

## Analisi biomeccanica dei passi preparatori e dello stacco nel salto in lungo. Aspetti valutativi delle caratteristiche tecnico-condizionali

*Renzo Pozzo*

Collaboratore scientifico Centro Studi e Ricerche FIDAL  
Institut für Biomechanik - DSHS Köln

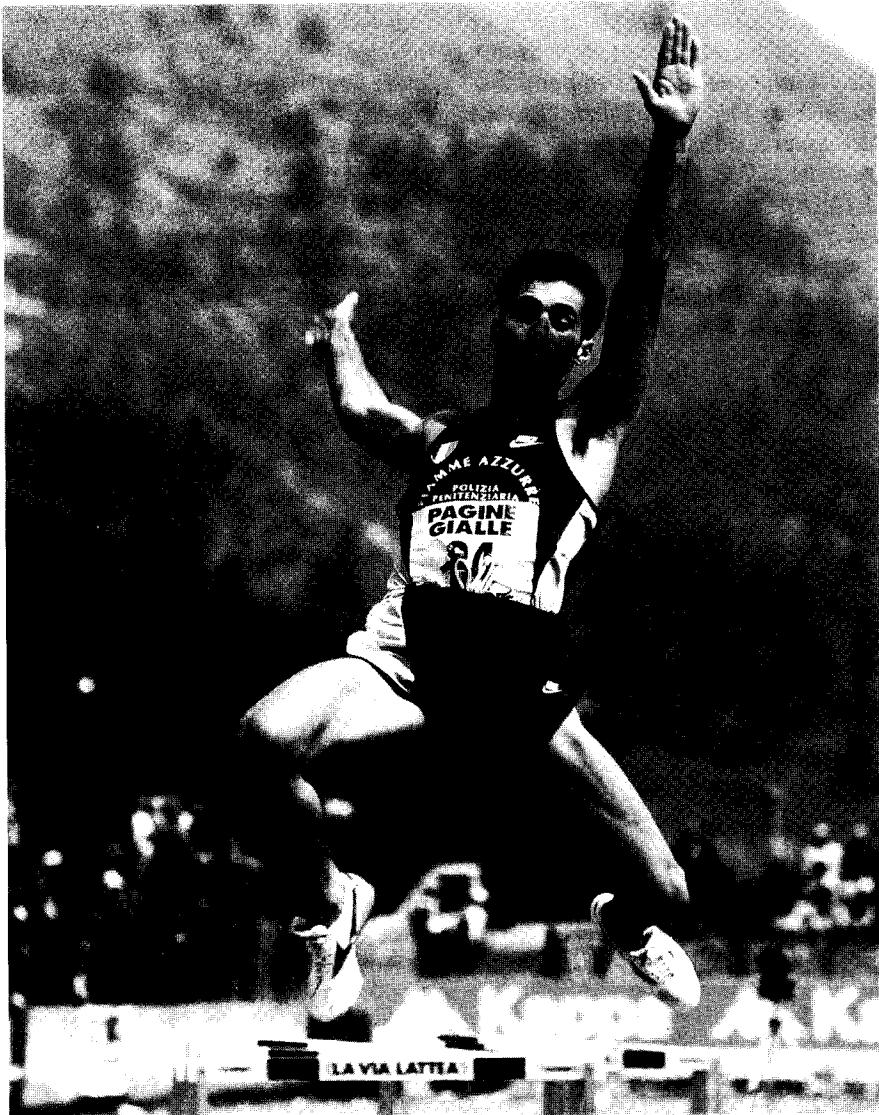
*Micheal Jahn*  
IFB-DSHS Köln

### Scopo della ricerca

Alla luce di quanto sopra esposto si è voluto analizzare la struttura cinematica dello "stacco" finale e dei 2 passi e appoggi precedenti di atleti di vario livello e in varie occasioni, onde poter mettere in luce caratteristiche rilevanti per una corretta interpretazione della tecnica del gesto e delle modalità esecutive degli esercizi di allenamento. A tal fine sono stati analizzati i salti migliori di alcuni atleti di livello internazionale in occasione di competizioni ufficiali (meeting di Sestriere 1990, 1991; Campionati Europei Indoor di Genova 1992).

### INTRODUZIONE

Lo studio della "tecnica" del salto in lungo ha permesso di formulare modelli descrittivi ed in parte esplicativi della struttura cinematica e dinamica esterne del gesto. Sono stati così evidenziati i parametri cinematici che più correlano con la misura ottenuta (v. bibliografia in appendice). In questi studi, come del resto in gran parte delle analisi biomeccaniche concorrenti alte prestazioni sportive, l'approccio usuale è, in primo luogo, statistico induttivo; altresì i modelli esplicativi funzionali (Hatze 1985) cercano di collegare i fattori condizionali causali (caratteristiche dinamiche e del controllo motorio dei vari settori corporei, limitazioni funzionali dell'apparato muscolo-tendineo, strategie del controllo nervoso) con gli effetti esterni riscontrabili appunto con l'"osservazione" della struttura cinematica. Le informazioni ricavabili sono naturalmente di duplice aspetto, l'uno teorico-conoscitivo e l'altro empirico-pragmatico. Per l'allenatore, in qualità di osservatore e, altresì, di modulatore del fenomeno (formulazione delle modalità di esercitazione), risulta essenziale il poter disporre di metodi e strumenti per l'orientamento sia nell'attività di giudizio tecnico come nella determinazione della struttura degli esercizi di allenamento.



## METODI

### Strumentazione

Per la registrazione delle immagini necessarie all'analisi in oggetto sono state utilizzate due videocamere con registratore incorporato (CCD-Corder) operanti alla frequenza di 50 Hz (50 immagini al secondo) e con un otturatore elettronico (fino a 1/2000 di secondo) tale da ottenere una nitidezza ottimale dell'immagine. Le telecamere venivano sincronizzate tramite un impulso luminoso visibile in entrambe e comandato esternamente dall'operatore. Le condizioni spaziali della ripresa sono rappresentate in fig. 1. Per la ricostruzione delle coordinate reali, è stato utilizzato il modello della trasformazione lineare diretta (DLT-Abdelz-Aziz, Karara 1971) che facilita notevolmente le operazioni di calibratura e di posizionatura delle telecamere. Il reticolo in figura, rappresenta il sistema rigido di riferimento per l'applicazione degli algoritmi matematici della DLT, nonché da una rappresentazione diretta dello spazio in cui sono state analizzate le fasi rispettive del salto. Per esigenze tecnico-pratiche, in un'occasione (Sestriè 1990) le fasi considerate non contenevano il terzultimo passo, essendo stata prolungata l'analisi fino alla metà della pa-

rabola di volo. In questa sede verranno considerate le fasi comprese fino allo stacco dell'ultimo appoggio.

Il materiale così acquisito è stato poi trattato con un digitalizzatore e scheda di acquisizione analogico-digitale (12 bit) dell'immagine televisiva collegata ad un PC-286. L'errore massimo nella ricostruzione tridimensionale è risultato pari a 1,2 cm, che rappresenta una buona precisione nel contesto del campo di immagine considerato (8x3 m). Le coordinate così ricavate sono state sottoposte a filtri adeguati onde eliminare gli artefatti tipici (Winter 1979).

### Parametri

Tramite un software dedicato sono state calcolate le variabili fondamentali necessarie all'analisi cinematica. In appendice vengono riportate le definizioni corrispondenti.

### Soggetti

I soggetti e i salti rispettivi considerati, sono riportati nella tabella seguente (Tab. A):

Ai fini valutativi tali atleti possono essere raggruppati in 3 gruppi fondamentali di qualificazione:

*Altissima qualificazione: P.M.*

*Alto livello: E.G., B.G., F.F.*

*Buon livello: A.M., C.M., C.R.*

### Risultati

In primo luogo vengono presentati i valori dei parametri fondamentali (Tab. 1 e Tab 2) di cui viene fatto confronto con i dati presenti nella bibliografia internazionale e in particolar modo con quelli delle analisi dei Giochi Olimpici di Seoul 1988.

Per la lunghezza dell'ultimo passo si riscontrano due valori che si differenziano notevolmente dalla norma (2,56 m per B.D. e 2,60 m per F.F. contro i 2,22 m media finalisti Seoul (6) e 2,01 m media finalisti Campionati del Mondo Roma 1987). L'atleta E.G. evidenzia un netto aumento rispetto ai valori corrispondenti registrati in occasione dei Giochi Olimpici di Seoul (6). I valori del penultimo pass rispecchiano la tendenza nota, cioè che per atleti di alta qualificazione il penultimo passo è maggiore dell'ultimo. Di conseguenza, si rivela che il tragitto di percorrenza (quindi di accelerazione) del CdG durante gli appoggi rispecchia altresì questa tendenza (1,35 m nel penultimo appoggio, salto di 8,84 di P.M. mentre 0,75 m per il salto di 7,60 di C.R.). Questo aumento del percorso orizzontale è accompagnato da un significante abbassamento che risulta appunto, massimo per il saltatore P.M. (7 cm), mentre, per atleti meno qualificati, si osserva persino un inalzamento dello stesso (3 cm per A.M.). A questo abbassamento del CdG corrisponde una lateralizzazione dell'appoggio rispetto allo stesso CdG (20 cm in P.M.) che è altresì concorde con i risultati della bibliografia (6). Anche i tempi di appoggio e di volo corrispondenti dimostrano una tendenza simile ai dati noti, cioè un aumento della durata di appoggio ed una rispettiva diminuzione del tempo di volo passando dal penultimo all'ultimo appoggio. Allo stacco dell'ultimo appoggio, la distanza trasversale (asse Z) sul piano orizzontale tra il CdG e il piede di appoggio (lateralizzazione) è significativamente inferiore (da 0,01 m a 0,06 m) ai valori dei migliori salti

Tabella A

Atleta	Misura	Luogo e data	
1 Powell Mike	8,60 (N)	Sestriè	1990
2 Powell Mike	8,84 (N)	Sestriè	1991
1 Evangelisti Giovanni	8,05 (N)	Genova	1992
2 Evangelisti Giovanni	7,94	Genova	1992
3 Evangelisti Giovanni	8,05 (N)	Genova	1992
1 Bogryanov Dimitry	8,10 (N)	Genova	1992
1 Frigerio Franco	8,13	Sestriè	1991
1 Amisano Marzio	7,73	Sestriè	1990
1 Campus Milko	7,86	Sestriè	1990
1 Coltri Roberto	7,60	Sestriè	1990

della finale olimpica di Seoul (da 0,12 m a 0,24 m). Non sembra esistere correlazione tra questo parametro e la velocità trasversale impressa al CdG. Se si scarta la possibilità di errore dovuta alla strumentazione ed elaborazione dei dati, non sembra quindi che un'aumentata lateralizzazione implichi necessariamente un'elevata velocità trasversale. In effetti la massima velocità trasversale di 0,9 m/s è stata registrata nell'ultimo appoggio del salto di 8,60 di P.M. nel quale la distanza trasversale era di 6 cm. Altresì, nel salto di Powell di 8,84 m, al penultimo appoggio si riscontra una lateralizzazione di 20 cm mentre la velocità trasversale risulta praticamente nulla. Per verificare con accuratezza se gli appoggi (le spinte) producano accelerazioni trasversali è opportuno disporre della contemporanea registrazione delle forze di reazione al suolo.

Per la velocità istantanea del CdG e per il rispettivo angolo di proiezione allo stacco (TO) dell'ultimo appoggio (v. Tab. 2), i valori sono concordi con la tendenza conosciuta. Rispetto ai risultati di altre ricerche (9,6 m/s e 19,8° Seoul 1988) i valori massimi della velocità (specialmente quella orizzontale) risultano leggermente inferiori a parità di misura, ciò è probabilmente dovuto alle tecniche di filtraggio delle coordinate e soprattutto al fatto di utilizzare telecamere non professionali (frequenza di campionamento, sincronizzazione non analogica).

Considerando il penultimo appoggio (cfr. Tab. 2) si nota che la velocità risultante del CdG varia da 11,02 m/s per P.M. a 10 m/s per A.M. e B.G., valori che corrispondono ai dati di altre ricerche (10,83 m/s) (6). È interessante notare che, nel terzultimo appoggio (a TO), del salto da 8,84 m di Powell, la velocità orizzontale è la massima in assoluto (11,00 m/s) e, contemporaneamente, si registra la massima velocità verticale negativa (abbassamento) 0,5 m/s. Solo questo atleta è in grado di realizzare una così

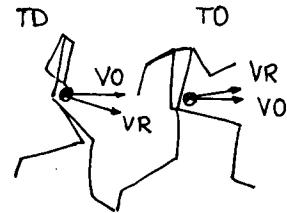
elevata velocità orizzontale ed altresì abbassare il CdG. A tal proposito viene ricordato l'elevato livello di significatività nella correlazione tra la velocità orizzontale del terzultimo appoggio e la prestazione, come dimostrato da altre ricerche (6).

Qui di seguito vengono riportate le variazioni della velocità del CdG dall'istante del contatto (TD) fino allo stacco (TO) negli appoggi corrispondenti. Nei finalisti di Seoul, nell'ulti-

gittale e orizzontale dal primo all'ultimo fotogramma considerati. Nell'ultimo appoggio sono evidenziati gli angoli di inclinazione del corpo al TD e TO e le rispettive distanze orizzontali del CdG rispetto al piede di appoggio come definito nella corrente bibliografia. Nel terzo diagramma (in basso) sono riportati gli andamenti temporali delle velocità angolari delle articolazioni della gamba di appoggio rispettiva; le barrette in neretto deli-

Tabella B

ATLETA	S-1	S	
	DVO=DVR	DVR	DVO
P.M.	-	0,3	0,8
P.M.	0,1	0,5	1,1
E.G.	0,1	0,4	1,0
E.G.	-0,1	0,2	0,8
E.G.	0,3	0,3	0,9
B.D.	0,2	0,4	1,3
F.F.	-0,3	0,1	0,6
A.M.	-	0,5	1,0
C.M.	-	0,2	0,7
C.R.	-	0,5	0,9



mo appoggio, furono riscontrati i seguenti valori medi:  $DVo = 1,45 \text{ m/s}$  (orizzontale, con 1,8 m/s di massimo e 1,1 m/s di minimo) e  $DVr = 0,86 \text{ m/s}$  (risultante, con 1,2 m/s di massimo e 0,6 m/s di minimo).

Variazioni della velocità orizzontale e risultante del CdG durante gli appoggi (Definizione della differenza:  $DV = V_{td} - V_{to}$ ; cioè velocità a TD meno velocità a TO) (Tab. B).

Considereremo ora le relazioni tra i parametri e la misura ottenuta in rapporto al livello di qualificazione (tecnica-condizionale) dei soggetti.

Nella fig. 2 sono riportati i grafici di alcuni parametri essenziali. In alto è raffigurata la posizione assunta dai segmenti corporei (più precisamente dalle linee congiungenti i punti di riferimento) nei singoli fotogrammi (cioè ogni 20 m/s) durante la fase di appoggio (da TD a TO) degli ultimi 2 passi. Viene altresì riportata la traiettoria descritta dal CdG sul piano sa-

mitano la durata dell'appoggio stesso (da TD a TO). Oltre alla diversità nei valori massimi e minimi raggiunti (picchi delle curve) è interessante notare come questi siano più o meno contigui, cioè vicini nel tempo (in fase), nei differenti appoggi.

Per poter individuare i fattori che differenziano i saltatori (le tecniche) rispetto alle misure raggiunte si può studiare quali siano le possibili relazioni di dipendenza fra la prestazione e le variabili considerate. Nelle considerazioni seguenti vengono evidenziate e discusse solo le tendenze che inducono a ipotesi di relazione significativa, poiché, per una verifica statistica attendibile, è necessario disporre di gruppi omogenei più numerosi.

Nella fig. 3 è rappresentata la relazione tra la prestazione e le velocità lineari risultanti degli arti liberi (ginocchio controlaterale, mano omolaterale) durante l'ultimo appoggio ri-

spettivamente, nell'attimo del contatto con il terreno (TD) e dello stacco proprio (TO). Si nota che la velocità della mano omolaterale a TD correla linearmente con la misura a il livello di qualificazione dell'atleta. Per il ginocchio controlaterale questa tendenza viene confermata in modo più evidente a TO, dove appunto, i valori risultano massimi in Powell. Sembra quindi che la velocità risultante sia un parametro da massimizzare all'entrata dell'appoggio.

Al contatto (TD) la velocità del ginocchio risulta generalmente minore di quella rispettiva della mano omolaterale. Questo fenomeno può essere interpretato come una caratteristica coordinativa dell'esecuzione motoria. Naturalmente nella modulazione di questi equilibri entra in gioco anche l'azione della mano controlaterale che in questo studio non ha dimostrato tendenze particolari. È comunque doveroso puntualizzare che, per poter quantificare queste tendenze indicative, è necessario condurre un'analisi dell'energia cinetica totale di tutti gli arti liberi che in questa sede non viene trattata.

Esistendo queste tendenze e differenze significative delle velocità degli arti in alcuni momenti caratteristici del movimento, è lecito chiedersi se, altresì, sia individuabile una tendenza nella variazione della velocità (cioè accelerazioni, decelerazioni) dei singoli arti durante la fase di appoggio (da TD a TO). Qualora ne risultino tendenze significative è ovvio che esse possono essere di grande utilizzo nella scelta e nella valutazione degli esercizi specifici di allenamento.

Nei grafici di fig. 4 sono così riportate le differenze di velocità degli arti in questione durante il penultimo e l'ultimo appoggio. Come si può facilmente notare, durante l'ultimo appoggio, la differenza di velocità (definita come: valore a TD meno quello a TO) della mano omolaterale, evidenzia una correlazione positiva rispetto alla misura, con valori massimi in Powell. La mano ha quindi una velo-

cità maggiore al contatto (TD) che allo stacco (TO) cioè viene decelerata. Nel penultimo appoggio, questa tendenza sembra essere rilevante solo all'interno del livello di qualificazione; cioè, sia per Powell che per gli altri saltatori con l'aumentare della misura aumenta anche la differenza della velocità (decelerazione) per questo arto. Per il ginocchio controlaterale, durante l'ultimo appoggio, la differenza varia ma non in modo lineare, mentre, nel penultimo rimane quasi costante su valori vicini ai 5 m/s. Sembra quindi che in entrambi gli appoggi il ginocchio controlaterale venga accelerato e decelerato in maniera specifica da salto a salto e da soggetto a soggetto, non evidenziandosi quindi una tendenza univoca.

Se questi andamenti delle velocità degli arti liberi forniscono indicazioni sulle caratteristiche di coordinazione e di utilizzo del livello energetico (meccanico) degli stessi, nondimeno la differenza della velocità delle spalle rispetto alle anche (sia a TD che a TO) esprime un indicatore della modalità di trasmissione del moto al livello del tronco e, quindi, con diretta conseguenza sul CdG. Infatti, come si evidenzia nella fig. 5, durante l'ultimo appoggio, nei salti di Powell la differenza è minima sia al contatto che allo stacco e, nel salto da 8,84 m, essa comunque risulta positiva. Ciò indica che il busto viene "centrato" meglio dalla spinta della gamba di appoggio e dall'azione contemporanea degli arti. In effetti, una differenza di velocità tra spalle e anche significa che il busto subisce una rotazione (in avanti se la velocità delle spalle è maggiore e viceversa) che può provocare un'atteggiamento posturale errato durante il volo. Qualora la differenza sia positiva e la prestazione risulti altresì elevata ciò significa che la rotazione del busto viene "controllata" dal movimento degli altri arti liberi. Questo elemento tecnico viene, appunto, ben padroneggiato dal saltatore. P.M. In quasi tutti gli altri salti in effetti, la differenza allo stacco è

negativa, cioè le anche sono più veloci delle spalle (inclinazione, rotazione all'indietro), mentre, al contatto avviene l'opposto, le anche vengono "frenate".

Nel penultimo appoggio la tendenza più evidente riguarda lo stacco, dove la velocità delle anche risulta superiore a quella delle spalle (differenza negativa). Ciò da ragione al fatto di concepire il penultimo passo come un'azione preparatoria allo stacco vero e proprio. Il busto viene quindi accelerato in modo da ottenere un'inclinazione d'arrivo pronunciata (v. l'angolo di inclinazione  $\alpha_{TD}$  nella Tab. 1 e in fig. 2).

Consideriamo ora l'azione precipua della gamba di appoggio. Innanzitutto vengono discussi i valori angolari raggiunti dalle tre articolazioni fondamentali (caviglia, ginocchio eanca) a TD - TO e durante lo stesso appoggio (generalmente i minimi della fase di piegamento).

Nella fig. 6A - D, sono riportati i valori angolari al momento del contatto con il terreno (TD) nei vari appoggi (S-1, S). Si nota che, sia al penultimo (S-1) che all'ultimo appoggio (S), nei saltatori, eccetto Powell, l'angolo al ginocchio e quello dell'anca mostrano una correlazione positiva (i valori aumentano) con il livello della prestazione; per conto in Powell la correlazione risulta negativa (anche per la caviglia).

Nella fig. 6B - E, sono riportati i valori minimi assunti dalle articolazioni durante la fase di supporto. Durante il penultimo appoggio (S-1), per il ginocchio e per la caviglia si constata una correlazione negativa rispetto al livello di prestazione (le articolazioni si chiudono di più), ciò essendo valido anche per l'atleta. P.M. Durante l'ultimo appoggio, invece la tendenza si inverte, nel senso che al crescere della prestazione aumentano di pari i valori degli angoli minimi rispettivi. Da notare che nel caso di Powell l'angolo all'anca non dimostra minimi apprezzabili (nel grafico non esistono i contrassegni corrispondenti), non

subisce cioè alcuna diminuzione durante l'appoggio, bensì aumenta costantemente.

Per quanto riguarda i valori degli angoli al momento dello stacco (fig. 6 C - F) dei relativi appoggi, si riscontra una correlazione generalmente positiva per l'angolo all'anca nel penultimo appoggio! Durante l'ultimo appoggio, per Powell e per altri atleti (salti da 7,80 m a 8,20 m) si evidenzia una correlazione positiva per l'angolo al ginocchio e all'anca, mentre per la caviglia la tendenza è discorda. Un parametro certamente legato funzionalmente alla cinematica del gesto è la velocità angolare delle rispettive articolazioni.

In fig. 7 sono riportati i valori delle velocità angolari delle articolazioni della caviglia, ginocchio ed anca nelle fasi rispettive di piegamento (assorbimento, lavoro cosiddetto eccentrico, D - E - F) ed estensione (propulsione, lavoro concentrato, A - B - C) rispetto ai tre appoggi finali (S, S-1, S-2).

La tendenza più evidente riguarda l'estensione delle articolazioni nel penultimo appoggio (S-1) dei saltatori di buon livello (fino a 8 m). In Powell per contro, nel penultimo appoggio, le estensioni del ginocchio e dell'anca sono sensibilmente meno rapide e questo rende conto di una abilità a trasmettere il moto a baricentro per un tempo lungo, rimanendo "caricati" (raccolti) e sfruttando l'estensione della caviglia oltre all'azione degli arti liberi. Inoltre si constata che in Powell i valori massimi delle velocità angolari della caviglia, del ginocchio e dell'anca sono molto più in fase (cioè vengono raggiunti quasi simultaneamente) sia nel penultimo che nell'ultimo appoggio, rispetto agli altri saltatori (a questo proposito vanno osservati gli andamenti temporali come in fig. 2, che, per ragioni di spazio non riportiamo in questa sede). A conforto di questa ipotesi va notato che nel salto di 8,60 m il picco della velocità angolare dell'anca risulta molto inferiore e sensi-

bilmente "ritardato", rispetto alla caviglia e al ginocchio in riferimento al salto di 8,84.

Per quanto riguarda la fase di ammortizzazione (piegamento) nel penultimo appoggio, all'interno del gruppo di atleti di buona e alta qualificazione, l'andamento per l'articolazione della caviglia e del ginocchio, evidenzia una tendenza positiva, cioè, più è elevata la misura, maggiore risulta la velocità di piegamento mentre, durante l'ultimo appoggio non si notano tendenze apprezzabili. Per Powell, per l'articolazione della caviglia, sembra sussistere una "costanza" di valori sia durante l'ultimo, che durante il penultimo appoggio. Nel ginocchio, invece, considerando l'ultimo appoggio, la velocità di piegamento diminuisce con l'aumentare della prestazione. Va notato che nel terzultimo appoggio (S-2) Powell evidenzia i valori minori assoluti riscontrati per queste due articolazioni, ciò essendo interpretabile come azione di "tenuta" maggiore durante la fase di piegamento (lavoro muscolare di tipo quasi isometrico).

Diversamente, nell'ultimo appoggio, i valori per l'anca si stabilizzano sui 3 rad/s, mentre risultano persino positivi (cioè l'angolo aumenta invece di diminuire) in alcuni tentativi compreso il salto di 8,84 di Powell. In quest'ultimo caso ciò corrella con altrettanti valori elevati della velocità lineare degli arti liberi (cfr. fig. 3). In Powell si riscontra inoltre il valore massimo positivo (6 rad/s) durante il terzultimo appoggio che, appunto, rende conto dei rispettivi valori ridotti per la caviglia e per il ginocchio citati sopra.

Ponendo a confronto i valori angolari minimi raggiunti delle articolazioni con le rispettive velocità angolari si riscontra quanto segue:

- Eccetto che per Powell, nel penultimo appoggio, sia per la caviglia che per il ginocchio ad una diminuzione dei minimi angolari corrisponde un aumento dei valori assoluti della velocità angolare rispettiva di piegamento.

Nel caso di Powell, invece, solo la caviglia dimostra detta tendenza, mentre, per il ginocchio i valori della velocità angolare sono pressoché uguali se non con tendenza al decremento (vedi fig. 6 B e fig. 7 D - E).

- Nell'ultimo appoggio, per tutti gli atleti, i valori minimi angolari del ginocchio e dell'anca aumentano (cioè articolazioni meno chiuse vedi fig. 6 E) con l'incrementare della prestazione; la velocità angolare del piegamento rispettivo del ginocchio risulta maggiore, rispetto a quella del penultimo, solo in alcuni atleti (P.M., F.F. A.M., C.M. cerchi neri più bassi rispetto ai bianchi corrispondenti nella fig. 7E). Il piegamento viene fatto quindi con minor ampiezza e più rapidamente solo in alcuni casi.

Se si confrontano le estensioni articolari, solo per l'articolazione dell'anca, sia nel penultimo che nell'ultimo appoggio, si constata una tendenza concorde in tutti i saltatori dei valori angolari e delle rispettive velocità rispetto alla prestazione. Per il ginocchio va osservato che, solo in alcuni atleti, in particolar modo Powell, alla maggiore estensione nell'ultimo appoggio rispetto al penultimo, si accompagna un'aumentata velocità angolare. Per la caviglia le tendenze sono discordi.

### Conclusioni

Ai fini didattici e valutativi della tecnica si possono trarre le seguenti considerazioni:

- l'abbassamento del CdG nel penultimo appoggio deve avvenire senza grosse perdite di velocità orizzontale e con una lateralizzazione del piede di appoggio che non implica necessariamente una spinta trasversale sul Centro di Gravità corporeo.

- La preparazione dell'abbassamento del CdG avviene già nel terzultimo appoggio, dove si possono ottenere le velocità orizzontali e di abbassamento molto elevate (V. Powell salto da 8,84 m).

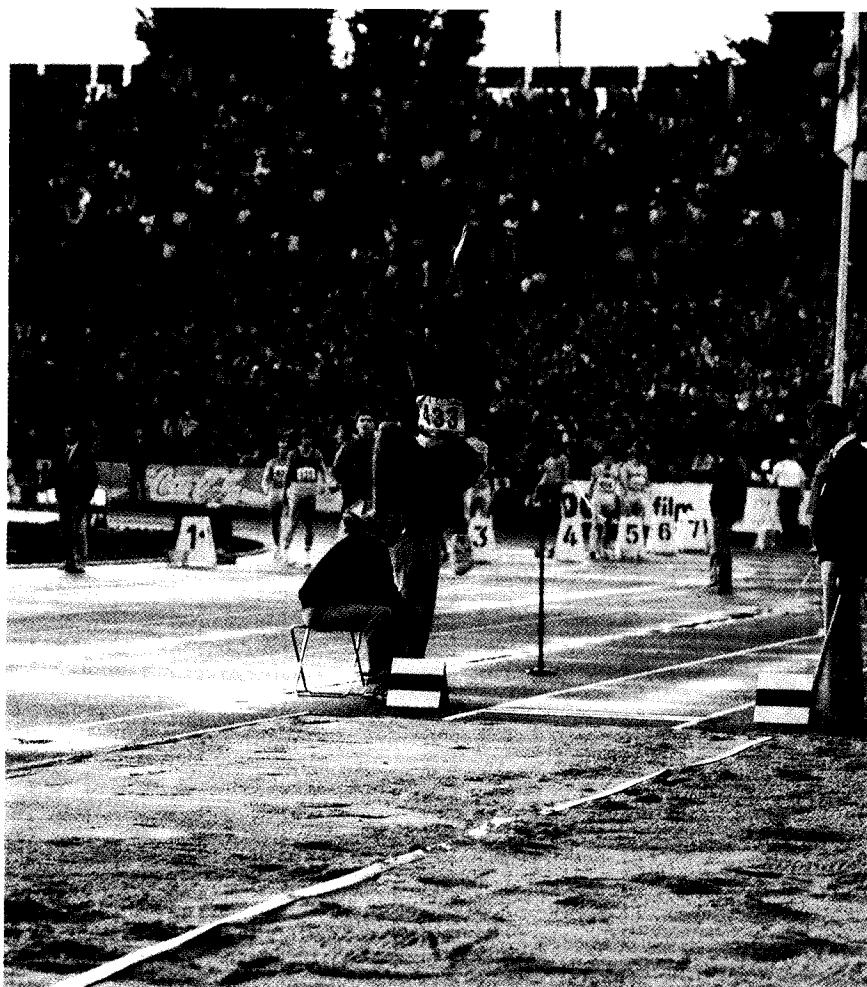
- Nell'ultimo appoggio l'azione che

gli arti liberi eseguono deve essere tale da massimizzare la velocità risultante della mano omolaterale e del ginocchio all'entrata (TD) e, altresì, ottenere una decelerazione consistente all'uscita (TO), specialmente della mano.

- Sempre durante l'ultimo appoggio, la differenza di velocità istantanea tra spalle e anche è un indicatore della trasmissione del moto sul CdG. Tale differenza dovrebbe essere minima o, se positiva (nel senso di una maggiore velocità delle spalle) deve essere accompagnata da un considerevole livello di energia meccanica da parte degli arti liberi. Per conto, nel penultimo appoggio, questa differenza risulta significante, nel senso di una maggiore velocità delle spalle al contatto con il terreno (TD) e, viceversa, delle spalle allo stacco (TO). Quest'ultimo parametro rappresenta un indicatore dell'inclinazione rispetto all'orizzontale che il busto assumerà nel contatto successivo (ultimo appoggio).

- Nella scelta degli esercizi specifici di forza e/o di salti finalizzati all'ottimizzazione degli ultimi appoggi i rapporti tra gli angoli minimi e massimi e le rispettive velocità nonché i valori delle velocità lineari raggiungibili degli arti liberi, rappresentano indicatori obiettivi nella individualizzazione della specificità del carico.

Da quanto sopra esposto si evidenzia la possibilità di diagnosticare caratteristiche cinematiche del gesto che danno informazioni di rilevanza duplice. In primo luogo vengono individuati i parametri cinematici di tipo balistico che, rapportati ai dati dei modelli biomeccanici e statistici, evidenziano possibili carenze di carattere "prettamente" tecnico. In secondo luogo, alcuni parametri identificano caratteristiche coordinative e prestative che vanno considerate nella scelta degli esercizi di allenamento. Qualora anche questi ultimi vengono analizzati con le stesse metodiche e integrati con altre (EMG) il concetto di allenamento individualizzato viene ad essere realizzato in pratica.



#### APPENDICE: DEFINIZIONI DEI PARAMETRI

*S, S-1, S-2:* Ultimo, penultimo e terzultimo appoggio.

*CdG:* Centro di Gravità del corpo.

*TD:* Contatto del piede con il terreno.

*TO:* Stacco del piede.

*Distanze ori..*

*CdG-Piede:* Distanza tra la posizione del CdG e la punta del piede di appoggio considerata lungo l'asse X.

*Velocità risultanti:* vettori risultanti sul piano XY (sagittale) delle rispettive velocità orizzontale e verticale.

*Gi-cl.:* ginocchio controlaterale.

*Ma-cl.:* mano controlaterale.

*Ma-ol.:* mano omolaterale.

*Angoli:* valori assunti dalle rispettive articolazioni a TD e TO e valore minimo ivi compreso (massimo piegamento).

*Altezza CdG:* altezza raggiunta dal CdG negli attimi rispettivi TD e TO.

*Vo:* velocità orizzontale del CdG.

*Vv:* velocità verticale del CdG.

*Vt:* velocità trasversale del CdG.

*Vr:* velocità risultante sul piano XY.

*αVr:* angolo del vettore Vr rispetto all'orizzontale.

*Inclinazione del corpo:* angolo definito dalla congiungente il CdG il tallone (a TD) o la punta (a TO) con l'orizzontale sul piano XY.

*V. ang.:* velocità angolare raggiunta dalle rispettive articolazioni durante l'ultimo appoggio.

Tabella 1 - PARAMETRI ESSENZIALI DURANTE L'ULTIMO APPOGGIO. LE VELOCITÀ ANGOLARI SI INTENDONO RIFERITE ALL'ARO DI APPOGGIO

Tabella 2 - PARAMETRI ESSENZIALI RIFERITI AGLI APPOGGI E AI PASSI. LU-PA E' LA LUNGHEZZA DEL PASSO RIFERITO ALL'APPOGGIO PRECEDENTE (RIGA SOTTOSTANTE)

	Altezza CdG	Distanze ori. CdG-Piede	V <sub>0</sub>	V <sub>v</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>r</sub>	α <sub>Vr</sub>	Inclinazione Corpo	V. ang Cav.	V. ang Gin.	V. ang Anca
Misura	m	m	m	m	m	m	m*s <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>	m*s <sup>-1</sup>
Atleta											
P.M.	8.60	1.02	1.27	0.57	0.31	9.30	3.10	0.90	9.80	18.40	69.00
P.M.	8.84	0.97	1.27	0.76	0.33	9.20	3.40	0.00	9.81	20.00	64.00
E.G.	8.05	0.94	1.24	0.55	0.28	8.85	3.20	0.20	9.41	20.00	70.00
E.G.	7.94	0.95	1.24	0.52	0.28	8.80	3.40	0.10	9.43	21.00	70.00
E.G.	8.05	0.92	1.21	0.62	0.21	8.80	3.30	0.40	9.40	20.00	70.00
B.D.	8.10	0.92	1.28	0.64	0.33	8.40	3.80	-0.15	9.30	25.00	68.00
F.F.	8.13	0.93	1.23	0.71	0.31	9.30	3.20	0.10	9.84	19.00	59.00
A.M.	7.73	0.91	1.18	0.57	0.26	8.50	3.10	-0.10	9.05	20.00	70.00
C.M.	7.86	0.91	1.17	0.57	0.26	8.90	2.90	0.40	9.36	18.00	68.00
C.R.	7.60	0.99	1.23	0.55	0.26	8.90	2.70	0.00	9.30	17.00	73.00

Figura 1 - RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLA STRUMENTAZIONE PER LA REGISTRAZIONE DELLE IMMAGINI. IL SISTEMA DI SINCRONIZZAZIONE NON E' RAPPRESENTATO. LE COORDINATE X, Y, Z DEFINISCONO IL SISTEMA DI RIFERIMENTO INERZIALE. VIENE RAPPRESENTATO IL RETICOLO DI RIFERIMENTO (6 x 2 x 1 m) PER LA RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DELLE COORDINATE.

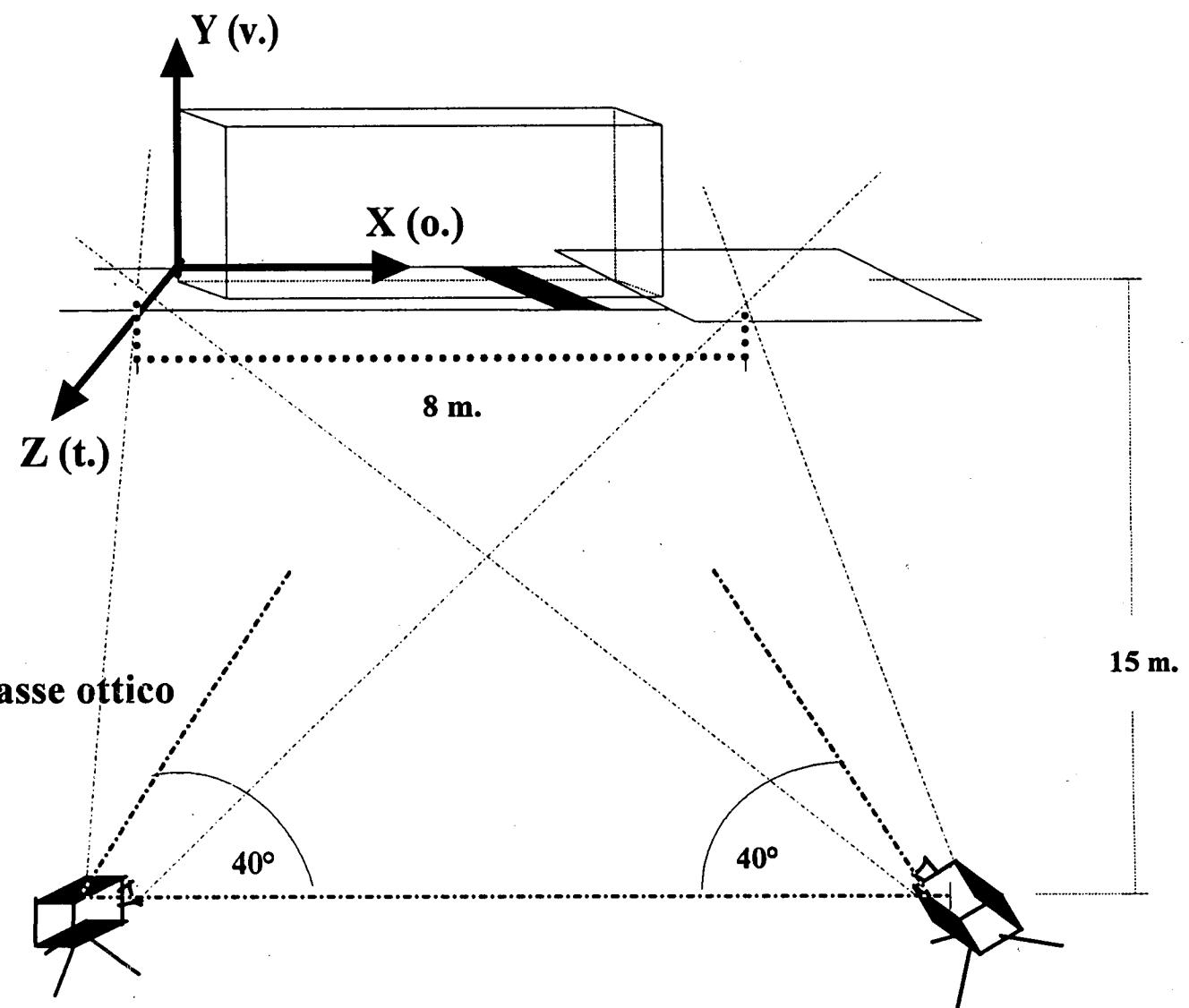


Figura 2 - IN ALTO, POSIZIONE ASSUNTA DAL CORPO DURANTE LA FASE DI APPOGGIO NEGLI ULTIMI DUE PASSI (TRA OGNI FOTOGRAMMA INTERCORRE UN LASSO DI TEMPO DI 20 ms). SOVRAIMPOSTA LA TRAIETTORIA DESCRITA DAL CDG NEL PIANO SAGITTALE. SONO DEFINITI GLI ANGOLI D'INCLINAZIONE E LE DISTANZE TRA IL CDG E IL PIEDE. AL CENTRO, PROIEZIONE DELLA TRAIETTORIA DEL CDG E DELLA POSIZIONE DEI PIEDI SUL TERRENO. SOTTO, ANDAMENTI TEMPORALI DELLE VELOCITÀ ANGOLARI DELLE ARTICOLAZIONI DELL'ARTO DI APPOGGIO. VALORI NEGATIVI: PIEGAMENTI.

Luogo: Sestriere

Misura: 8.84 (N) Atleta: Powell

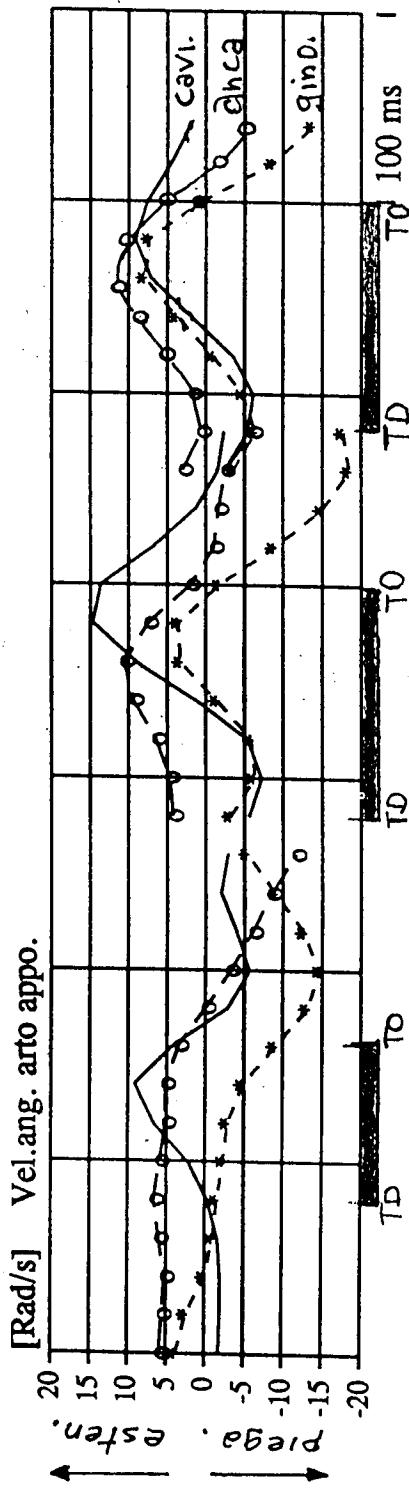
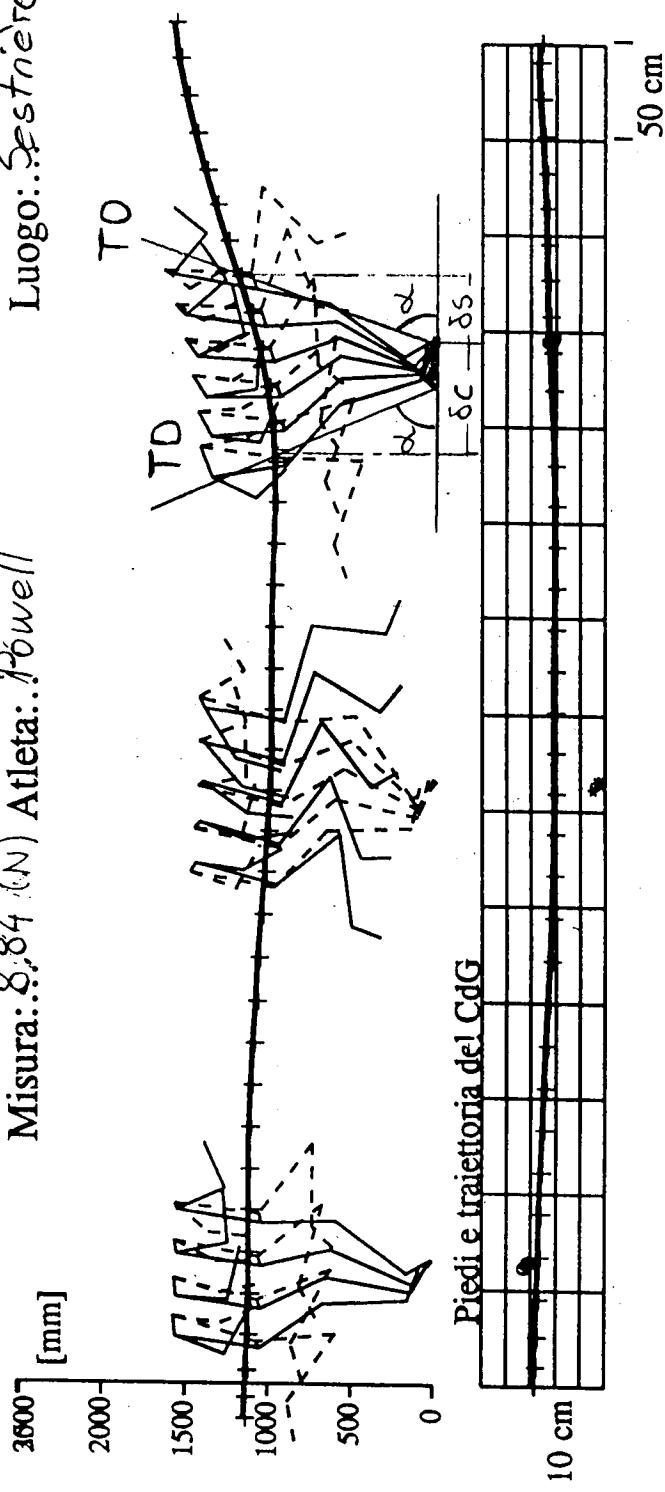


Figura 3 - RELAZIONE TRA LA PRESTAZIONE E LA VELOCITÀ (RISULTANTE) DEGLI ARTI LIBERI (GINOCCHIO CONTROLATERALE, MANO OMOLATERALE)  
AL MOMENTO DEL CONTATTO (TD) E DELLO STACCO (TO) DURANTE L'ULTIMO APPOGGIO.

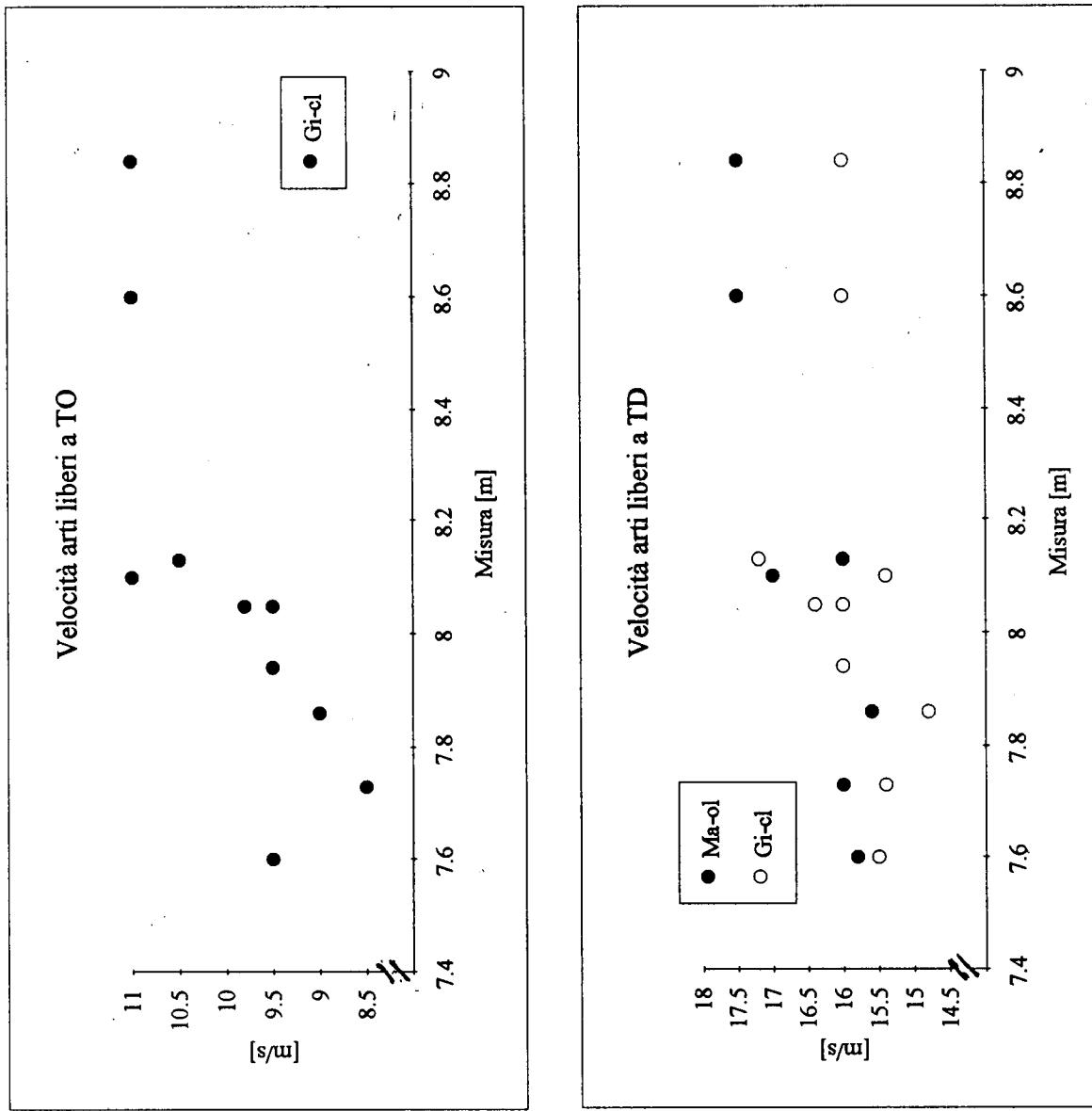


Figura 4 - RELAZIONE TRA LA PRESTAZIONE E LA DIFFERENZA DI VELOCITÀ (RISULTANTE) DEGLI ARTI LIBERI DURANTE LA FASE DI CONTATTO (TD-TO) NELL'ULTIMO (A) E NELL'ULTIMO (B) APPOGGIO.

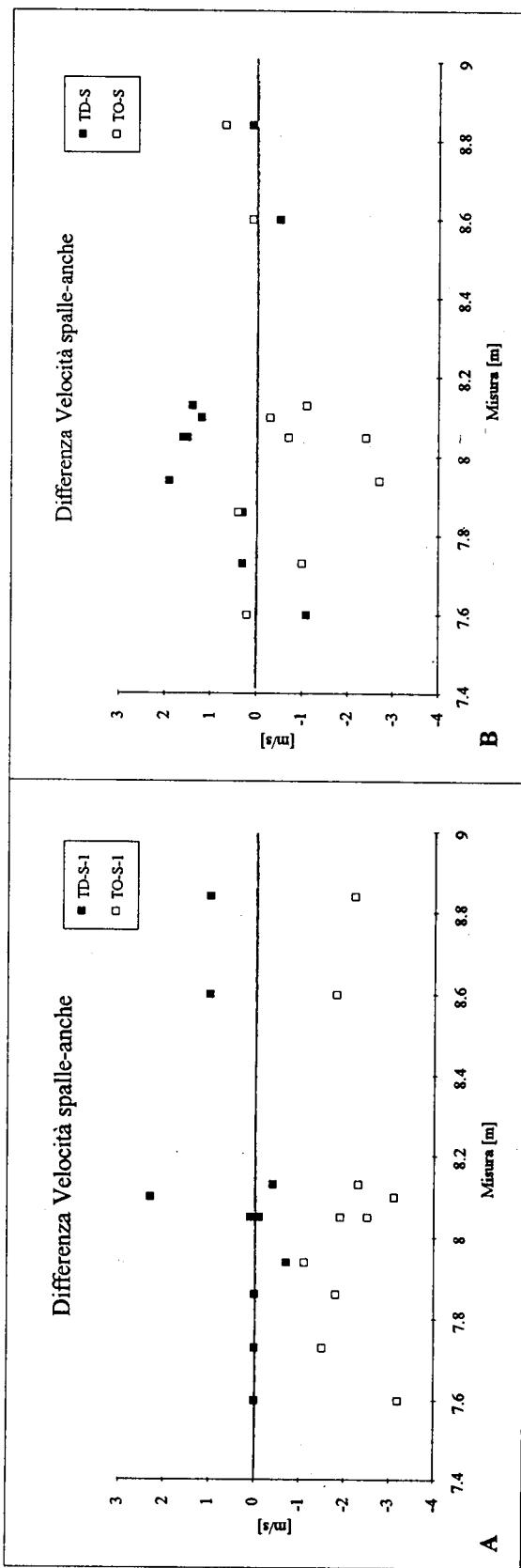


Figura 5 - RELAZIONE TRA LA PRESTAZIONE E LA DIFFERENZA DI VELOCITÀ TRA LE SPALLE E LE ANCHE AL MOMENTO DEL CONTATTO (TD) E DELLO STACCO (TO) DURANTE IL PENULTIMO (A) E L'ULTIMO (B) APPOGGIO.

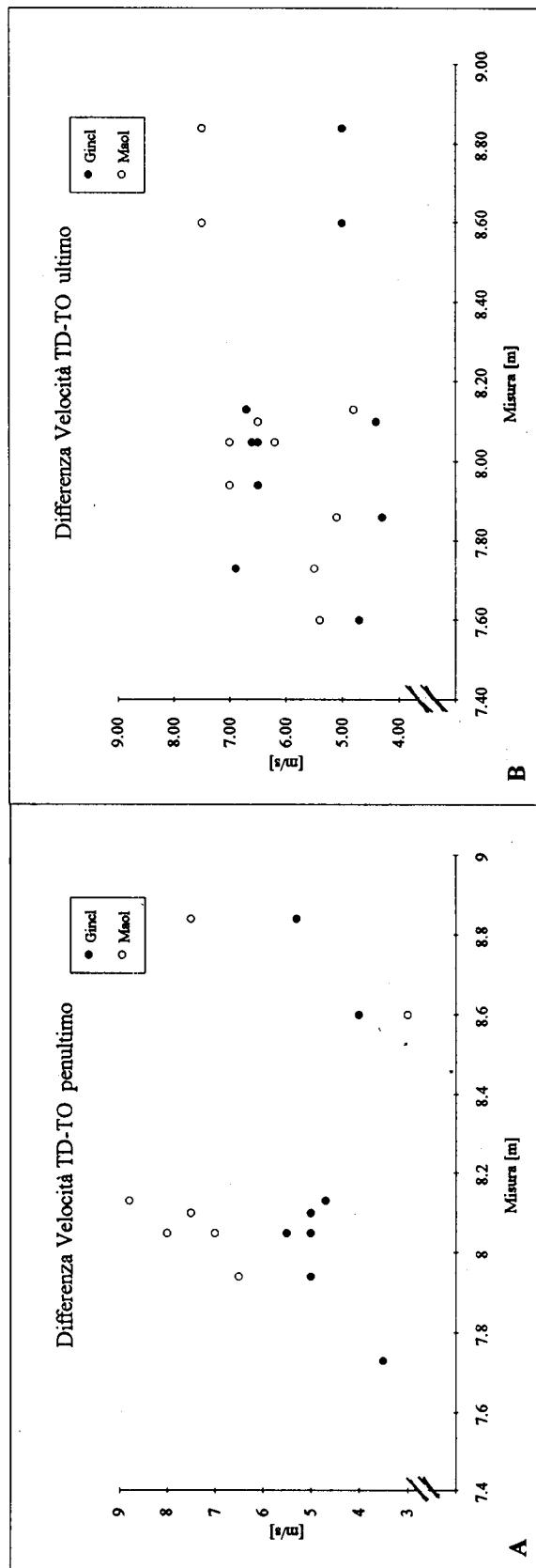
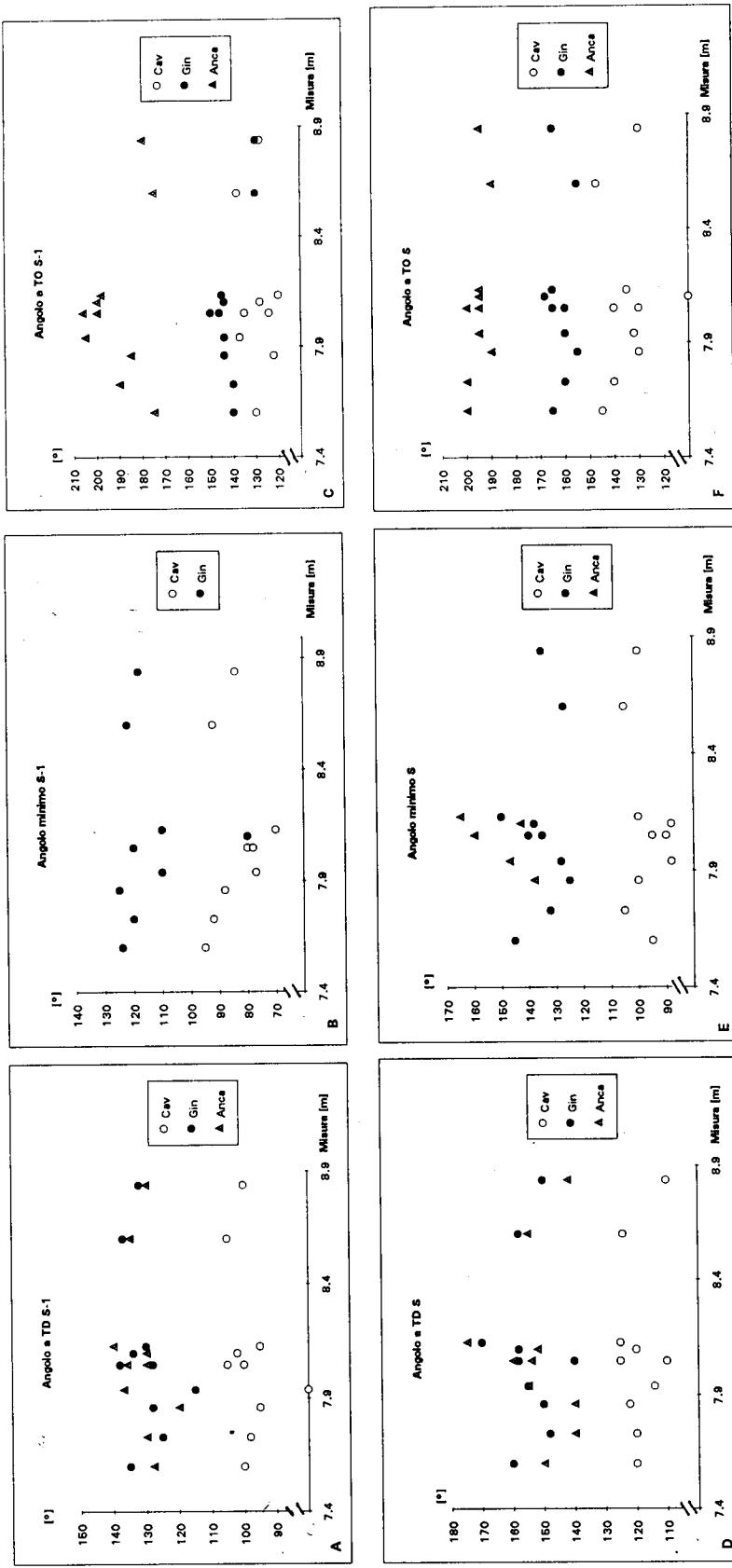


Figura 6 - RELAZIONE TRA LA PRESTAZIONE E I VALORI ANGOLARI RAGGIUNTI DALLE ARTICOLOZI DELL'ARTO DI SUPPORTO AL CONTATTO (TD), ALLO STACCO (TO) E DURANTE QUESTA FASE (minimi). A, B, C VALORI RIFERITI AL PENULTIMO APPOGGIO, D, E, F VALORI RIFERITI ALL'ULTIMO.



## BIBLIOGRAFIA

- 1) ABDEL-AZIS, Y.I., KARARA, H.M.: *Direct transformation from computer coordinates into object space coordinates in close range fotogrammetry*. Proc. ASP-UI Symp. on Close-Range Fotometry, Illinois (1971).
- 2) ALESHINSKY, S.I., TIUPA, V.V., TER-OVANESYAN, I.A., PEREVERZEV, A.P.: *Biomechanical Aspects of the Long Jump Technique (Russian)*. Moscow: State Institute of Physical Culture (1980).
- 3) ANDREEV, Y.V., MIRZAEV, D.G.: *Track and field (Russian)*. Physical Culture, Moscow. Cited in Aleshinsky et al. (1980).
- 4) BALLREICH, R.: *Weitsprunganalyse, Berlin*. Cited in Brüggemann et al. (1980).
- 5) BRÜGGMANN, P., NIXDORF, E., ERNST, H.: *Biomechanische Untersuchungen beim Weitsprung*. Die Lehre der Leichtathletik 40: 1635/36, 1641/42 (1982).
- 6) BRÜGGMANN, P., GLAD, B.: *Scientific Reserach Projectat the games of the XXIVth Olympiad - Seoul 1988*. (1990).
- 7) DIACHKOV, V.M.: *Teaching Track and Field Exercises (Russian)*. Physical Culture and Sport. Cited in Aleshinsky et al. (1980).
- 8) FISCHER, R.: *Weitsprung. Biomechanische Untersuchungen am schweizerischen Weitsprungkader mittles Filmanalyse und Messungen mit der Mehrkomponentenmeßplattform*. Diplomarbeit in Biomechanick, ETH Zürich (1975).
- 9) HATZE, H.: *Computerized optimization of sport motion - Foundations and Methods*. In: Movement analysis by computer for the explosive events in track and field 45-46, Utrecht (1985).
- 10) HAY, J.G.: *The Biomechanics of Sport Techniques*. New York (1973).
- 11) HAY, J.G.: *The Biomechanics of Sport Techniques*. New York (1978).
- 12) HAY, J.G., CANTERNA, R.W., MILLER, J.A.: *The horizontal jumps. A report on the USOC Elite Athlete Project*. T. Tech. 86: 2745-2763 (1983).
- 13) HAY, J.G., MILLER, J.A.: *Techniques used in the transition from approach to take-off in the long jump*. Int. J. Sport Biomech. 1: 174-184 (1985).
- 14) HAY, J.G.: *The biomechanics of long Jump*. Exercise and Sport Sciences Reviews, Vol 14 (1986).
- 15) HAY, J.G., MILLER, J.A., CANTERNA, R.W.: *The techniques of elite male long jumpers*. Journal of Biomechanics, Vol 19, No 10: 855-866 (1986).
- 16) KARAS, V.L. SUSANKA, P., OTAHAL, S., MORAKOVA, E.: *Aktuelle Probleme in der biomechanischen Forschung der Sportlokomotion*. In Baumann (Ed.), Biomechanik und sportliche Leistung (1983).
- 17) KOLLATH, E.: *Biomechanische Analyse weitenbestimmender und gelenkbelastender Größen beim Weitsprung*. Lehre der Leichtathletik 38: 1275-1277 (1980).
- 18) LUTHANEN, P., KOMI, P.V.: *Mechanical power and segmental contribution to force impulse in long jump take-off*. Eur. J. Applied Physiol. 41: 267-274 (1979).
- 19) LUKIN, M.S.: *Change in take off structure because of change in speed of approach in the long jump (Russian)*. Teoria i praktika fizicheskoi Kulturi 5: Cited 1980 in Aleshinsky et al. (1949).
- 20) MANONI, A., LEVA, P.: *Calcolo del grado di efficacia tecnica di un saltatore in lungo*. Atleticastudi, 1-2: 27-37 (1990).
- 21) NIGG, B.M.: *Spung, Springen, Sprünge*. Zürich (1974).
- 22) NIXDORF, E., BRÜGGMANN, P.: *Zur Absprungvorbereitung beim Weitsprung - Eine biomechanische Untersuchung zum Problem der Körperschwerpunktsenkung*. Die Lehre der Leichtathletik 1539-1541 (1983).
- 23) POPOV, V.B.: *Long Jump (Russian)*. Physical Cultureand Sport, Moscow (1983).
- 24) POPOV, V.B.: *The long jump run-up*. T. Tech. 85: 2708-2709 (1983).
- 25) SILUYANOV, V., MAXIMOV, R.: *Speed and strenght in the long jump (Russian)*. Legkaia Athletika 10: 18 (1977). In Yessis Review of Scviet Physical Education and sports 13: 71-73.
- 26) SUSANKA, P., STEPANEK, J.: *Dependence of Resultant Sports Performance on Running Speed in the Long Jump (Czech.)*. (1986).
- 27) TIDOW, G.: *Models technique analysis sheets for the horizontal jumps*. NSA Studies in Athletics 3: 47-62. Rom (1989).
- 28) TIUPA, V.V., ALESHINSKY, S.I., PRIMAKOV, I.N., PEREVERZEV, A.P.: *The biomechanics of the movement of the body's general centre of mass during the long jump (Russian)*. Teoria i Praktika fizicheskoi Kulturi 5 (1982).
- 29) WINTER, D.A.: *Biomechanics of human movement*. New York (1979).

*Indirizzo dell'Autore:*  
Renzo Pozzo  
Via Moro, 7  
33033 Codroipo (VA)