

Confronto tra passaggio completo ed esercizi tecnici negli ostacoli attraverso l'analisi cinematica

Franco Merni, Silvio Rossini, Simone Ciacci
Facoltà di Scienze Motorie, Università di Bologna

Introduzione e scopi

Gli esercizi tecnici più comunemente adottati nell'avvicinamento delle specialità ad ostacoli sono quelli di passaggio di prima gamba, di seconda e centrali. Questi esercizi tecnici servono per una migliore presa di coscienza dell'azione dei diversi segmenti corporei utilizzati nel valicamento dell'ostacolo.

Da questi esercizi di base se ne possono poi sviluppare numerosi altri che richiedono un maggiore impegno sia sotto l'aspetto tecnico-coordinativo sia per quanto riguarda la forza.

In letteratura esistono numerosi studi che prendono in considerazione la biomeccanica del



passaggio degli ostacoli su atleti maschili e femminili di livello tecnico più o meno elevato.

Le variabili prese in considerazione nelle diverse fasi del passaggio (appoggio precedente all'ostacolo, stacco, volo, atterraggio e ripresa della corsa) risultano essere in numero elevato nei diversi studi (vedi bibliografia).

Lo scopo della ricerca è quello di confrontare i diversi parametri biomeccanici nell'esecuzione del valicamento completo e negli esercizi tecnici di base di prima e di seconda gamba, in modo da individuare le differenze e le similitudini tra le variabili più interessanti e importanti.

Come primo approccio sono state adottate le indicazioni di Mann ed Herman nello studio dei movimenti di corsa e superamento degli ostacoli.

Essi indicano 2 aree di variabili descrittive:

1. Descrittori del moto del corpo rispetto allo spazio esterno (ostacolo). Questi sono parametri spaziali, temporali, cinematici del corpo in toto, che si evidenziano studiando la posizione ed il moto del baricentro (COM, Center Of Mass) soprattutto con una ripresa laterale. Considerata la loro importanza rispetto alla prestazione, Mann e Herman (1985) e La Fortune (1987) li definiscono "Descrittori di performance diretti".
2. Descrittori del moto dei vari segmenti corporei interessati al movimento. Fanno parte di questo gruppo i dati angola-

ri dei vari segmenti corporei studiati da una ripresa frontale e laterale. Le posizioni di alcuni punti e assi corporei rispetto all'ostacolo (spazio esterno) o rispetto al baricentro (spazi relativi di un segmento rispetto alla posizione del corpo).

Scelta dei soggetti e metodi

Sono stati scelti atleti di sesso diverso con caratteristiche tecniche molto differenti. Le atlete femmine (F, S) sono specialiste delle gare brevi (100 hs - F 13"96, S 13"90) con risultati di livello nazionale e dotate di buona tecnica esecutiva. Il maschio (M) è uno specialista degli ostacoli bassi in grado di attaccare l'ostacolo con entrambe le gambe con preferenza della sinistra (400 hs - 55") e che presenta una tecnica esecutiva meno raffinata. La scelta di questi atleti è stata presa in modo da enfatizzare le differenze tecnico-prestative su atleti e specialità molto diversi fra loro, al fine di ottenere un confronto tra le 2 specialità ed i diversi livelli di prestazione.

Le riprese cinematografiche sono state realizzate con una cinepresa Beaulieu 40082 M4 (zoom 70mm e velocità di ripresa di 72 ftg./sec.). Questa era posta all'altezza delle anche a circa 80 m di distanza dall'ostacolo nella ripresa laterale. L'altra cinepresa è una Rolley SL 84, con frequenza di 57 ftg./sec. e con zoom 40 mm, posta a 50 metri. Nelle riprese è

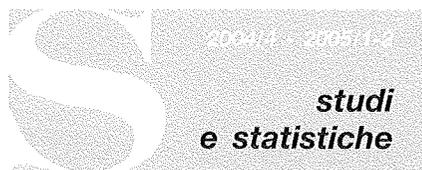
stato utilizzato sullo sfondo un cronometro digitale al centesimo di secondo delle dimensioni di 80 cm per 80 cm per la verifica della velocità di ripresa, la sincronizzazione delle due cineprese (disposte a 45° rispetto al piano del cronometro) e per avere una misura standard degli spazi verticali oltre a quella dell'altezza dell'ostacolo.

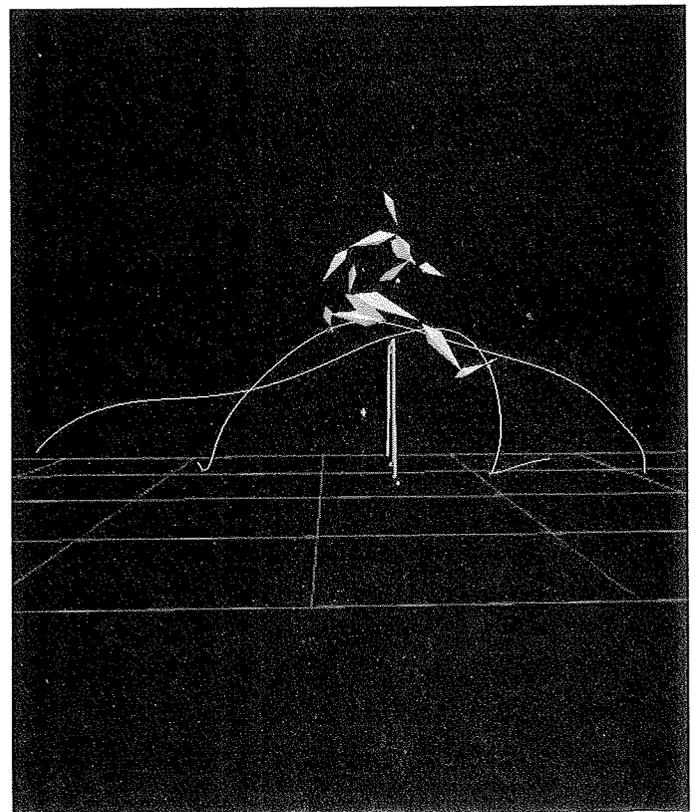
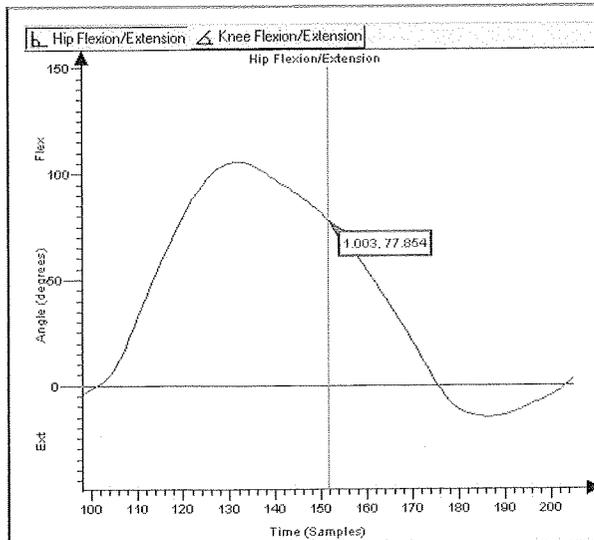
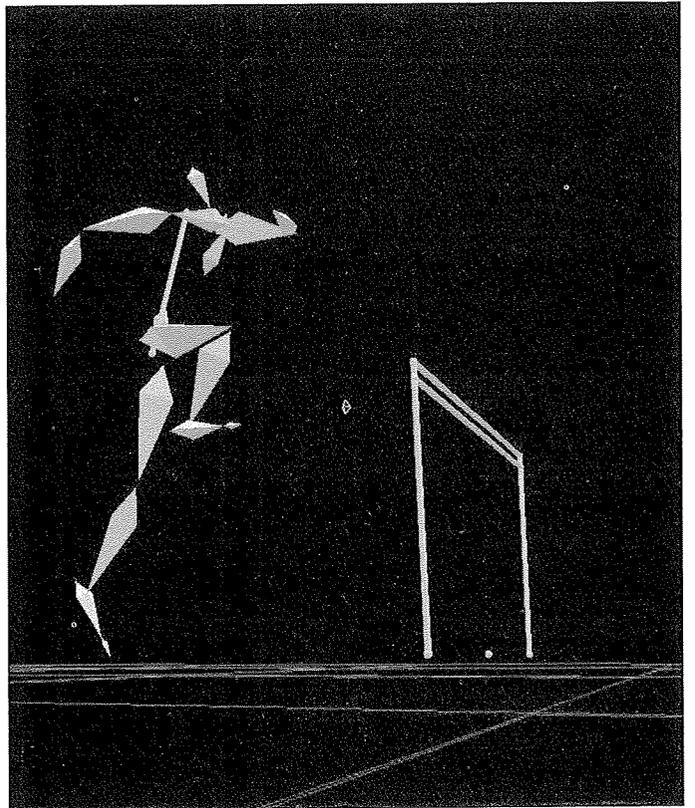
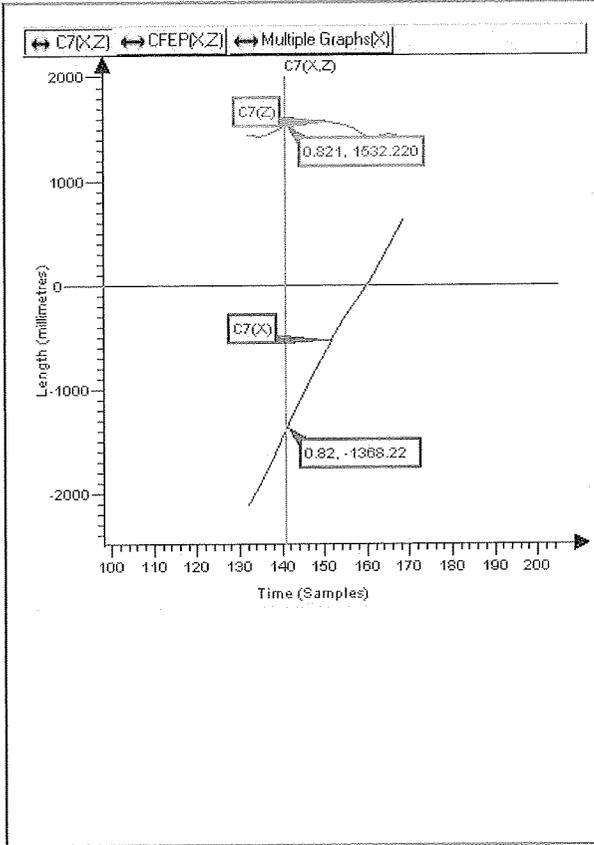
L'acquisizione dei dati è stata effettuata tramite: 1) Analizzatore Lafayette Super 8 con fermo immagine e contatore elettronico di fotogrammi. 2) Personal Computer e digitalizzatore ad ultrasuoni.

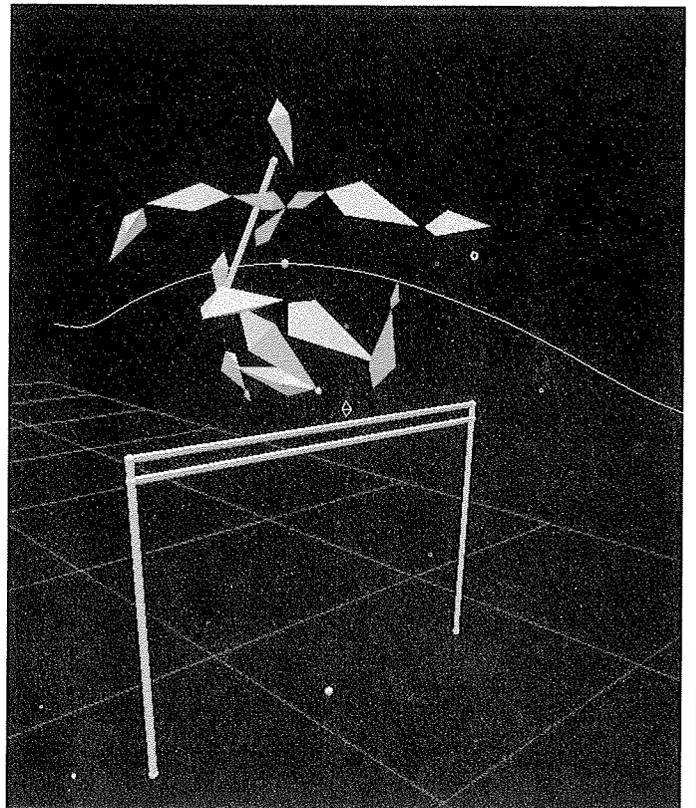
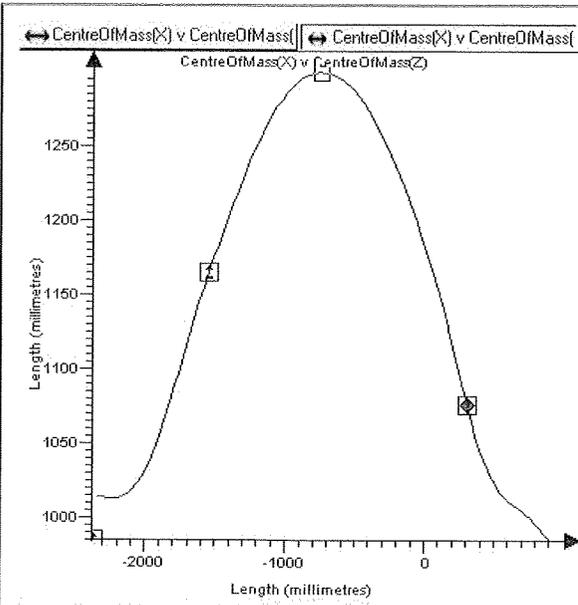
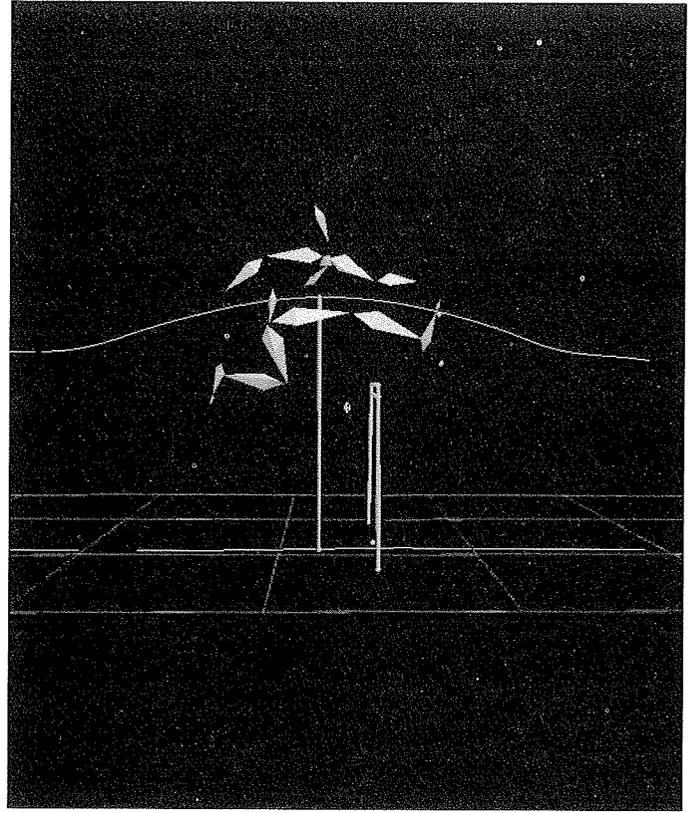
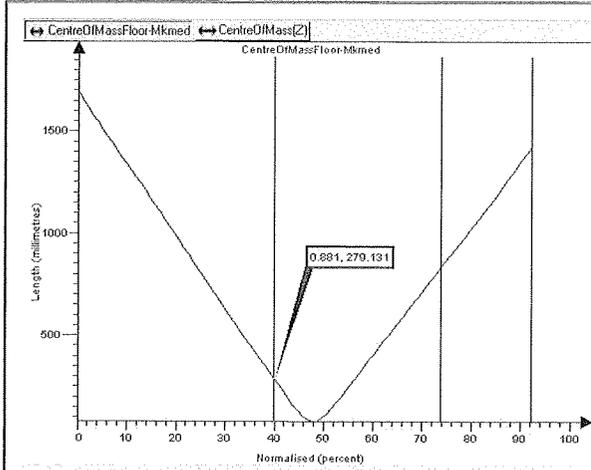
Per ogni fotogramma sono stati digitati i seguenti punti: Orecchio, C7 (settima cervicale), spalla sx, gomito sx, polso sx, mano sx, spalla dx, gomito dx, polso dx, mano dx, anca sx, ginocchio sx, caviglia sx, tallone sx, punta piede sx, anca dx, ginocchio dx, caviglia dx, tallone dx, punta piede dx.

I fotogrammi sono stati proiettati sul digitalizzatore con proiettore a 2 metri di distanza. Si è usato un programma per l'inserimento, memorizzazione e correzione in caso di errata digitazione dei dati. Le opzioni di correzione in fase di input prevedevano la possibilità di interpolare i punti con delle funzioni di media mobile.

Le piccole irregolarità di digitazione sono state ridotte con







un programma di filtro “passa basso” di 4° ordine di Butterworth come proposto da Winter (1979).

Per i soggetti F ed M sono state effettuate diverse riprese frontali e laterali sia degli esercizi globali sia di quelli analitici di prima e seconda gamba.

La strumentazione utilizzata invece per la raccolta dati dell'atleta S. è stata Vicon Motion System (mod. 460), un sistema optoelettronico a marker passivi. Sono state utilizzate 6 telecamere-fotoemettitori ad infrarosso sincronizzate (risoluzione max 300.000 pixel, frequenza max 100 Herz) e dei marcatori riflettenti (diametro 14mm) posti in specifici punti di reperi. Il sistema è in grado di elaborare un'immagine tridimensionale del soggetto in movimento attraverso procedure di stereofotogrammetria. Il software prevede le seguenti procedure:

Calibrazione: tramite calibrazione statica ed dinamica, si è cercato di sfruttare al massimo le potenzialità del sistema e si è giunti ad identificare un volume di acquisizione di 6m x 2m x 2m di altezza.

Posizionamento dei marker sul soggetto: i marcatori vengono posizionati su tutto il corpo del soggetto in determinati punti di reperi che fanno riferimento al protocollo Plug-in-Gait di Davis-Kadaba (Vicon Motion System Manual), derivato a sua volta dall'Helen Hayes marker set, per la parte inferiore del corpo e ad un protocollo implemen-

tato da Vicon per la parte superiore del corpo.

Acquisizione dinamica e ricostruzione dei dati: nella fase di acquisizione dinamica il soggetto ha eseguito almeno due prove di ogni gesto tecnico.

In fase di ricostruzione è stata eseguita una labellizzazione manuale andando ad inseguire le traiettorie tracciate dai marcatori nei momenti più critici. Una volta ricostruite e pulite le prove è stata scelta per ogni esercizio l'acquisizione migliore.

Nelle tabelle riepilogative dei dati, oltre alle sigle identificative dei soggetti (F;S;M), vengono utilizzate le seguenti sigle per ogni tipologia di rilevamento:

C = passaggio completo ripresa frontale (F) e laterale (L)

1 = passaggio 1ª gamba ripresa frontale (F) e laterale (L)

2 = passaggio 2ª gamba ripresa frontale (F) e laterale (L)

Le sigle dx e sn sono state utilizzate per il soggetto M, l'unico per cui è stato analizzato il passaggio di 1ª gamba di destro e di sinistro.

Considerazioni generali sul passaggio dell'ostacolo

Il passaggio dell'ostacolo può essere considerato una modificazione del normale passo di corsa. Per far questo, è necessario considerare l'assetto ottimale dell'atleta prima dello stacco, che prevede l'accorciamento dell'ultimo passo prima dell'ostacolo allo scopo di migliorare la

spinta in avanti e l'inclinazione del busto (secondo Jones 1964) o per portare il baricentro davanti al punto d'appoggio (Tidow 1991). Tale effetto consente alla prima gamba di attaccare l'ostacolo prima dell'estensione dell'arto di stacco. Questo accorgimento comporta una distanza superiore tra punto di stacco e ostacolo rispetto a quella tra ostacolo e appoggio successivo; per quanto riguarda i maschi m 2,20-1,10 (Russo 1971) e m 2,20-1,30/1,40 (Tidow 1991 e Mero e Luhtanen 1991) e m 2,30-1,30 (Coh 1999).

Traiettoria del centro di gravità e considerazioni complessive sul passaggio dell'ostacolo

L'esecuzione migliore del passaggio dell'ostacolo si ottiene quando il centro di gravità si eleva il meno possibile, per effettuare il valicamento con una azione simile a quella di una corsa sul piano. Se da questo punto di vista l'atleta di alta statura è avvantaggiato, dall'altro, per questo stesso motivo, viene però penalizzato da una minore rapidità dei movimenti degli arti durante il passaggio dell'ostacolo a causa delle leve più lunghe e dei momenti di inerzia più grandi. Lavori di La Fortune (1987) dimostrano che una buona velocità del centro di gravità dipende anche da una ridotta distanza tra piede e centro di gravità nell'appoggio prima dell'ostacolo. Il punto più alto della parabola nel supera-

mento dell'ostacolo è a circa 30-40 cm prima di questo (40 cm. per le donne, Susanka 1988), così da permettere il passaggio della gamba di attacco ed effettuare il valicamento con una traiettoria dall'alto verso il basso. Russo (1971) indica rapporti abbastanza precisi come 2/3 della parabola a carico della fase stacco-ostacolo e 1/3 per la fase ostacolo-impatto (vedi anche Grimshaw et altri 1994). La Fortune (1987) riporta dati di un forte atleta in m 2,14 stacco-hs e m 1,44 hs-impatto; anche Coh e Kastelic (1999) confermano questa distribuzione della parabola di valicamento dell'hs nell'analisi del gesto di B. Bukovec. In realtà altri lavori (Ward 1983 e Grimshaw et altri 1994) dimostrano che, anche nella fa-

Parametri di tipo spaziale

Nella tabella 1 sono raccolte le distanze orizzontali in cm dei passi precedenti e successivi al valicamento dell'ostacolo, nonché le distanze in cm tra punto di attacco e atterraggio della punta del piede prima e dopo l'ostacolo.

Alcuni dati sono mancanti poiché non è stato possibile effettuare un rilevamento preciso.

L'ampiezza dei passi che precedono e seguono il passaggio dell'ostacolo risultano essere inferiori ad un normale passo di corsa in piano (198 cm Merni ed altri 1986 su femmine di medio livello).

Il passo dopo l'hs risulta generalmente più corto rispetto a quello precedente il medesimo

Anche per S. le distanze stacco-hs e hs-appoggio, probabilmente a causa di una ridotta velocità di percorrenza rispetto agli altri 2 atleti, risultano in tutte le rilevazioni più corte sia di F (eccetto che nella distanza hs-appoggio nell'esercizio di 2^a gamba e nel passo dopo l'hs nell'esercizio di 1^a), sia di M.

In riferimento alla letteratura, i dati ottenuti differiscono nelle misure stacco-hs e hs-appoggio, probabilmente perché gli atleti analizzati risultano di valore tecnico inferiore a quelli presenti in letteratura ed inoltre valutati in sede di allenamento e non in competizione, mentre risultano in accordo se confrontati in relazione alla distribuzione della parabola rispetto all'ostacolo (2/3 prima e 1/3 do-

Tabella 1: Spazi orizzontali (in cm)

| | FCL | FIL | F2L | SCL | S1L | S2L | MCL | MIL | M2L | MCLdx |
|----------------------------|-----|------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|
| Passo prima dell'ostacolo | 150 | 106 | 119 | | | | | | 115,5 | 170 |
| Distanza stacco-ostacolo | 186 | 149 | 157 | 142,1 | 113,1 | 112,4 | 214 | 115 | 125 | 181 |
| Distanza ostacolo-appoggio | 112 | 79,5 | 45 | 82,9 | 61,7 | 51,5 | 106 | 78 | 60 | 138 |
| Passo dopo l'ostacolo | 143 | 108 | 107 | | 109,5 | 97,5 | 151 | 130 | | 146 |

Tabella 2: Distanza baricentro - punta piedi

| | FCL | | FIL | | F2L | | SCL | | S1L | | S2L | | MCL | | MIL | | M2L | | MCLdx | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | I | S | |
| 3°appoggio | | -55 | +16 | -51 | +7 | -49 | | | | | | | | | | | | +30 | -60 | | -73 |
| 4°appoggio | +49 | -46 | +38 | -41 | +25 | -39 | +28,8 | -38 | | -38,4 | | -36,1 | +57 | -55 | +51 | -32 | +46 | -35 | +68 | -44 | |
| 1°appoggio | +9 | -50 | +6 | -49 | +3 | -43 | +4,8 | -52,7 | +6,5 | -45,2 | +2,4 | | +14 | -60 | +16 | -55 | +6 | -51 | +19 | -63 | |
| 2°appoggio | +41 | | +34 | -51 | +18 | -44 | | | +48,9 | | | | +33 | | +40 | | | | | +49 | |

se di passaggio, l'elemento fondamentale è la massima velocità orizzontale e la minima velocità verticale possibile (come nel caso di Nehemiah...).

(confermato anche da Coh-Kastelic 1999). I passi attuati nelle esercitazioni tecniche, sono tutti più corti di quelli dei passaggi completi.



Tabella 3: Distanza orizzontale dal punto più alto del baricentro rispetto all'HS (in cm)

| FCL | F1L | F2L | SCL | S1L | S2L | MCL | M1L | M2L | MCLdx |
|-----|------|------|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| 20 | 27,3 | 36,9 | 24 | 20,7 | 15,8 | 55 | 24 | 23,4 | -10 |



po l'hs), seppure con alcune eccezioni. Il soggetto M, infatti, non mantiene il rapporto di 2/3 nell'esecuzione di 1^a laterale (59,6% - 40,4%) e nell'esecuzione completa di dx (56,7% - 43,3%). Il soggetto F non rispetta la proporzione di 2/3 nel passaggio di 2^a laterale (77,7% - 22,3%) effettuando un'azione di spinta più marcata. Il soggetto S invece mantiene in tutte le esercitazioni una distribuzione corretta degli spazi di parabola.

Nella tabella 2 sono raccolte le distanze orizzontali tra proiezione a terra del baricentro del corpo e punta dei piedi in appoggio prima e dopo il passaggio dell'ostacolo nelle due fasi di appoggio (impatto e stacco). Queste distanze permettono di valutare le azioni di frenata all'impatto e un'indicazione sin-

tetica dell'azione di spinta. Un impatto del piede troppo avanti rispetto al baricentro comporterà un rallentamento della velocità orizzontale in tutti gli appoggi.

Da questi dati notiamo che le atlete F ed S sono dotate di una tecnica esecutiva più corretta, che produce una minore azione frenante all'atterraggio (minori valori positivi prima e dopo l'ostacolo). Negli esercizi tecnici queste atlete mostrano delle distanze tra baricentro e appoggio al momento dello stacco più simili, mostrando differenze solo di 5-7 cm rispetto all'esercizio completo, a differenza di quanto rilevato in M dove i valori sono superiori (20-23 cm).

Durante il passaggio completo, nell'ultimo appoggio prima del superamento dell'ostacolo (4^o appoggio), in tutti i sog-

getti si notano valori maggiori rispetto agli esercizi tecnici (perciò si può ipotizzare un maggior caricamento e propulsione verso l'hs).

Per quanto riguarda l'atterraggio dopo l'ostacolo (1^o appoggio), Tidow (1991) categorizza gli ostacolisti in: migliori (chi presenta distanze tra proiezione del baricentro e appoggio da 3 a 11 cm); buoni (valori attorno i 19 cm); non specialisti (valori attorno ai 29 cm).

I valori delle atlete F e S nel primo appoggio dopo l'ostacolo rientrano nella prima categoria di Tidow.

Il maschio mostra un forzato richiamo di prima gamba nell'appoggio dopo l'ostacolo solo durante l'esercizio di 2^a gamba ed anche un accentuato arretramento del baricentro nell'appoggio che precede il valicamento nell'esecuzione completa di dx.

Dai dati desunti dalla letteratura il vertice della parabola risulta essere sempre tra i 20 e 40 cm prima dell'hs, al fine di permettere il superamento di questo sempre in fase discendente.

Nella tabella 3 sono riportate le distanze orizzontali della proiezione del vertice della parabola percorsa dal baricentro rispetto all'ostacolo.

Nella tabella l'atleta F presenta il vertice della parabola

Tabella 4: Dati spaziali verticali (altezza baricentro nei vari momenti)

| | FCL | F1L | F2L | SCL | S1L | S2L | MCL | M1L | M2L | MCLdx |
|------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|
| 3° appoggio di corsa | 92 | 100,1 | 99,3 | | | | | | 125,6 | 100 |
| 3° stacco di corsa | 98 | 99,6 | 99,9 | | | | | | 114,3 | 109 |
| 4° appoggio di corsa | 96 | 99,7 | 100 | 101,2 | | | 109 | 109,6 | 113,6 | 108 |
| 4° stacco di corsa | 108 | 118,7 | 113,3 | 116,4 | 114,7 | 114,2 | 128 | 134,1 | 127,5 | 132 |
| Max volo su hs | 128 | 130,1 | 124,5 | 129,9 | 121,8 | 122,8 | 146 | 147,3 | 144,6 | 152 |
| 1° appoggio dopo hs | 111 | 113 | 111,4 | 107,5 | 106,7 | 108,5 | 131 | 126 | 135,5 | 132 |
| 1° stacco dopo hs | 107 | 107,6 | 109,2 | 98,8 | 95,3 | | 142 | 118,1 | 128,7 | 116 |
| 2° appoggio dopo hs | | 104,5 | 103,3 | | 93 | | | 117 | | |
| 2° stacco dopo hs | | 111,7 | 104,2 | | | | | | | |
| Delta stacco-vertice | 20 | 11 | 11 | 13,5 | 7,1 | | 18 | 13 | 17 | 20 |
| Delta vertice-appoggio | 17 | 17 | 12 | 22,4 | 15,1 | | 15 | 21 | 9 | 20 |

sempre prima dell'ostacolo, più lontano negli esercizi tecnici rispetto al passaggio completo (comportamento opposto ad S che presenta contrariamente valori minori negli esercizi tecnici). L'atleta M, invece, presenta notevoli differenze tra i due passaggi completi; nell'approccio di sx la parabola ha il vertice prima dell'hs (+55 cm), mentre nell'approccio di dx la parabola ha il vertice dopo l'hs (-10 cm). Questo comportamento anomalo nel passaggio completo di dx è evidenziato anche in tabella 1 da un errato rapporto delle distanze tra l'ostacolo e l'appoggio precedente e successivo il valicamento. Questo atleta presenta il vertice della parabola più vicino all'ostacolo negli esercizi tecnici rispetto al passaggio completo con la gamba sx.

Nella tabella 4 sono riportati i valori spaziali verticali riguardanti il baricentro degli atleti nelle varie fasi degli appoggi prima e dopo l'ostacolo. Sono inoltre riportati i valori vertica-

li del baricentro nel suo punto più alto di volo durante il superamento dell'ostacolo oltre alle differenze (delta) in altezza del baricentro tra lo stacco ed il vertice della parabola e tra questo e l'appoggio successivo al valicamento.

Negli esercizi tecnici F tende in generale ad essere più alta di bacino che non rispetto ad un passaggio centrale. Anche in questo S mostra invece un comportamento opposto a F, mostrando proprio nel passaggio centrale i valori più alti in tutte le fasi. M invece, è più basso nella fase dopo l'hs.

La parabola di volo negli esercizi di 2^a gamba è per ovvi motivi più schiacciata in tutti gli atleti, in quanto l'esercizio prevede il passaggio del baricentro del soggetto al di fuori dell'ostacolo e l'attenzione dell'atleta si concentra sul movimento di abduzione dell'anca. In generale i valori dell'altezza del baricentro nello stacco nel primo appoggio dopo l'ostacolo sono inferiori a quelli dell'impatto dello stesso appoggio; fa ec-

cezione il comportamento dell'atleta M nel passaggio completo (in questo caso notiamo come il metodo può evidenziare quantitativamente un errore tecnico).

Valutando il delta stacco-vertice della parabola, notiamo che gli atleti negli esercizi tecnici hanno il baricentro più alto soprattutto allo stacco e pertanto effettuano parabole più schiacciate rispetto al passaggio completo.

Osservando invece il delta vertice-appoggio, scopriamo che i valori nel passaggio completo e nell'esercizio di 1^a gamba per F sono identici (S mostra invece una diminuzione di 7 cm), mentre si nota una riduzione di 5 cm nel passaggio di 2^a. M a sua volta, mantiene alto il baricentro nell'esercizio completo di sx e nel laterale di 2^a gamba, cedendo invece notevolmente



Tabella 5: Tempi in centesimi di secondo

| | FCL | FIL | F2L | SCL | SIL | S2L | MCL | MIL | M2L | MCLdx |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Volo 3° | 0,06 | 0,03 | 0,07 | | | | | | 0,02 | 0,04 |
| Appoggio 4° | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,17 | 0,17 |
| Ascesa | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,10 | 0,08 | 0,14 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,23 |
| Discesa | 0,18 | 0,18 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,21 | 0,22 | 0,17 | 0,17 |
| Appoggio 1° | 0,09 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,06 | 0,14 | 0,11 | 0,18 | 0,13 | 0,13 |
| Volo 1° | 0,09 | 0,04 | 0,09 | 0,09 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,08 | | 0,04 |

Tabella 6: Velocità orizzontali agli stacchi (in m/sec.)

| | FCL | FIL | F2L | SCL | SIL | S2L | MCL | MIL | M2L | MCLdx |
|--------------------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------|
| Stacco 3° appoggio | 7,6 | 6,02 | 6,16 | | | | | | 5,04 | 6,9 |
| Stacco prima hs | 7,6 | 5,81 | 5,81 | 5,28 | 4,27 | | 6,5 | 4,18 | 4,61 | 6,1 |
| Stacco dopo hs | 7,2 | 5,74 | 5,74 | 4,87 | 4,26 | | 7,5 | 4,03 | 5,9 | 6,3 |

Tabella 7: Picco di velocità verticale durante le fasi nei tre appoggi (in m/sec.)

| | FCL | FIL | F2L | SCL | SIL | S2L | MCL | MIL | M2L | MCLdx |
|--------------------|------|------|------|-------|-------|------|-----|------|------|-------|
| Stacco 3° appoggio | 0,85 | 0,28 | 0,49 | | | | | | 0,43 | 1 |
| Stacco prima hs | 1,98 | 2,17 | 1,96 | 1,5 | 1,02 | 1,04 | 2,2 | 2,09 | 2,02 | 2,6 |
| Stacco dopo hs | 0,62 | -0,7 | -0,7 | -0,65 | -0,21 | | 0,4 | 0,72 | 0,43 | 0,65 |

Tabella 8: Angoli tronco (ripresa laterale)

| | FCL | FIL | F2L | SCL | SIL | S2L | MCL | MIL | M2L | SIMCLdx |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Min. | 20 | 12,5 | 14,7 | -5,4 | 5 | 7,9 | 12,7 | 7,7 | 10 | 18 |
| Nel passaggio | | | | | | | | | | |
| Max. | 36,2 | 23,2 | 28,4 | 29,1 | 25,5 | 28,3 | 37,9 | 21,1 | 21,8 | 37,3 |

nell'esercizio laterale di 1^a gamba e centrale di dx.

Nell'analisi di questi parametri, risulta evidente che il metodo d'indagine ha rilevato valori tra loro differenti nelle diverse fasi di passaggio completo e degli esercizi tecnici.

Parametri di tipo temporale

Nella tabella 5 si analizzano

i tempi di volo e di appoggio nelle fasi di corsa e di ascesa e discesa nel valicamento dell'ostacolo.

La durata della seconda parte della parabola del passaggio in tutti risulta più lunga (dato che il vertice della parabola normalmente si trova prima dell'ostacolo). Negli esercizi di 2^a gamba i tempi delle due fasi di volo sono simili, con una ridu-

zione della durata della fase discendente a causa di un atterraggio più rapido di 1^a gamba e una parabola più radente in questo tipo di esercizio. In M nell'esercizio di dx i due tempi si invertono, a causa della esecuzione tecnica errata di questo passaggio da parte del soggetto.

Parametri cinematica

La tabella 6 mostra le velocità orizzontali al momento degli stacchi sia prima che dopo il valicamento.

Il soggetto F mantiene una velocità più elevata e costante durante tutte e tre le fasi. M, invece, perde velocità orizzontale prima dell'hs e la riacquista nell'appoggio successivo (approccio all'hs incerto). Nei passaggi completi tutti i soggetti mostrano velocità orizzontali maggiori che negli esercizi tecnici, anche se M ed S comunque utilizzano una velocità inferiore rispetto a F. M tende anche in questo caso a decelerare prima dell'ostacolo e ad accelerare dopo averlo superato (questi valori ci indicano eventuali problemi tecnici).

La tabella 7 mostra le velocità verticali del baricentro nelle varie fasi.

Le velocità verticali più basse sono ottenute dai soggetti durante i passaggi di 2^a gamba. Il picco verticale maggiore in fase di stacco viene ottenuto nel passaggio completo di M dx. Probabilmente la causa è da ricondurre alla vistosa difficoltà nell'approccio all'hs con quella

Tabella 9: Angoli tronco (ripresa frontale)

| | | LEGCL | LEGIL | LEGZL | SCL | SIL | S2L | SIMCL | SIMIL | SIM2L | SIMCLdx |
|---------------|------|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|---------|
| Nel passaggio | Min. | -8 | -6,8 | -8,6 | -5,7 | -5,5 | 1,4 | -2,6 | 7,4 | -0,6 | -10 |
| | Max. | 5,4 | 5,8 | 6,5 | 8,7 | 3,3 | 6,3 | 11,6 | 15,6 | 9,7 | 8,5 |

Tabella 10: Angoli dell'anca di attacco (in gradi)

| | FCL | F1L | F2L | SCL | S1L | S2L | MCL | M1L | M2L | MCLdx |
|--------------------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|
| Angolo di stacco | 73 | 76,3 | 73,3 | 82,3 | 76,3 | 74,6 | 74 | 55 | 87,8 | 67 |
| Angolo minimo | 36 | 27,4 | 56,1 | 51,3 | 48,4 | 60,8 | 45 | 32 | 77,5 | 46,5 |
| Angolo all'impatto | 155 | 160,05 | 168,3 | 162,8 | 161,3 | 158,9 | 135 | 157,6 | 155,6 | |

gamba. F mantiene correttamente l'appoggio dopo l'ostacolo solo nell'esecuzione completa.

Parametri spaziali angolari

Nella tabella 8 vengono esaminati i valori di inclinazione del tronco durante il passaggio dell'hs, osservati con una ripresa laterale. L'angolo considera-

to risulta quello definito dall'asse del tronco (C7-Punto intermedio tra le 2 anche) e dalla verticale perpendicolare al piano di appoggio. L'inclinazione del tronco in avanti permette di mantenere una traiettoria del baricentro durante il valicamento il più possibile vicino ai valori di corsa. Inoltre tale inclinazione permette una migliore azione dell'anca.

In questa tabella si può vedere che i soggetti accentuano la flessione del tronco in avanti nella fase di attacco del passaggio completo rispetto alle esercitazioni tecniche. S presenta valori più omogenei tra esercizi tecnici e passaggio completo, ma mostra anche un angolo minimo, in fase di atterraggio dopo l'ostacolo, inferiore rispetto agli altri 2 atleti, evidenziando pertanto un'interpretazione non corretta, soprattutto nel passaggio completo analizzato, con un raddrizzamento del tronco evidente.

Nella tabella 9 vengono esaminati i valori di inclinazione laterale del tronco desunti da una

ripresa frontale. L'inclinazione laterale può essere considerata un indice di perdita di equilibrio, collegata a carenze di mobilità a livello dell'anca della seconda gamba.

Mentre il soggetto F durante il passaggio presenta angoli pressoché simili, i soggetti M ed S presentano comportamenti diversi a seconda delle situazioni (passaggio di 1^a o 2^a, completo di sx o completo di dx nel caso di M).

Nella tabella 10 si osservano gli angoli dell'anca d'attacco che, come quelli del tronco, possono influire sull'andamento della parabola di volo. L'angolo è quello compreso tra il tronco e la coscia e viene rilevato al momento dello stacco prima dell'ostacolo e all'impatto successivo, inoltre è stato rilevato il valore minimo nella fase di valicamento.



Tabella 11: Angoli del ginocchio della gamba di attacco

| | FCL | F1L | SCL | S1L | MCL | M1L | MCLdx |
|-------------|-----|------|-------|-------|-----|------|-------|
| Allo stacco | 68 | 60,2 | 80.25 | 89.2 | 58 | 60,6 | 79 |
| All'impatto | 174 | 175 | 170.5 | 161.4 | 161 | 161 | 179 |

Nei soggetti F ed S, i valori angolari allo stacco degli esercizi sono simili a quelli del passaggio completo. Il soggetto M, invece, effettua l'esercizio di 1^a con un angolo più chiuso rispetto al passaggio completo e presenta un'azione calciata nell'esercizio di 2^a. Ovviamente i valori più pronunciati di flessione dell'anca si riscontrano nei soggetti durante l'esercizio di 1^a gamba, mentre sono meno pronunciati in quelli di 2^a. Il soggetto M tende ad accentuare la flessione già in fase di stacco.

Nella tabella 11 si esaminano gli angoli del ginocchio della gamba d'attacco, allo stacco prima dell'hs ed all'impatto successivo a questo, in modo da evidenziare azioni calciate in fase di stacco ed eventuali cedimenti all'impatto.

F presenta allo stacco la gamba più flessa nell'esercizio tecnico, mentre M ed S la presentano più flessa nel passaggio completo. Nel momento dell'impatto i valori tra esercizio tecnico e passaggio completo sono molto simili tranne che in S, con valori però differenti tra i soggetti. F estende molto di più la gamba dopo l'hs che non M, mentre S si comporta similmente ad F nell'esercizio completo ed a M nell'esercizio tecnico di 1^a gamba.

Conclusioni

Dopo aver analizzato i dati si possono riassumere le principali differenze tra il passaggio completo e gli esercizi tecnici.

Si sono evidenziate lunghezze minori nei passi prima e dopo l'hs nelle esercitazioni tecniche. Inoltre anche i rapporti tra la distanza prima dell'hs e dopo non rispettano sempre i rapporti di 2/3 noti in letteratura per il passaggio completo, tranne che per S (*rischia questa affermazione di negare quelle successive?*). Le differenze maggiori si riscontrano nell'e-

sercitazione di 2^a gamba per F e in quella di 1^a per M. La logica ci porta a pensare che nell'esercizio di 2^a possa essere spiegabile un diverso rapporto tra gli spazi orizzontali prima e dopo l'hs (poiché la 1^a gamba non attua il valicamento dell'hs). A volte però un'errata valutazione dello spazio prima dell'hs può portare ad ottenere delle proporzioni tra i due spazi completamente diverse anche negli esercizi di 1^a (come nel caso M1L - MCLdx).

Per quanto riguarda la distanza punta piedi-baricentro, i soggetti F e M mostrano diversità tra esercizi tecnici e completi (diversità più evidenti nell'atterraggio e nello stacco prima dell'hs durante l'esecuzione di 2^a). All'impatto dopo l'hs le differenze maggiori si riscontrano



trano sempre nell'esercitazione di 2ª gamba.

La posizione della parabola di volo rispetto all'hs e le altezze raggiunte dal baricentro risultano diverse negli esercizi tecnici rispetto al passaggio completo. L'atleta F presenta distanze orizzontali maggiori negli esercizi tecnici, mentre M (così come S), al contrario, evidenzia spazi minori. In linea generale, gli atleti presentano il baricentro più alto allo stacco prima dell'hs.

Per quanto riguarda i tempi, quelli di discesa del baricentro dopo l'hs sono minori nell'esercitazione di 2ª gamba. Le velocità orizzontali risultano essere inferiori negli esercizi tecnici e la velocità verticale è più bassa negli esercizi di 2ª gamba al momento dello stacco prima dell'hs. Il tronco risulta più inclinato in avanti in tutte le fasi del passaggio completo.

I tre soggetti, durante il valicamento, flettono maggiormente l'anca nell'esercitazione di 1ª gamba. Al momento dello stacco prima dell'hs i soggetti mostrano invece un comportamento diverso. F ed S mostrano angoli simili agli altri due esercizi, mentre M accentua la flessione dell'anca già durante l'appoggio e si presenta allo stacco con un angolo decisamente più chiuso soprattutto nell'esercizio di 1ª gamba e completo di dx.

Dall'analisi dei dati ricavati possiamo dire di aver raggiunto una buona messa a punto del programma e del metodo stan-

dardizzato di analisi del passaggio dell'ostacolo. Nello studio sono state analizzate variabili quantificate anche da studiosi quali: La Fortune, Mann, Coh e Kastelic, Mero e Luhtanen, Herman e Ward, Mc Donald e Dapena. Si è cercato in tal modo di riunire nello stesso studio variabili diverse che in altre ricerche erano state analizzate separatamente. Questo studio dimostra che è importante prendere in considerazione tutte le variabili analizzate per evidenziare le differenze tra il passaggio completo e gli esercizi tecnici di 1ª e 2ª gamba.

Il metodo messo a punto permette numerosi confronti ed analisi: 1) Confronto tra soggetti. 2) Differenze nel passaggio dell'ostacolo al variare della gamba di attacco nei soggetti che utilizzano tale tecnica nei 400 hs. 3) Comparazioni tra esercizi tecnici di 1ª e 2ª gamba (laterali) e passaggio completo (centrale).

Nel confronto tra i soggetti si nota che F ed S sono in possesso di una migliore tecnica esecutiva (parabole di attacco migliori rispetto a M che nel passaggio di dx addirittura porta il vertice della parabola al di là della barriera). M rispetto a F ed S presenta anche velocità orizzontali più variabili, causate da frenate controproducenti durante l'appoggio dopo l'ostacolo, dovute a forti cedimenti della gamba, con anteposizione del piede rispetto al baricentro del corpo. Le atlete S ed F sono specialiste degli ostacoli alti e mostrano un comportamen-

to tecnico più evoluto rispetto a M. Ciò conferma che in genere gli specialisti degli ostacoli alti presentano una tecnica esecutiva migliore dei quattrocentisti ad ostacoli.

Nel confronto tra i due passaggi di destro e sinistro del soggetto M notiamo una maggior difficoltà di esecuzione in Mdx che attacca l'ostacolo troppo sotto portando il vertice della parabola al di là della barriera.

Dal confronto tra esercizi tecnici laterali e passaggio completo centrale notiamo inoltre: 1) Velocità più basse negli esercizi tecnici rispetto ai passaggi completi. 2) Parabola degli esercizi tecnici di 2ª gamba più radente rispetto all'esercizio completo, dovuta alla possibilità di effettuare la sola abduzione della 2ª gamba. 3) Negli esercizi completi tutti i soggetti presentano una maggior inclinazione del busto in avanti rispetto agli esercizi tecnici.

I dati ricavati permettono di spiegare fenomeni e atteggiamenti ampiamente studiati in letteratura, raggiungendo un'interpretazione più compiuta con possibilità pratiche di individuazione e quindi di correzione di errori tecnici.

Tutti i segmenti corporei sono bene osservati sia nelle riprese frontali che laterali, mentre l'analisi in 3D permette di studiare più dettagliatamente



quei movimenti che si compiono simultaneamente sui 3 assi di movimento. Questo studio si è limitato a studiare le variabili che possono essere analizzate in maniera corretta anche da un sistema bidimensionale; l'analisi tridimensionale consente un'interpretazione dei dati del movimento ancor più precisa e dettagliata, soprattutto per ciò

che riguarda le rotazioni complesse degli arti (Anche e Spalle) e del tronco. Pertanto, come passo successivo della ricerca, ci si propone di proseguire l'analisi del movimento con sistemi tridimensionali.

In questo modo sarà possibile valutare meglio i movimenti di abduzione-adduzione delle anche e delle spalle, le inclina-

zioni degli assi bitrocantero e biacromiale, le torsioni del tronco e gli spostamenti laterali del baricentro durante il passaggio e la corsa.

Concludiamo comunque dicendo che il lavoro effettuato dimostra sia la validità metodologica del sistema proposto sia la sua potenzialità applicativa nel lavoro pratico dei tecnici.

Bibliografia

- Čoh M. (2002) Kinematische und dynamische Analyse der Technik der Hürdenüberquerung. *Leistungssport* 32 (4), 43-46
- Čoh M., Kastelic J. A biomechanical model of the 100 m hurdles of Brigitta Bukovec. *Track and Field*
- Grimshaw P., Marar L., Salo A., Longden B., Vernon J. (1994) Biomechanical analysis of sprint hurdles. *Athletics coach* 28 (4).
- La Fortune M. (1987) Biomechanical analysis of the 110 metres hurdles. *Excell* (3) p. 1-4.
- Mann R., Herman J. (1985) Kinematic analysis of Olympic hurdle performance: Women's 100 meter. *International journal of Sport biomechanics*. 1, p. 163-173
- Mc Donald C., Dapena J. (1991) Linear kinematics of the men's 110-m and women's 100-m hurdles races. *Medicine and science in sports and exercise* 23, 1382-1391.
- Mc Farlane B. (1990) Analisi e correzione degli errori negli ostacoli. *Nuova Atletica del Friuli*, 102, p. 92-95
- Merni et altri, (1986) SdS - Rivista di Cultura Sportiva 6
- Mero A., Luhtanen P. (1986) Biomechanische Untersuchung des Hürdenlaufs während der Weltmeisterschaften in Helsinki. *Leistungssport* 16 (1), p. 42-43.
- Mero A., Luhtanen P. (1991) A biomechanical analysis of top hurdling. *Track and Field News*, p 73-76
- Righi, Mannella (1984) Corse ad ostacoli. *Atheticastudi* 2, p. 111-145
- Russo G. (1971) Le corse ad ostacoli. Scuola Centrale dello Sport. CONI, Roma
- Salo A., Grimshaw P., Marar L. (1997) 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and science in sport and exercise*, 29(2), p. 231-237
- Ward T. (1983) Rilievi cronometrici e cinematici sui 110 hs in atleti di alto livello. *Energia*, p. 15-18

