad ostacoli efficace è quella in cui le oscillazioni verticali del CM sono le minori possibili (Schluter, 1981; Dapena, 1991; McFarlene, 1994; Salo and Grimshaw, 1997; Kampmiller et al., 1999). L'atleta deve mantenere una posizione alta del CM durante lo stacco. In

PARAMETRI	Unità	R
Unità ritmiche (Ostacolo 4-5)		
Stacco (fase di frenata)		
Velocità orizzontale del CM	m.s ⁻¹	8.81
Velocità verticale del CM	m.s ⁻¹	-0.43
Velocità risultante del CM	m.s ⁻¹	8.82
Altezza del CM	m	0.95
Distanza tra il Centro di massa e il del piede	m	0.46
Velocità del ginocchio libero	m.s ⁻¹	13.78
Velocità della caviglia libera	m.s ⁻¹	15.13
Stacco (fase propulsiva)		
Velocità orizzontale del CM	m.s ⁻¹	9.11
Velocità verticale del CM	m.s ⁻¹	2.35
Velocità risultante del CM	m.s ⁻¹	9.41
Altezza del CM	m	1.08
Distanza tra il Centro di massa e il piede	m	0.38
Angolo di spinta	°	72.9
Velocità del ginocchio libero	m.s ⁻¹	10.99
Velocità della caviglia libera	m.s ⁻¹	18.22
Distanza di stacco	m	2.09
Tempo di contatto	s	0.100

Volo		
Tempo di volo	s	0.36
Altezza del CM sull'ostacolo	m	0.45
Massima altezza CM	m	1.44
Massima velocità sull'ostacolo	m.s ⁻¹	9.05
Atterraggio (fase di frenata)		
Velocità orizzontale del CM	m.s ⁻¹	8.77
Velocità verticale del CM	m.s ⁻¹	-1.02
Velocità risultante del CM	m.s ⁻¹	8.84
Altezza del CM	m	1.15
Distanza tra il Centro di massa e il piede	m	-0.05
Velocità del ginocchio libero	m.s ⁻¹	12.65
Velocità della caviglia libera	m.s ⁻¹	13.16
Distanza di atterraggio	m	1.58
Atterraggio (fase propulsiva)		
Velocità orizzontale del CM	m.s ⁻¹	8.41
Velocità verticale del CM	m.s ⁻¹	-1.32
Velocità risultante del CM	m.s ⁻¹	8.53
Distanza tra il centro di massa e il piede	m	0.65
Velocità del ginocchio libero	m.s ⁻¹	-9.86
Velocità della caviglia libera	m.s ⁻¹	-10.56
Tempo di contatto	s	0.08

Tabella 1 - Parametri cinematici di passaggio del quarto ostacolo (C. Jackson - 110 m Hs 13.47).

C. J., l'altezza del CM alla fine dalla fase propulsiva è 1.08 m, che rappresenta il 59.3% dell'altezza del suo corpo (AC = 1.82 m). L'innalzamento del CM dalla fase frenante alla fase propulsiva arriva a 13 cm. Quindi l'altezza massima del CM dipende dalla tecnica di stacco prima dell'ostacolo e dalle caratteristiche antropometriche del volo.

- In aggiunta ai parametri cinematici summenzionati, la velocità del passaggio dell'ostacolo dipende anche dalla velocità della gamba libera durante la fase di stacco. C.J. attacca l'ostacolo con la sua gamba libera in maniera estremamente aggressiva. La velocità del ginocchio libero

della gamba di attacco arriva a più di 13 m.s⁻¹, mentre la velocità del piede della gamba libera è 18.2 m.s⁻¹, che è più del doppio della velocità orizzontale del CM durante lo stacco.

- Il criterio di una tecnica efficiente di passaggio dell'ostacolo è un tempo il più ridotto possibile della fase di volo (tempo di passaggio dell'ostacolo) dato che il velocista perde velocità in aria (Merlo and Luhtanen, 1986; McDonald and Dapena, 1991; Arnold, 1995). La lunghezza del volo del CM dell'atleta (Tabella 1, Fig. 4) è 3.30, il tempo della fase di volo è 0.36 s. Nei finalisti dei 110m ostacoli ai Campionati Mondiali di Atene del 1997, il tempo me-

dio di passaggio dell'ostacolo al quarto ostacolo era di 0.34 s (Johnson 0.32, Jackson - 0.34, Kovac - 0.34, Schwarhoff - 0.30, Philibert - 0.34, Reese - 0.38, Crear - 0.36). L'altezza del CM sull'ostacolo è in correlazione diretta con i tempi di passaggio dell'ostacolo (Dapena, 1991). Quanto più è alta la traiettoria di volo del CM, tanto più è lunga, di norma, la fase di volo. In C. J., questo valore è 45 cm, che in questo caso concreto non indica la traiettoria più efficace del volo del CM sull'ostacolo. L'innalzamento del CM relativo alla fase di stacco è quindi di 43 cm, che è probabilmente il risultato di una distanza di stacco relativamente corta.

- La fase di atterraggio (Fig. 3, Fig. 4) è uno degli elementi più importanti della tecnica. Questa fase ha il maggiore potenziale di riserva per il miglioramento del risultato della gara (McLean, 1994; Arnold, 1995). Nella fase di atterraggio è necessario eseguire la transizione dal passaggio dell'ostacolo alla corsa tra gli ostacoli nella maniera più efficace possibile. Questa transizione da movimento aciclico a movimento ciclico richiede un alto grado di conoscenza tecnica, un alto livello di capacità motorie, come velocità, forza, coordinazione, ritmo, ed equilibrio. Nel detentore del record mondiale C. J., questo aspetto viene realizzato ad altissimo livello. Il tempo di

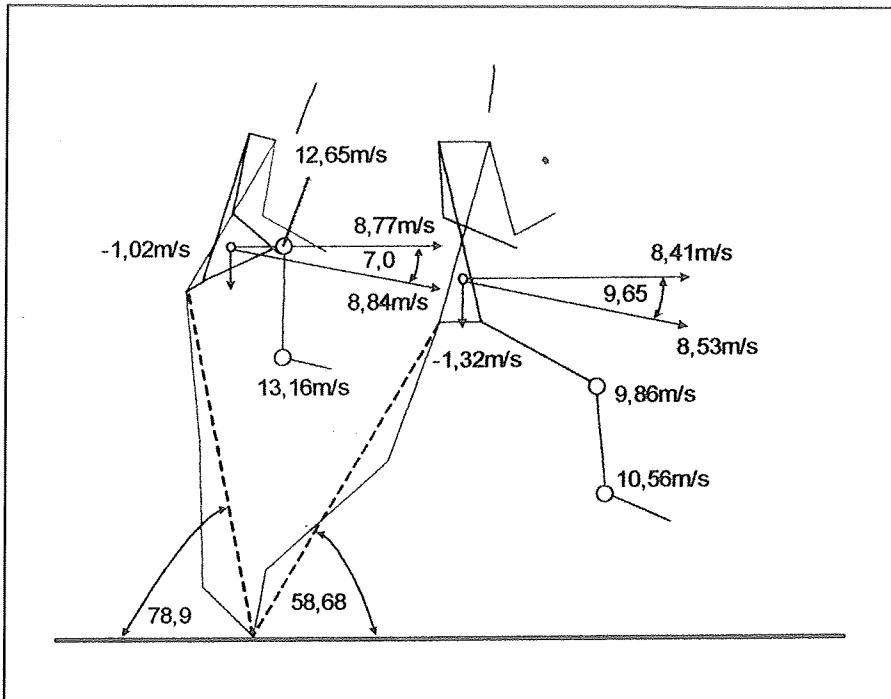
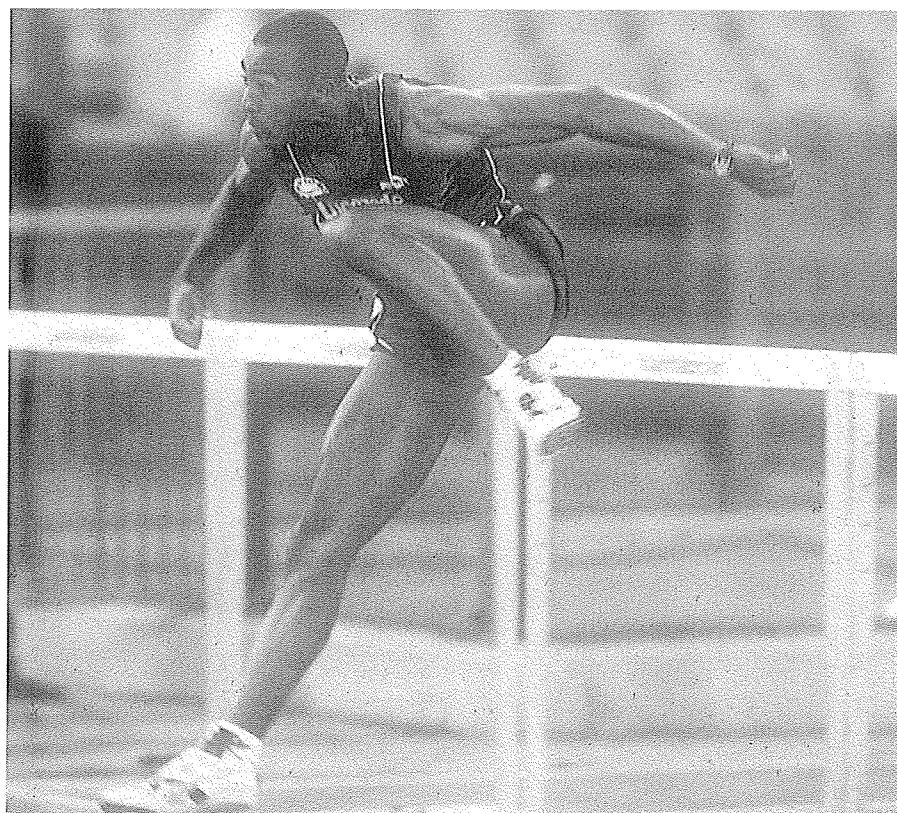


Figura 3 - Fase di atterraggio (Colin Jackson - 13,47 s).



contatto nella fase di atterraggio dura solo 0.08 s. All'atterraggio dopo il passaggio dell'ostacolo, l'atleta mantiene una posizione alta del CM (1.15 m), che è dovuto soprattutto alla piena estensione della gamba nell'anca e nel ginocchio. Il CM è esattamente sopra il piede. Il piede è in una completa flessione plantare, neutralizzando in tal modo la forza di reazione del terreno che si verifica all'atterraggio dopo il passaggio dell'ostacolo. La forza di reazione del terreno in quel momento (forza di impatto verticale) è 2400 - 3300N (McLean, 1994). In aggiunta alla tecnica corretta, la capacità del sistema muscolare conosciuto come "Short Range Elastic Stiffness" (Gollhofer and Kyrolainen, 1991) è importante per consentire

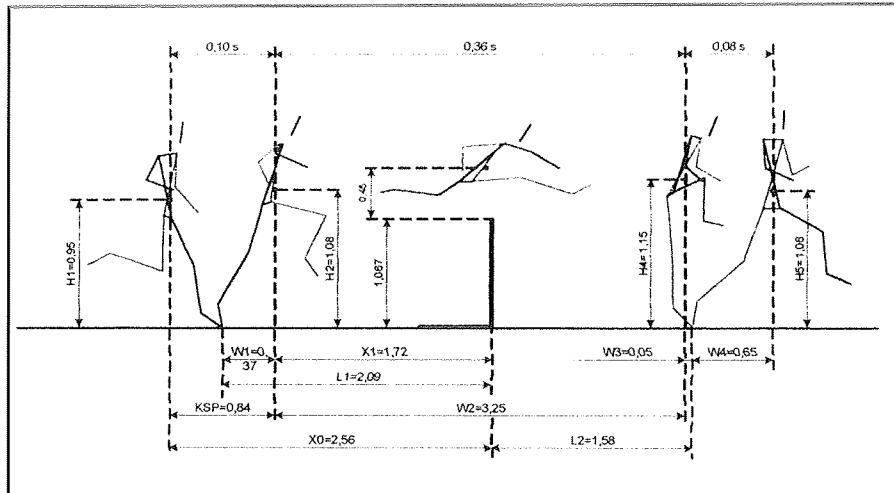


Figura 4 - Passaggio dell'ostacolo (Colin Jackson - 13,47 s).

re all'ostacolista di neutralizzare tale forza di reazione del terreno all'atterraggio dopo il passaggio dell'ostacolo. La suddetta capacità si manifesta nella preattivazione muscolare e nell'azione di riflesso tendineo miotatico e del Golgi. Un atterraggio "soft" dell'ostacolista dopo il passaggio dell'ostacolo è indicato dalla velocità verticale, che è negativa e arriva solo a -1.02 m.s^{-1} . La posizione alta del CM, la direzione del ginocchio della gamba libera, la flessione del tronco in avanti (37° in relazione alla verticale), la sincronizzazione delle braccia rispetto all'arto libero, e un equilibrio stabile sono quegli elementi che generano il mantenimento della velocità orizzontale del CM dopo il passaggio dell'ostacolo, che è un prerequisito per un modello efficiente di corsa verso l'ostacolo seguente. La velocità orizzontale nella fase di atterraggio è 8.77 m.s^{-1} , il che significa che nella fase di passaggio dell'ostacolo si verifica una riduzio-

ne di velocità dell'atleta di 0.34 m.s^{-1} , cioè del 3,7%. Sulla base di questo parametro si può stabilire che C. J. ha una tecnica di passaggio dell'ostacolo molto efficace, tale da permettergli di sviluppare velocità ottimali fra gli ostacoli.

- Il modello di corsa tra gli ostacoli è definita dalla velocità media, dalle velocità parziali dei singoli appoggi, dalla lunghezza degli appoggi, dal loro rapporto reciproco

e dal percorso dei singoli segmenti corporei dell'ostacolista. La lunghezza totale dei tre passi tra gli ostacoli è di 5.50 m: la lunghezza del primo passo è di 1.51 m (27.4%), la lunghezza del secondo passo è di 2.01 m (36.6%), e la lunghezza del terzo passo è di 1.98 m (36.0%) - Fig. 5. Il primo passo dopo il passaggio dell'ostacolo è il più corto, il secondo è il più lungo, mentre il terzo è di nuovo leggermente più corto, in maniera tale che l'ostacolista possa staccare ad una distanza ottimale prima dell'ostacolo. La lunghezza media degli appoggi tra gli ostacoli è di 1.83 m . In relazione all'altezza del corpo di C. J. ($AC = 1.82 \text{ m}$), la lunghezza dei passi gli permette di raggiungere una velocità ottimale tra gli ostacoli.

- La velocità media di C. J. tra il quarto e il quinto ostacolo è di 8.83 m.s^{-1} . La velocità orizzontale del CM dell'ostacolista nel primo appoggio è di 8.81 m.s^{-1} , nel secondo è di 9.17 m.s^{-1} , e nel terzo è 8.53 m.s^{-1} - Fig. 6. Una

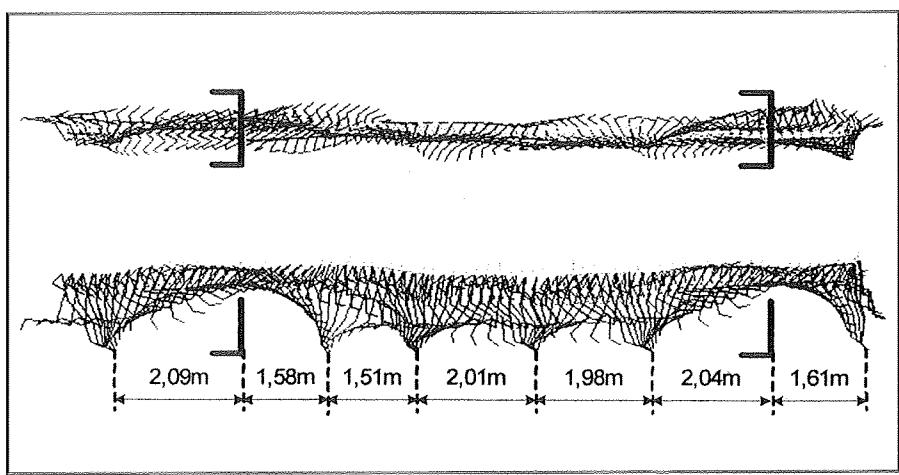


Figura 5 - Modello della lunghezza degli appoggi tra il 4° e il 5° ostacolo (Colin Jackson - 13,47 s).

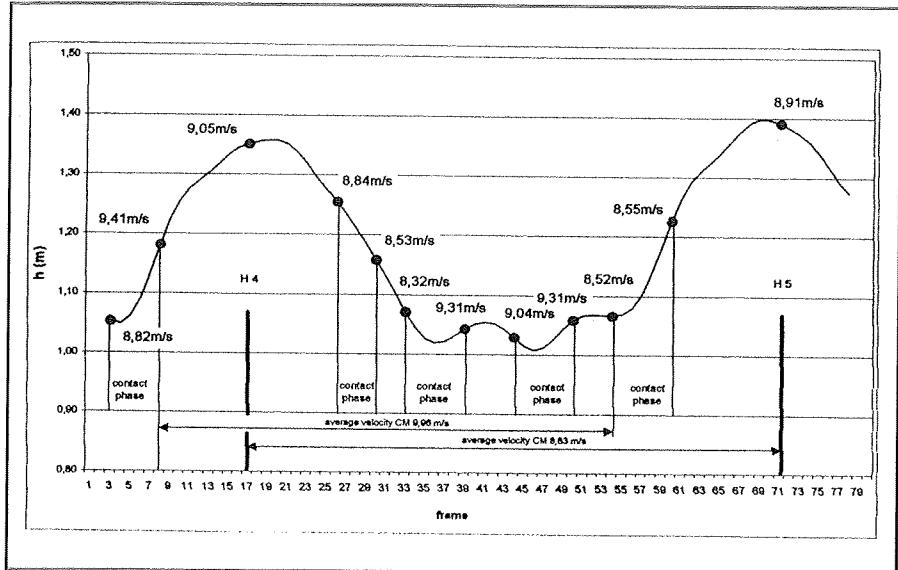


Figura 6 - Dinamica della velocità del CM dell'atleta nel passaggio tra il 4° e 5° ostacolo (Colin Jackson - 13,47 s).

velocità orizzontale leggermente minore nel terzo appoggio è la conseguenza diretta della preparazione dell'atleta allo stacco prima dell'ostacolo, in cui una parte della velocità orizzonatale del CM si trasforma in velocità verticale. La velocità verticale ed orizzontale, in ogni caso, definiscono in maniera diretta la velocità del passaggio del CM sull'ostacolo.

- In base alla Fig. 7, possono essere osservate delle oscillazioni verticali delle anche, della testa e delle spalle e del CM nella sezione tra il quarto e il quinto ostacolo. L'efficacia della tecnica utilizzata da C. J. può essere valutata anche dal punto di vista delle oscillazioni verticali della testa e delle spalle durante il passaggio dell'ostacolo e durante la corsa tra gli ostacoli. Queste oscillazioni sono nell'ordine di grandezza di ± 18

cm. Quando sta passando l'ostacolo, l'atleta abbassa la traiettoria del volo del CM piegando in maniera accentuata il tronco in avanti e creando così condizioni favorevoli per un atterraggio attivo dopo il passaggio dell'ostacolo.

Conclusioni

Sulla base dei risultati ottenuti da un'analisi cinematica 3 - D di una gara di 110hs del primatista mondiale Colin Jackson, sono stati definiti alcuni dei più importanti parametri che identificano un modello della tecnica del passaggio dell'ostacolo. L'analisi ha riguardato il passaggio del 4° e 5° ostacolo. Il passaggio efficace dell'ostacolo può essere definito in base alla velocità orizzontale del CM durante lo stacco prima dell'ostacolo, all'altezza del CM durante lo stacco, alla velocità del ginocchio libero e della gamba libera, al tempo della fase di volo, alla minore perdita possibile nella velocità orizzontale del CM durante il passaggio dell'ostacolo, ad una posizione alta del CM all'atterraggio, ad un tempo di contatto breve nella fase di atterraggio, e ad oscillazioni verticali il più ridotte possibili del CM, della testa, delle spalle e delle anche prima, durante e dopo il passaggio dell'ostacolo.

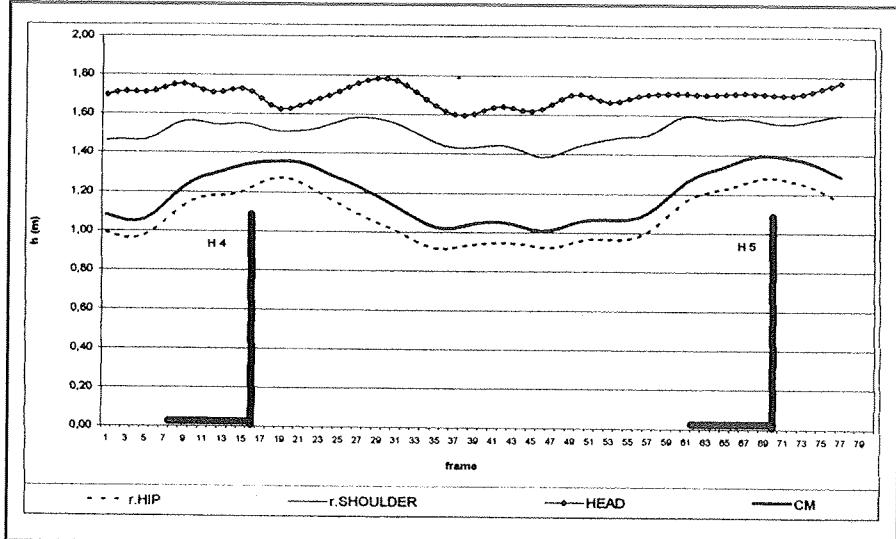


Figura 7 - Traiettoria del movimento delle anche, spalle, testa e CM sul 4° e 5° ostacolo (Colin Jackson - 13,47 s).

Bibliografia

- Dapena J. (1991). Hurdle clearance technique. *Track and Field Quart. Rev.* 116 : 3, 710-712
- Dempster, W. T. (1955). *Space requirements of the seated operator*. WADC Technical Report, Wright-Petterson Air Force Base, Ohio: 55-159
- Gollhofer A. & Kyrolainen H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *IJSM* : 12 , 34-40
- Grimshaw P. (1995). A kinematic analysis of sprint hurdles training strategies (isolation drills) *Athletic Coach* 29: 4, 24-28
- Hommel H. & Arnold M. (1995). NSA photosequences 33 & 34 110 m hurdles : Colin Jackson. *New Studies in Athletics* 3, 57- 65
- Iskra J. (1995). The most effective technical training for the 110 m hurdlers. *New Studies in Athletics*, 3, 51-55
- Jarver J. (1997). *The hurdles - Contemporary theory, technique and training*. El Camino Real: Tafnews Press p. 131
- Kampmiller T., Slamka M. & Vanderka M. (1999). Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kovač and Peter Nedelicky. *Kinesiologia Slovenica* 1-2, 26-30
- La Fortune M.A. (1988). Biomechanical analysis of 110 m hurdles. *Track and Field News* 105, 3355-3365
- McFarlane B. (1994): Hurdles: a basic and advanced technical model. *Track Technique* 128: 1, 4073-4079
- McLean B (1994). The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique. *New Studies in Athletics* 4, 55-58
- McDonald C. & Dapena J. (1991). Linear kinematics of the men's and woman's hurdles races. *Medicine and Science in Sports Exercise* 23: 12, 1382-1402
- Mero A. & Luhtanen P.(1986). Biomechanische Untersuchung des Hürdenlaufs während der Weltmeisterschaften in Helsinki. *Leistungssport* 1, 42-43
- Salo A., Peltola E., Viitasalo T. (1993). Eninge Biomechanische Merkmale des Zwischenhurdenlaufs im 110 m Hürdenlauf. *Leistungssport*, 2, 59-62
- Salo A., & Grimshaw P. (1995). An examination of kinematic variability of motion analysis in sprint hurdles. *Journal of Applied Biomechanics* 14, 211-222
- Salo A. & Gimshaw P. (1997). 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive level. *MSS* 29: 2, 231-237
- Schluter W. (1981). Kinematische Merkmale der 110-m Hürden-technik. *Leistungssport*, 2, 118-127