

UN ESEMPIO DI UTILIZZAZIONE DI UN'ANALISI BIOMECCANICA NON COMPLESSA E NON MOLTO COSTOSA, PER LA SCELTA DELL'ORIENTAMENTO DEL PROCESSO DI ALLENAMENTO

F. ANZIL - V. BRAGAGNOLO - L. FRACCHIA - S. ZANON *

Prendendo lo spunto dall'articolo di Bashian (vedi *Atletica Leggera* n. 207), abbiamo intrapreso, anche qui a Udine, un'analisi biomeccanica di questo tipo, nell'intento di verificare se il metodo suggerito potesse essere veramente di qualche utilità per il lavoro del tecnico di campo.

Verso la fine della stagione olimpica 1976, come équipe di tecnici, ci siamo trovati di fronte alla necessità di modificare il tipo di coordinazione degli arti liberi (particolarmente delle braccia), nelle fasi di stacco, in alcuni nostri saltatori in alto adottanti la tecnica Fosbury. Ciò in base a considerazioni biomeccaniche verificate in Finlandia (1) ed a recenti pubblicazioni specialistiche inerenti l'argomento (2).

Da tipi di coordinazione degli arti liberi, allo stacco, che cercavano di imitare gli schemi fondamentali della tecnica del Fosbury classico (3),

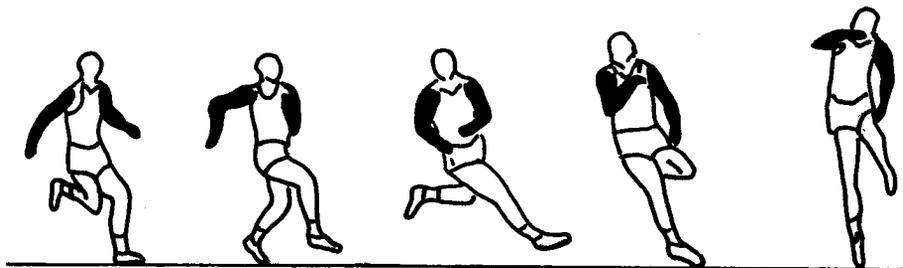
* Con la collaborazione di R. Pozzo e G. Franzolini.

(1) Viaggio effettuato in Finlandia, presso il DEPARTEMENT OF KINESIOLOGY dell'Università di Jyväskylä, nel marzo 1976, per eseguire indagini biomeccaniche alla piattaforma delle forze, con l'atleta Del Forno.

(2) Jy. ČISTJAKOV - Glavnoe - Skorost', *Legkaja Atletika*, N. 11/75.
I. SAL ČENKO, A. SMIRNOV, A. MAISTRUK: *Effektivnost' Ottalkivanja*, « *Legkaja Atletika* » N. 11/75.

A.I. SPAEPEN, E.J. WILLEMS, D.J. DALY: *Vertical Jump - A lab exercise in Biomechanics* - *Hermes* - Vol. IX 5.1976.

(3) Azione coordinativa degli arti liberi nell'ultimo passo della rincorsa e nello stacco del Fosbury classico.



si era stabilito di passare ad un tipo di coordinazione degli stessi arti liberi, allo stacco, propria del ventrale classico (4).

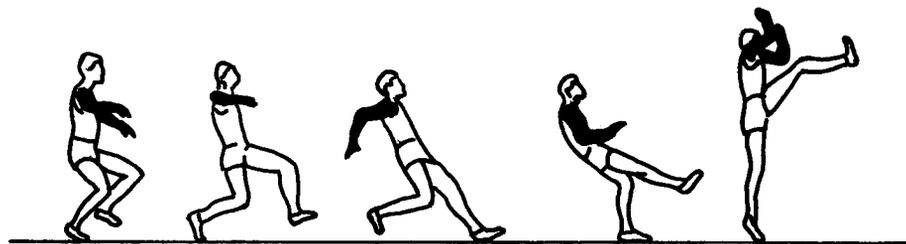
Dopo un periodo di circa 2 mesi di sistematiche esercitazioni del nuovo tipo di esercizio (circa 1000 salti), percorrendo, nella pianificazione, le note fasi che caratterizzano le moderne procedure per la modifica di errori tecnici, onde avere un riscontro che ci risultasse più obiettivo della semplice valutazione ottica dell'azione, abbiamo ritenuto indispensabile una verifica biomeccanica delle acquisizioni motorie di questi nostri atleti, per quanto riguardava il padroneggiamento soddisfacente o meno delle nuove azioni motorie esercitate.

L'analisi visuale ci aveva convinti della permanenza, oltre che di diverse imperfezioni, anche di residui degli schemi motori fondamentali, propri delle tecniche precedenti, per cui, se quest'analisi fosse stata ritenuta esauriente, a nostro giudizio non potevano dirsi acquisite le basi fondamentali delle nuove azioni motorie esercitate.

Tuttavia, data la situazione in cui eravamo (e siamo) costretti ad operare, che ci obbligava a scartare a priori la possibilità di poter disporre di una zona di salto con uno stacco su di una piattaforma (piezoelettrica), collegata con due cineprese ortogonali sincronizzate e, d'altro canto, rendendosi improponibile un altro viaggio all'estero (dopo il noto incidente a Del Forno), per non rinunciare del tutto all'ausilio di un riscontro meno soggettivo della valutazione ottica, decidemmo di intraprendere un'analisi biomeccanica cinematica delle azioni che ci interessavano, usufruendo della ripresa cinematografica e del calcolo grafico delle velocità e delle accelerazioni dei punti antropometrici più interessanti, ottenuto sulla riproduzione stampata del filmato, come suggerito da Bashian.

Nell'occasione, oltre a tre saltatori in alto (Bulfoni, Tomasin, Del Forno), abbiamo analizzato anche una lanciaiatrice di peso (Chiumariello), un triplista (Piapan) e due martellisti (Budai e Zaninotto). Per semplicità, esporremo in questo articolo le procedure, alcuni dati ottenuti ed alcune considerazioni, interessanti soltanto l'atleta Bulfoni.

Sono stati filmati due salti completi a m. 1.65 di cui, in questo studio, viene considerato il primo, con riprese effettuate da una distanza di circa 40 m. dall'atleta, in posizione pressoché centrale, rispetto alla curvatura della rincorsa, cioè sulla prolunga dell'ipotetico raggio di curvatura. All'esterno della curva di rincorsa, sulla pedana, appoggiata



(4) Azione coordinativa degli arti liberi, nell'ultimo passo della rincorsa e nello stacco del ventrale classico.

ad alcuni ostacoli, è stata posta una serie di numeri in progressivo, dipinti su rettangoli di latta di 25x30 cm. di lato, ad una distanza fissa di cm. 100 l'uno dall'altro.

La cinepresa, del tipo Bolex, è stata caricata con pellicola in negativo a 16 mm. La ripresa è stata effettuata a 64 fot./sec., con uno scarto di 8/100 di fotogramma.

Il film è stato sviluppato al negativo e riprodotto su carta, con le dimensioni di 6x9 cm. per ogni fotogramma.

All'atleta sono stati applicati dei segni (cerotti) a croce, di contrasto, sui seguenti punti antropometrici:

- malleolo interno ed esterno della caviglia destra,
- idem sinistra,
- parte interna ed esterna ginocchio destro,
- idem sinistro,
- articolazione coxo-femorale destra,
- idem sinistra,
- articolazione acromio-clavicolare destra,
- idem sinistra,
- articolazione omero-ulnare (gomito) destra,
- articolazione tarso-radiale (polso) destra,
- idem sinistra,

per un totale di 11 punti antropometrici.

Sono stati selezionati 8 fotogrammi, corrispondenti ad un fotogramma ogni tre fotogrammi, della ripresa a 64 fot./sec., per l'azione che ci interessava esaminare (vedi sequenze sopra riportate). Ciò ha permesso di far figurare, in tutti gli 8 fotogrammi prescelti, il numero 19. Lo spigolo superiore destro del tabellone è stato preso come punto di riferimento fisso per il nostro sistema di assi coordinati.

I singoli 8 fotogrammi, numerati in successione, sono stati fissati su di un tavolo da disegno. Su di un foglio trasparente millimetrato sono stati riportati, all'incirca al centro, gli assi coordinati ortogonali ed, iniziando dal fotogramma n. 1, è stata posta l'origine degli assi sullo spigolo destro alto del n. 19 del fotogramma. Con una matita a punta sottile, è stata fatta una crocetta, con accanto il numero 1, sul foglio trasparente, proprio sopra al punto visibile del fotogramma sottostante, corrispondente al segno a croce posto sulla caviglia destra.

L'origine degli assi coordinati del foglio lucido millimetrato (trasparente), è stata poi spostata sul successivo fotogramma n. 2, sempre sullo spigolo alto destro del n. 19 ed è stata fatta un'altra crocetta sempre in corrispondenza al punto visibile della caviglia destra, ponendole accanto il numero 2. E così per gli altri 6 fotogrammi successivi.

Alla fine di questa operazione, la successione di crocette, sul foglio lucido, ha indicato lo spostamento della caviglia destra, in relazione ad un punto fisso (in questo esempio, lo spigolo alto destro del n. 19 - origine degli assi). Poi, con un righello, è stata tracciata la spezzata congiungente le varie crocette, numerate in successione (Fig. 1).

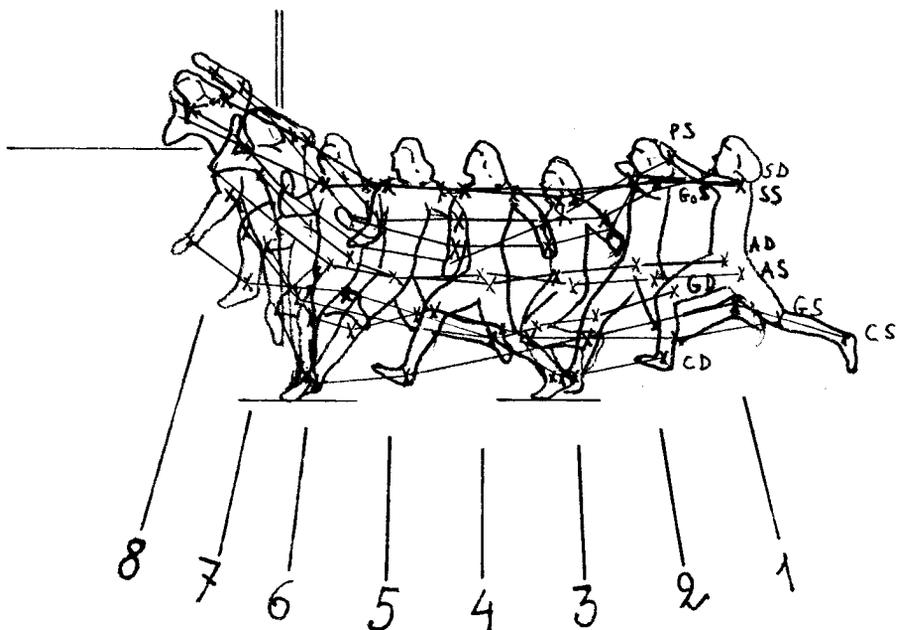


Fig. 1 - Diagramma illustrante l'andamento delle varie spezzate dei punti antropometrici presi in considerazione, nella sequenza delle 8 fasi corrispondenti ai fotogrammi in successione.

Con un compasso, poi, sono state misurate, riferendole a una scala millimetrata, le lunghezze dei singoli segmenti della spezzata, congiungenti ogni successiva crocetta numerata, ed i valori sono stati ordinati in una matrice (vedi tabella n. 1).

In un ulteriore sistema di assi coordinati cartesiani, sono state riportate, poi, in una scala scelta a piacere, sulle ascisse le successive posizioni numerate, corrispondenti ai singoli fotogrammi e sulle ordinate i valori della lunghezza dei segmenti congiungenti le crocette presi dalla matrice riportata nella tabella n. 1, in corrispondenza dei relativi fotogrammi, in successione numerica.

Tabella 1 - Matrice dei dati corrispondenti alla lunghezza dei segmenti per ciascun punto antropometrico e per le fasi rappresentate dai fotogrammi dal 2 all'8. La misurazione è stata effettuata con un compasso e moltiplicata per 3, per ragioni di chiarezza. Rappresenta la velocità.

GoS	SD	SS	CD	CS	GS	GD	AS	AD	PD	PS	
21	33	33	40,5	48	42	23	36	36	24	15	2
22,5	36	36	4,5	58,5	57	24	33	33	30	24	3
21	27	39	4,5	75	39	15	36	27	37,5	27	4
36	27	30	30	37,5	33	27	36	39	36	37,5	5
33	30	25,5	60	4,5	18	51	15	27	39	42	6
48	37,5	36	42	6	6	36	24	30	30	54	7
28,5	31,5	33	30	27	6	15	33	31,5	27	30	8
											Fotogrammi

Naturalmente, trattandosi di 8 fasi, per il diagramma delle velocità si ottengono 7 coordinate e per quello delle accelerazioni, 6. Ciò è dovuto al fatto che è necessario riferire la misura all'estremo del segmento. Così, nel diagramma delle velocità, la prima ordinata, iniziando da sinistra, corrisponde al fotogramma 2 ed in quello delle accelerazioni, la prima ordinata, iniziando da sinistra, al fotogramma 3.

Congiungendo i valori delle ordinate corrispondenti ai fotogrammi, per ciascun punto antropometrico considerato è stato ottenuto l'andamento della velocità relativa del punto stesso (vedi grafico della Fig. 2).

(Per la velocità assoluta, facendo riferimento alla distanza fissa di

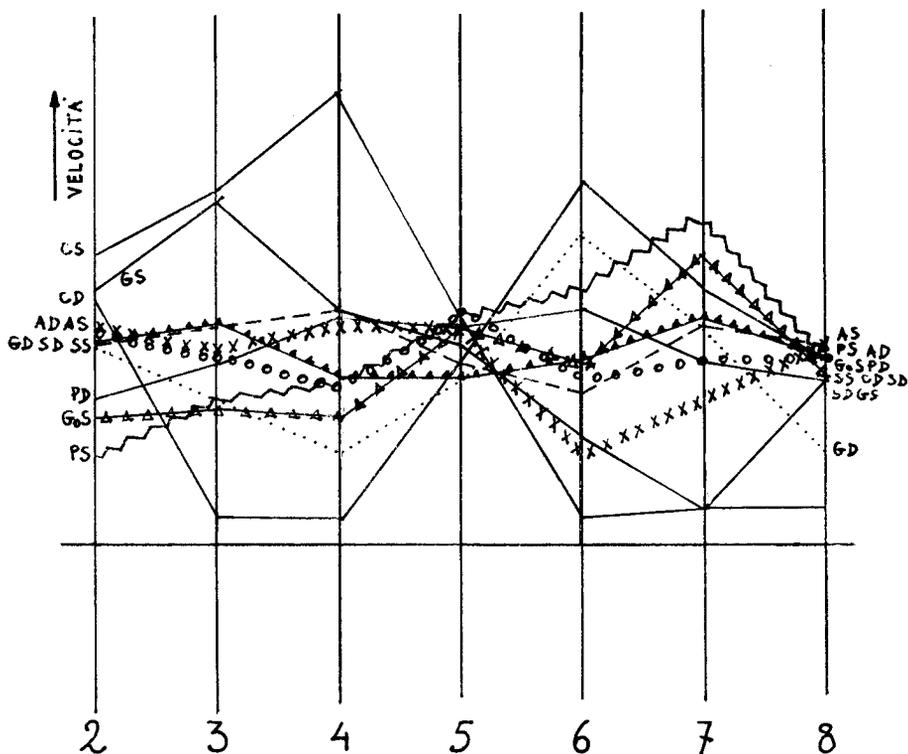


Fig. 2 - Grafico illustrante l'andamento delle velocità dei punti antropometrici considerati.

Sulle ascisse sono riportate in successione, dal n. 2 al n. 8, le fasi corrispondenti ai fotogrammi; sulle ordinate, i valori delle lunghezze dei segmenti corrispondenti e ciascuna fase, componenti la spezzata, per ogni punto antropometrico preso in considerazione.

CS = caviglia sinistra
 GD = ginocchio destro
 GS = ginocchio sinistro
 AD = anca destra
 AS = anca sinistra

SD = spalla destra
 SS = spalla sinistra
 GoS = gomito sinistro
 PD = polso destro
 PS = polso sinistro

100 cm. tra un tabellone e l'altro, si è potuto facilmente stabilire il rapporto in scala con il grafico).

In un'altra matrice, sono state riportate le relative differenze algebriche tra le lunghezze dei successivi segmenti della spezzata (vedi tabella n. 2), ed è stato approntato, con lo stesso procedimento, un secondo diagramma (vedi grafico della Fig. n. 3) che, sulle ordinate cor-

Tabella 2 - Matrice dei dati corrispondenti alla differenza successiva tra le cifre in colonna nella matrice della tabella 1. Rappresenta l'accelerazione.

GoS	SD	SS	CD	CS	GS	GD	AS	AD	PD	PS	
+ 1,5	+3	+ 3	-36	+10,5	+15	- 9	- 3	- 3	+ 6	+ 9	3
- 1,5	-9	+ 3	0	+16,5	-18	- 9	+ 3	- 6	+ 7,5	+ 3	4
+15	0	- 9	+25,5	-37,5	- 6	+12	0	+12	- 0,5	+10,5	5
- 6	+3	- 4,5	+30	-33	-15	+24	-21	-12	+ 3	+ 4,5	6
+18	+7,5	+10,5	-18	+ 1,5	-12	-15	+ 9	+ 3	- 9	+12	7
-19,5	-6	- 3	-12	+21	0	-21	+ 9	+ 1,5	- 3	-24	8
											Fotogrammi

rispondenti ai relativi fotogrammi, riportava le differenze tra le lunghezze dei successivi segmenti della spezzata congiungente le posizioni di ogni singolo punto che, come abbiamo visto, rappresentano la velocità.

Si è così ottenuto l'andamento grafico delle accelerazioni e delle decelerazioni corrispondenti alle fasi prese in considerazione e per ciascuno degli undici punti antropometrici considerati.

Breve discussione di alcuni risultati

Riteniamo utile riportare, in questa discussione, soltanto un aspetto delle svariate considerazioni che sono state tratte dai risultati dell'analisi, per restare nella schematicità che ha caratterizzato questo nostro articolo, al fine di non disperdere l'attenzione del lettore nella disamina di altre risultanze.

Da un'analisi ottica dello sviluppo su carta degli 8 fotogrammi in successione, sembrerebbe confermata la nostra convinzione, già segnalata all'inizio, che alcuni schemi fondamentali della cosiddetta « vecchia tecnica », siano presenti in questa esecuzione dell'atleta Bulfoni. Infatti, dal fotogramma 3, al fotogramma 5, si nota una rotazione del busto, attorno al suo asse longitudinale, che porta la spalla destra molto più avanti della sinistra, come avviene nella tecnica del Fosbury classico in questa fase. Naturalmente, in questo caso, l'azione degli arti liberi superiori non può apparire soddisfacente, se essi tentano di imitare un'azione simile a quella del ventrale classico, con questa situazione delle spalle. Essi dovrebbero svolgere un'azione conseguente a queste premesse e cioè simile a quella del Fosbury classico (3). Il fotogramma 1, invece, mostra che l'atleta era intenzionata a svolgere un'azione di coordinazione degli arti liberi superiori, allo stacco, simile a quella del ventrale classico (4). Il fatto di introdurre, allora, un'azione tipica

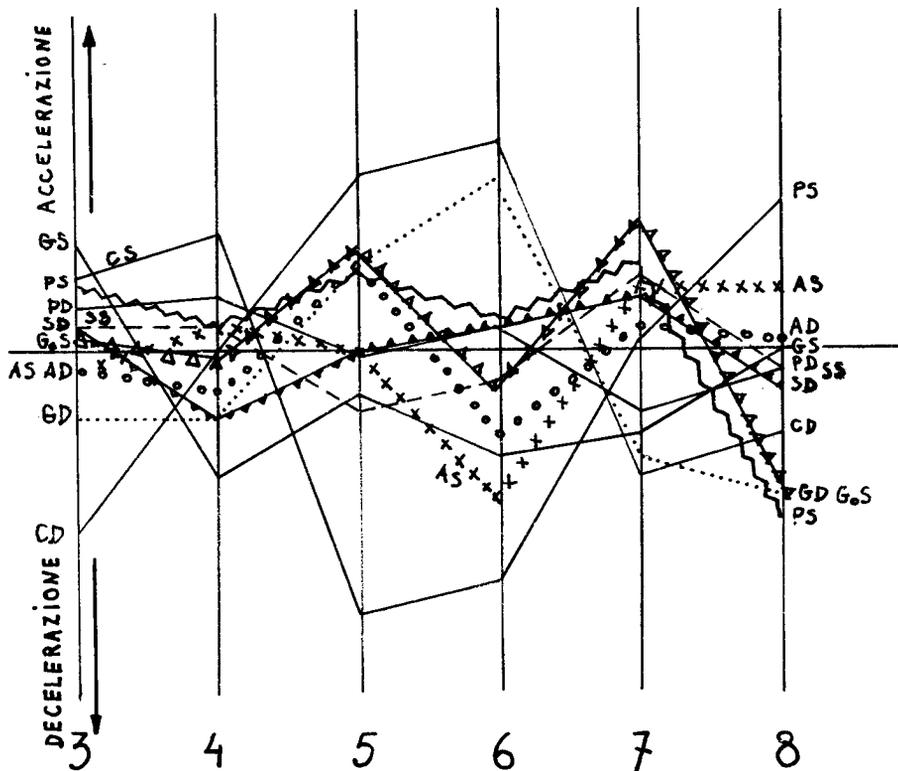


Fig. 3 - Grafico illustrante l'andamento dell'accelerazione e della decelerazione dei punti antropometrici considerati.

Sulle ascisse sono riportate in successione, dal numero 3 al n. 8, le fasi corrispondenti ai fotogrammi; sulle ordinate, i valori della differenza delle successive lunghezze dei segmenti corrispondenti a ciascuna fase, componenti la spezzata, per ogni punto antropometrico preso in considerazione.

del Fosbury classico, facilmente potrebbe far concludere per un insufficiente padroneggiamento di questa tecnica, da parte dell'atleta e per una permanenza degli schemi della tecnica precedentemente adottata dalla nostra atleta (Fosbury classico). Le implicazioni metodologiche e di orientamento dell'allenamento verrebbero dunque notevolmente influenzate dall'accettazione di questo tipo di valutazione.

Un'attenta analisi delle risultanze della nostra indagine, invece, ci rileva come questa valutazione, quantunque visivamente giustificata, non è sufficientemente approfondita, perché si sofferma quasi esclusivamente sul rilevamento ottico di certi atti motori, piuttosto che sulle cause che li producono.

Analizzando, per esempio, l'andamento del grafico risultante dalla somma algebrica delle accelerazioni e decelerazioni dei punti AS e AD (corrispondenti all'anca destra ed all'anca sinistra — vedi grafico della Fig. 4b) e confrontandolo con quello analogo dei punti SS e SD

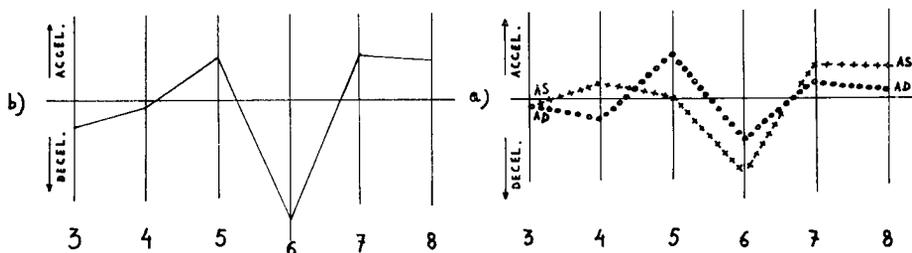


Fig. 4 - a) Andamento grafico dell'accelerazione e della decelerazione dell'anca sinistra AS (linea + + + + +) e dell'accelerazione e della decelerazione dell'anca destra AD (linea o o o o o), nella successione dei fotogrammi, dalla fase 3, alla fase 8.

b) Andamento grafico della somma algebrica delle ordinate delle due curve riportate in Fig. 4 a, per medesime situazioni dell'ascissa (fasi).

(corrispondenti alla spalla sinistra ed alla spalla destra — vedi grafico della Fig. 5 b) in relazione ad ogni fotogramma si nota che, all'inizio del grafico (fase n. 3), le anche sono in netta fase di decelerazione, mentre le spalle sono in netta fase di accelerazione.

Basterebbe questa considerazione a spingerci alla ricerca di un'altra causa, nella spiegazione del rilevamento ottico dello scivolamento in avanti della spalla destra dell'atleta, riscontrabile nei fotogrammi corrispondenti alle fasi 4 e 5, che non sia quella della permanenza di schemi motori propri della vecchia tecnica.

Infatti, se potessimo pensare di ottenere, invece, valori sui due grafici presi in considerazione, che indicassero AS in fase di accelerazione ed SS in fase di decelerazione, in corrispondenza della fase 3, questa presunta permanenza di « vecchia tecnica » intuitivamente scomparirebbe, perché le anche non permetterebbero alle spalle « di scappare in avanti » e, particolarmente, l'anca sinistra non permetterebbe alla spalla destra di « scappare in avanti ».

Anche le braccia, allora, potrebbero completare in modo soddisfacente la loro azione coordinativa allo stacco, con una procedura simile a quella del ventrale classico, perché non sarebbero costrette a tagliare i tempi, come accade nella sequenza fotografica qui riportata.

Evidentemente, allora, la causa di questa insoddisfacente azione motoria della nostra atleta va ricercata nel suo stato condizionale in quel momento, che non gli ha permesso di ottenere un ritmo di salto, in cui l'azione motoria dell'ultimo passo fosse la più veloce, in riferimento alle azioni motorie corrispondenti agli ultimi 3 passi prima dello stacco.

L'allenamento in base a quest'analisi più approfondita, potrà orientarsi su altri obiettivi che non siano esclusivamente quelli di un'insisten-

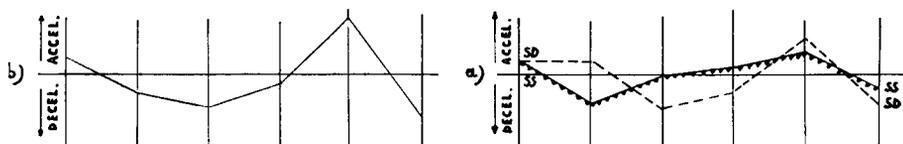


Fig. 5 - a) Andamento grafico dell'accelerazione e della decelerazione della spalla sinistra SS (linea dentata) e dell'accelerazione e della decelerazione della spalla destra SD (linea -----), nella successione dei fotogrammi, dalla fase 3, alla fase 8.

b) Andamento grafico della somma algebrica delle ordinate delle due curve riportate in Fig. 5a, per medesime situazioni dell'ascissa (fasi).

za concentrata nelle procedure di apprendimento e padroneggiamento di questa « nuova tecnica », prendendo così un aspetto molto diverso da quello che avrebbe avuto, se ci fossimo fermati all'accettazione di una valutazione soltanto visiva del salto (anche se si trattava delle sequenze fotografiche rallentate).

E, naturalmente, è ovvio che questo fatto, per la pratica giornaliera del campo, è un risultato di rilevante importanza, che certo non può essere trascurato dal tecnico attento ad ogni procedimento che possa rendere il proprio lavoro un po' meno empirico e meno soggettivo, di quanto non sia costretto ad essere, ancor oggi, qui da noi.

CONCLUSIONI

Con questo esempio, che pure abbiamo voluto tenere nel massimo della schematicità, ci pare di aver illustrato come si possa, almeno in parte e con una modica spesa, venire incontro all'esigenza manifestata ripetutamente dai tecnici di campo, di ricorrere a criteri di valutazione delle azioni tecniche, che non siano basati soltanto sull'abilità dell'occhio del tecnico, ma che invece siano sostenuti da strumentazioni e procedure il più possibile oggettivi.

Bashian, nell'articolo segnalato, ha parlato di un'analisi biomeccanica sufficientemente indicativa per 4 dollari. Noi abbiamo speso un po' di più, non mettendo nel conto la buona volontà e l'entusiasmo. Tuttavia, il metodo suggerito, a nostro parere, può essere utilmente applicato a livello di pratica di campo.

Naturalmente, nella nostra analisi, la precisione non è stata molto

elevata, anche per i forti errori di parallasse presenti nella ripresa, che è stata fatta da una distanza troppo breve.

In ogni caso, ai tecnici italiani consigliamo l'applicazione di questo tipo di analisi, con il suggerimento di effettuarla, ove possibile, nelle condizioni proprie delle competizioni.