



## METODI BIOMECCANICI NELL'ALLENAMENTO DEL LANCIO DEL MARTELLO. ASPETTI SUI PROCESSI INFORMATIVI

Renzo Pozzo, *collaboratore del Centro Studi & Ricerche Fidal*

### 1. Introduzione

L'analisi dell'organizzazione del movimento ha assunto una importanza via via sempre più crescente in molti campi (clinica riabilitazione, fisiologia del lavoro, ecc.). Nonostante la notevole mole di dati ottenuti in differenti campi di ricerca teorico-pratici, l'applicazione diretta nella prassi sportiva risulta ancora poco sistematica se non sporadica.

L'operatività dell'allenatore è tesa verso la possibilità di intervenire, modificandolo, nel fenomeno del movimento. Egli opera quindi come "manipolatore" di un sistema (autoregolantesi), che nella sua struttura non è dissociabile arbitrariamente secondo paradigmi puramente descrittivo-logici. Il compito ultimo dell'allenatore quindi consiste nel promuovere, stimolare quelle caratteristiche funzionali che stanno alla base della struttura di quel sistema, rispettando altresì gli aspetti gerarchici funzionali.

In questo lavoro si è cercato di presentare alcune proposte alternative in relazione all'operatività sopra menzionata.

### 2. Problematica

Il lancio del martello è un movimento molto complicato nel quale le forze e i momenti di inerzia hanno una grande influenza. Non molto frequenti sono le analisi cinematiche e dinamiche complesse (Dapena 1984, 1986). Poiché il sistema lanciatore-attrezzo (L-A) trasla oltre che ruotare, va considerato un asse di rotazione momentaneo e, corrispondentemente, può essere definito solamente un raggio istantaneo di curvatura della traiettoria dell'attrezzo (fig. 1). La forza esercitata sul filo del martello è legata alla forza centripeta da una funzione trigonometrica (fig. 2) Inoltre, la forza peso dell'attrezzo, più propriamente le sue componenti, agiscono diversamente agli effetti dell'incremento di velocità, a seconda se il martello si muove dal punto basso al punto alto della sua traiettoria o viceversa (Dapena 1984).

In generale, fra la velocità orbitale e la forza centripeta (risp. centrifuga) valgono le seguenti condizioni:

$$r = (F_{zp} + F_{hp})/m \quad (1)$$

$$ar = V^2/r \quad (2)$$

$$F_{zp} = (m V^2/r) - F_p \quad (3)$$

Come conseguenza immediata delle relazioni sopra riportate, a parità di incremento della velocità orbitale (V) una diminuzione del raggio comporta un considerevole aumento della forza centripeta essendo questa in funzione del quadrato della velocità. La componente centripeta (Fhp) della forza peso dell'attrezzo agisce positivamente sulla velocità orbitale (incremento) quando il martello viaggia dal punto alto al punto basso e viceversa. Fzt è quella forza che agisce direttamente sull'incremento della velocità orbitale (V). Poiché il filo d'acciaio non consente alcuna azione tangenziale diretta sulla sfera, tale effetto può essere realizzato solo quando la forza esercitata sul filo (Fz) forma un angolo (nel piano di rotazione) con il raggio di curvatura istantaneo (cfr. fig. 2). Da quanto esposto risulta evidente che una semplificazione del modello biomeccanico di questo movimento, come sovente è riscontrabile nel campo pratico, è alquanto gratuita o comunque non sostenibile senza difficoltà.

Dati sperimentali riguardo la forza Fz vengono forniti da vari autori. Pataki e Ramacsay (1981) hanno rilevato valori

superiori a 3000 N la forza Fz in lanci di 75 m; valori considerevolmente inferiori (3000 N in lanci di 80 m) sono riportati da altri autori per quanto riguarda la forza centripeta effettiva (Fzp) (Dapena 1986, Brüggemann 1986).

Dal confronto dei dati di analisi cinematiche e dinamiche di diversi atleti si evidenziano due caratteristiche interessanti (figg. 5 e 6):

- una traiettoria quasi circolare e comunque molto regolare del martello (ris. un raggio relativamente costante);
- una riproducibilità relativamente elevata dell'andamento della forza Fz.

Dal punto di vista dinamico, il lanciatore deve realizzare due compiti principali (figg. 2 e 3):

a) Mantenere l'equilibrio del sistema L-A durante l'intero movimento (3-4 giri) evitando, contemporaneamente, perdite considerevoli di energia cinetica dell'attrezzo.

b) Aumentare ininterrottamente la velocità del martello (V in fig. 3c); produrre cioè una accelerazione relativamente costante.

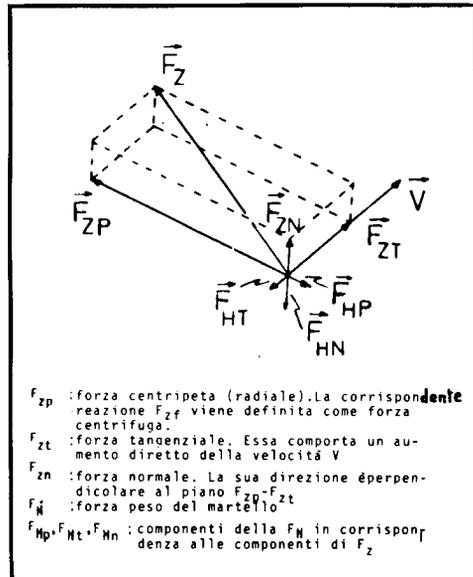
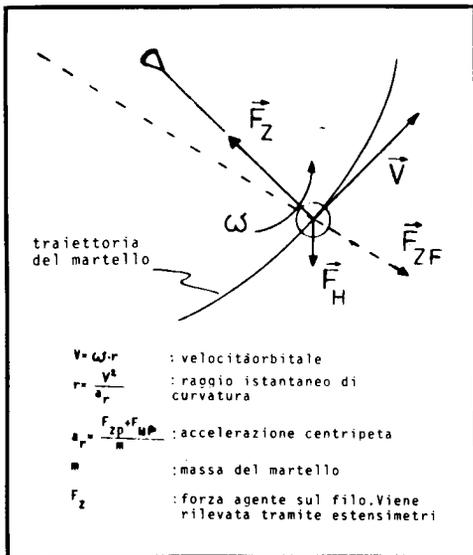


Fig. 1 - Forza di trazione (Fz), forza peso (Fh), forza centrifuga (Fzf) e velocità angolare ( $\omega$ ) e orbitale (V) nel lancio del martello.

Fig. 2 - Componenti delle forze rispetto al vettore V.

A tal fine l'atleta deve essere in grado, rispettivamente, di:

a) Conservare una stabilità dinamica (v. omogeneità nella configurazione spaziale delle masse corporee) del sistema L-A con particolare riguardo alle oscillazioni verticali periodiche dell'attrezzo.

b) Minimizzare i disturbi della struttura ritmica del movimento (v. variazioni dell'energia cinetica dell'attrezzo) specialmente nel passaggio dalla fase di doppio appoggio a quella di singolo appoggio.

Da quanto detto, assume un particolare significato il poter disporre di mezzi e metodi che permettano la rivelazione diretta delle caratteristiche cinematiche e dinamiche fondamentali del movimento e altresì contribuiscano alla correzione dei cosiddetti errori tecnici.

Prima di esporre le metodiche in oggetto e i relativi risultati, saranno trattati aspetti teorici della regolazione motoria e

dei processi di elaborazione dell'informazione.

### 3. Informazione e apprendimento motorio

Secondo una concezione biofisica e psicobiologica moderna, il movimento umano è concepito come il risultato dell'adattamento di un sistema biologico rispetto alle condizioni ambientali e in relazione agli scopi precipui del sistema. Una caratteristica fondamentale di questi sistemi è la capacità di rilevare le variazioni degli scambi fra le condizioni esterne (ambiente) ed interne (organismo). Questa capacità viene condizionata dalla funzionalità dei sistemi percettivi (struttura biologica e integrazione funzionale). Da un punto di vista neurofisiologico-comportamentale, la fase sensoria (efferenze) e la fase motoria (afferenze) sono da considerarsi come una unità fun-

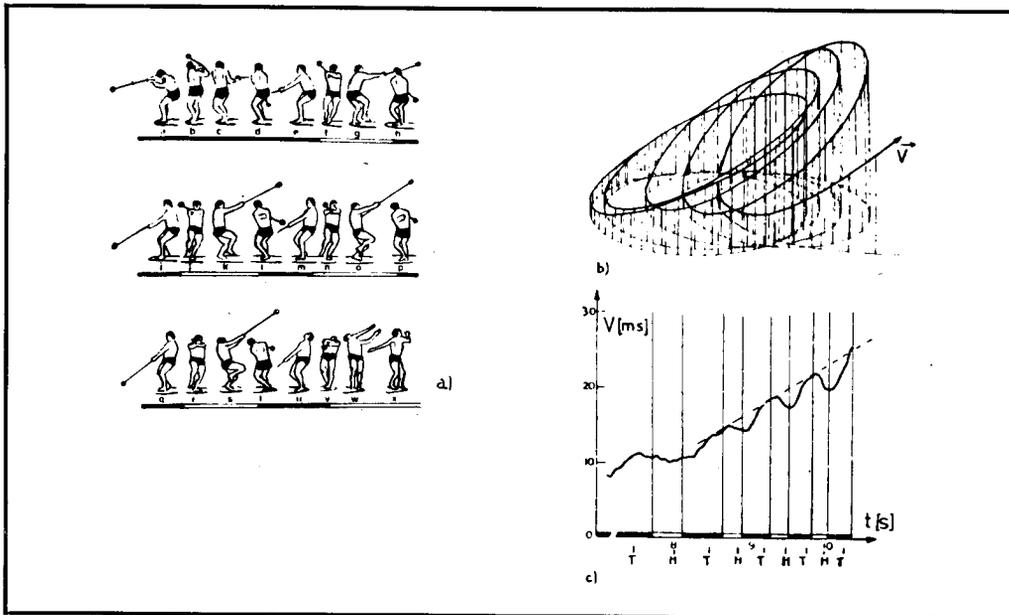


Fig. 3 - a) Cinegramma di un lancio a 4 giri. Le linee in nero e bianco rispecchiano rispettivamente le fasi a doppio e singolo e a singolo appoggio (Dapena 1984).

b) Rappresentazione tridimensionale della traiettoria del martello e le sue proiezioni al suolo. Ogni due linee verticali intercorre un tempo di 0,02 s. (Dapena 1984).

c) Andamento temporale della velocità orbitale del martello. Le lettere T e H indicano gli istanti in cui il martello si trova nel punto più basso ris. più alto. La linea tratteggiata indica la tendenza quasi lineare dell'andamento (Dapena 1984, modificato).

zionale (integrazione sistemica) che è alla base di ogni azione umana, ovvero comportamento motorio (Reed 1982). Questa fenomenologia può essere ricondotta fondamentalmente alle caratteristiche funzionali del sistema nervoso centrale (SNC) e più precisamente alla capacità di autointegrazione a vari livelli gerarchici (fino al livello di coscienza) e sistemici (p.e. con il sistema endocrino) che il SN esplica nei vari stati operativi (comportamenti motori).

In questa ottica, l'informazione è una grandezza non meramente simbolica (contenuto astratto-logico), bensì una variabile (bio)-fisica che genera, appunto, degli scambi energetici nelle interrelazioni del sistema con l'ambiente e/o con se stesso. Se fra la struttura dell'informazione e la struttura del movimento sussiste una inomogeneità (incongruenza nella affinità degli elementi costitutivi),

allora si possono generare degli effetti di ridondanza nei processi di organizzazione del sistema, cioè nella regolazione e controllo motori.

L'informazione diventa tanto più efficace tanto meno fuorviante risulta il suo contenuto. In altri termini, tanto minori sono le procedure di decodificazione prima che le rispettive variazioni del comportamento motorio abbiano luogo. Ciò implica la considerazione del rapporto fra l'informazione e i vari livelli e processi di memorizzazione, nel senso che uno stesso tipo di informazione può comportare diversi tipi di elaborazione a seconda delle esperienze di codificazione già presenti nel sistema. Questo aspetto assume una importanza rilevante, per esempio, nei primi stadi dell'apprendimento motorio (imparare una tecnica) o nella problematica della valutazione del talento.

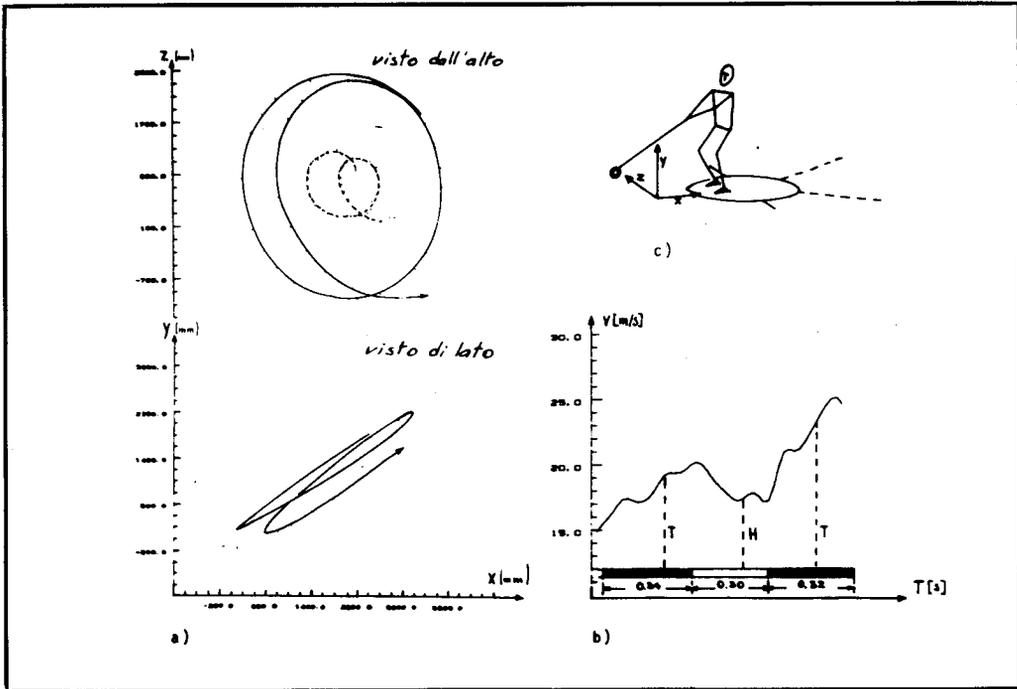


Fig. 4 - a) Grafico delle traiettorie del martello (linea piena) e delle mani (linea tratteggiata) nell'ultimo giro e finale del lancio (67 m).

b) Andamento della velocità orbitale nell'ultimo giro e finale del lancio.

c) Definizione del sistema delle coordinate di riferimento.

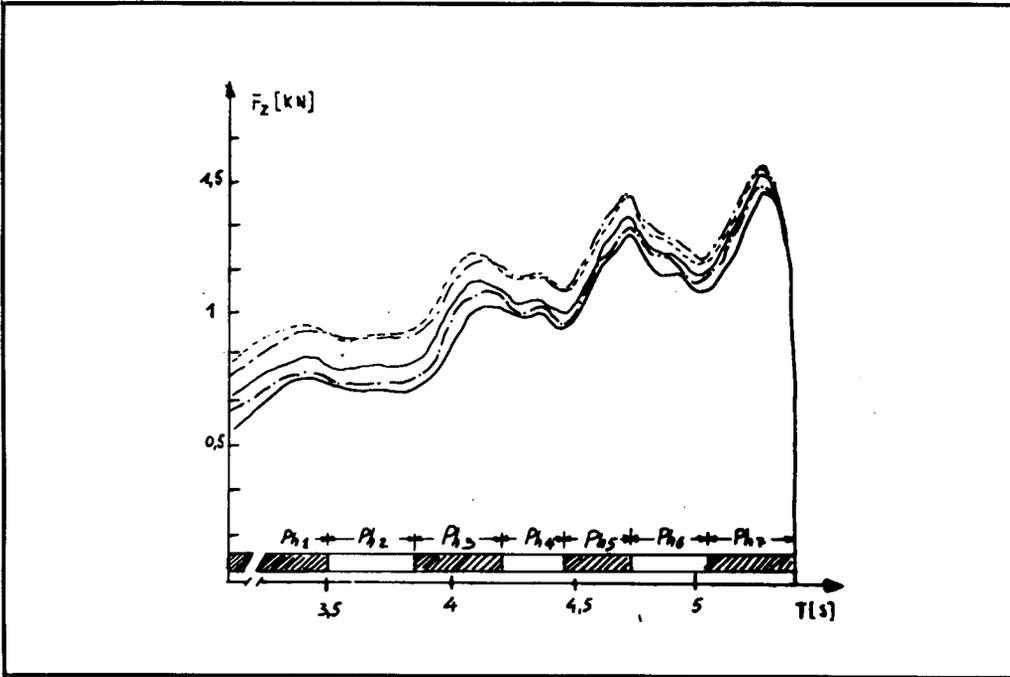


Fig. 5 - Confronto degli andamenti temporali della forza di trazione in lanci diversi ma con analoga intensità di sforzo. Le linee nere e bianche hanno lo stesso valore come in fig. 3.

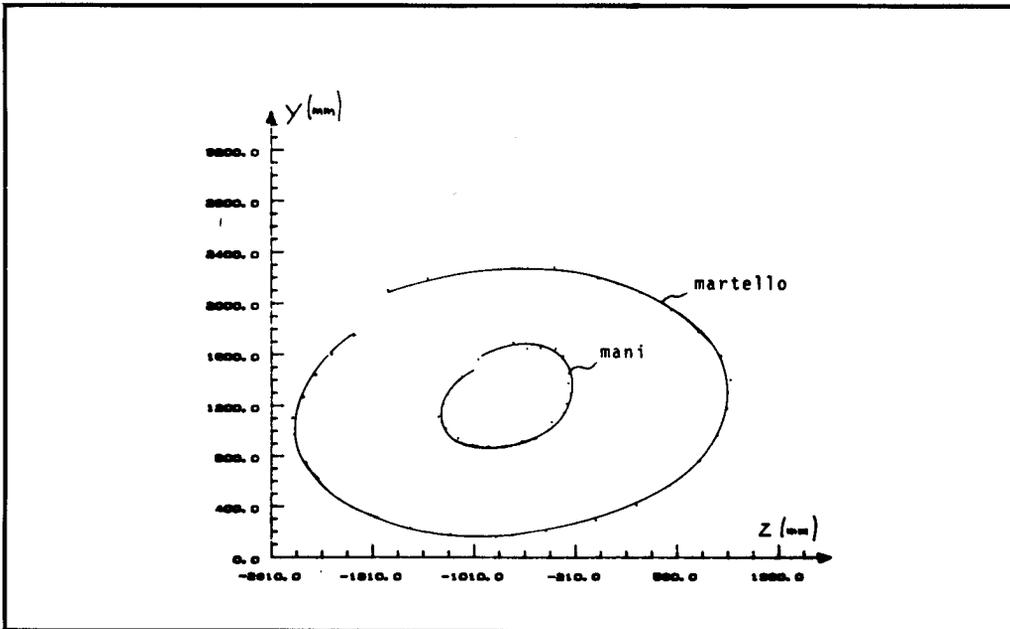


Fig. 6 - Traiettoria delle mani e del martello nell'ultimo giro senza il finale (visto di fronte; cfr. fig. 4).

Nell'apprendimento motorio, l'efficacia dei mezzi e metodi operativi didattici dipende, tra l'altro, dalla possibilità di fornire all'atleta segnali "obiettivi" (cioè rilevanti per i sistemi percettivi) che favoriscano i processi autointegrativi del SNC, quindi dei processi di elaborazione dei rapporti fra la struttura obiettiva del movimento (rapporti fra le interazioni biofisiche interne e esterne) e le strategie soggettive di apprendimento.

Generalmente, nella prassi dell'apprendimento motorio, l'informazione fornita durante o dopo l'esecuzione di un compito motorio viene denominata con vari termini, quali ad esempio: feedback, retroinformazione, informazione intrinseca-estrinseca, esogena-endogena, informazione supplementare, ecc. (Farfel 1983, Tohrhauer 1974 e 1970, Newell 1976, Pöhlmann 1979, Frester 1980).

Il primo aspetto significativo, in questo contesto, è l'ordinamento temporale. Normalmente, il soggetto riceve una informazione (per lo più verbale) sul "risultato" del movimento (knowledge of result = KR, Annette/Kay 1957, Newell 1976 e 1981, Bauer 1980, Henatsch 1976). Il soggetto, quindi, viene informato su ciò che è già avvenuto ma non sul come è avvenuto. Nella prassi si riscontra il modello: esecuzione dell'esercizio-indicazioni dell'allenatore-ripetizione dell'esercizio.

In alcune situazioni tuttavia, sarebbe opportuno registrare alcuni parametri (cinematici, dinamici o fisiologici) rilevanti della struttura del movimento e, sotto forma di segnali (acustici, ottici o altro), fornirli al soggetto stesso durante l'esecuzione motoria.

Il secondo aspetto rilevante è da ricercarsi nel contenuto semantico dell'informazione, quindi nel suo grado di influenza. La specificità di un compito motorio determina i criteri di scelta del tipo di informazione, nel senso che il contenuto di quest'ultima deve omogeneizzarsi (biunivocità) con i criteri del compito motorio (Newell/Sparrow 1985, Hatze 1976b, McGinnis/Newell 1982, Flower/Turwey 1978).

In alcuni esperimenti riguardanti com-

piti isometrici (test dinamometrici per la mano), Newell e Sparrow, per esempio, hanno dimostrato che quando il compito motorio era il raggiungimento più preciso e rapido possibile di un determinato valore di forza (30 N), un'informazione visiva, subito dopo l'esecuzione, sull'andamento temporale della forza esercitata (grafico forza-tempo) non produceva significativi miglioramenti rispetto al tipo normale di informazione verbale (informazione sul valore raggiunto). Qualora invece il compito motorio consisteva nella riproduzione di un determinato sviluppo della forza (andamento della curva forza-tempo) allora un'informazione visiva dei parametri suddetti, contemporanea alla esecuzione, comportava un chiaro miglioramento della performance rispetto ad una informazione di tipo verbale successiva (informazione sugli errori assoluti e relativi). Analoghi risultati sono riportati da Hatze (1976b) in esperimenti in cui i soggetti dovevano riprodurre con la massima rapidità e precisione possibili un movimento tipo "calciare" nel piano sagittale. In questo caso, i soggetti usufruivano di un'informazione visiva in tempo reale sull'andamento della velocità del ginocchio e della caviglia.

In generale comunque, si tratta di indirizzare, guidare l'attenzione dell'individuo verso i parametri che più caratterizzano il movimento (il compito motorio).

Da quanto sopra esposto risulta che uno dei compiti principali delle scienze sportive consiste nello sviluppare metodi e mezzi che rendano realizzabili tali istanze sperimentali anche nella prassi dell'allenamento. Così, per esempio, tramite misurazioni biomeccaniche dirette si possono rilevare forze agenti tra il corpo e l'ambiente esterno ed evidenziare quindi andamenti specifici di parametri dinamici che normalmente sfuggono all'osservatore esterno e sono altresì non facilmente differenziabili a livello di coscienza tramite le percezioni cenestetiche (Bauermann 1980).

#### 4. Scopi e ipotesi sperimentali

Il lancio del martello è caratterizzato da un'alternanza complessa di compiti

motori a carattere posturale e propriamente dinamico. Da un punto di vista neurofisiologico, infatti, ogni comportamento motorio può essere visto come una integrazione dinamica fra posture e movimenti propriamente detti (Reed 1984, Henatsch 1976). La qualità della sincronizzazione fra elementi motori parziali (compiti motori intrinseci) e le caratteristiche dinamiche esterne (variazioni dell'energia cinetica dell'attrezzo) rappresenta un indicatore importante per la buona riuscita della performance. Ciò è chiaramente riscontrabile, per esempio, dal confronto tra alcuni parametri cinematici e dinamici del movimento (cfr. le curve  $V$  e  $F_z$  in figg. 3 e 7, nonché la forma delle

traiettorie di accelerazione delle mani e dell'attrezzo in figg. 4 e 6).

Un "errore tecnico" allora può essere concepito come, o perlomeno, ricondotto a una canalizzazione incongrua di processi di percezione rispetto alla gerarchia funzionale delle invarianti (bio)-fisiche (ris. biomeccaniche) del movimento. Nel nostro caso ciò significa, per esempio, che riguardo ai parametri decisivi (raggio  $r$ , andamento della  $F_z$ , della velocità angolare) non viene favorita una corrispondente messa in atto dei processi informativi e di regolazione dell'atleta.

Per quanto riguarda la metodica dell'informazione in tempo reale nell'allenamento e nella riabilitazione, la letteratura

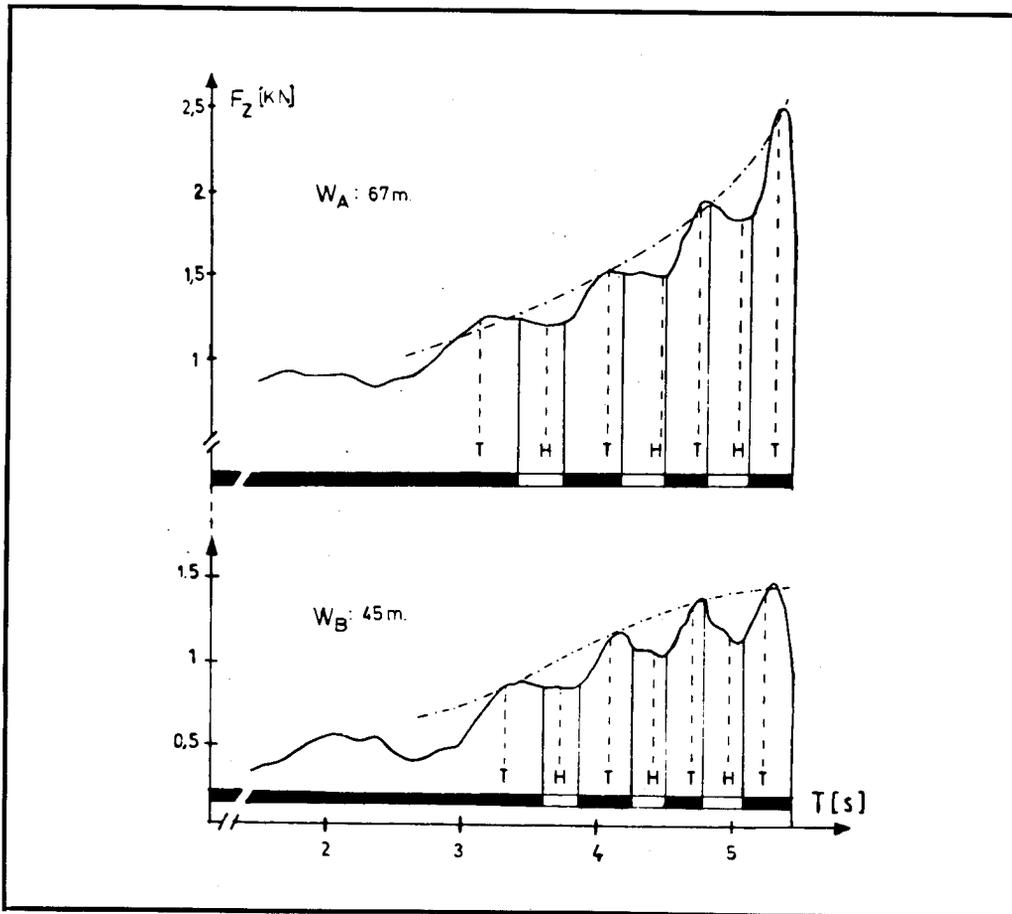


Fig. 7 - Confronto dell'andamento della forza  $F_z$  in lanciatori di diversa qualificazione (WA, WB). Le linee tratteggiate indicano la diversità fondamentale dell'andamento (per gli altri simboli cfr. le figure precedenti).

offre già molteplici esempi che qui non tratteremo.

Verranno esposti ora i metodi e i risultati più rilevanti delle procedure da noi sperimentate in un'ottica applicativa ben più vasta.

## 5. Informazioni cinematiche articolari

Per realizzare un raggio di rotazione (del martello) il più grande possibile, il lanciatore deve essere in grado di mantenere la posizione schematizzata in fig. 10a ris. 11, relativamente costante durante i giri (Tutjovitsch 1969, Slamka 1979): ciò riguarda in particolare le gambe. Nella pratica si riscontra sovente, in alcuni lanciatori, una tendenza a raddrizzare troppo presto e/o con eccessiva intensità la gamba di perno, essendo così compromesso l'equilibrio dinamico del sistema. La gamba di perno cioè, assolve una pronunciata funzione isometrica (Bondarciuk 1979).

In questo caso, è stato approntato un elettrogoniometro per fornire all'atleta informazioni (segnale acustico) su parametri cinematici dei movimenti articolari (ginocchio). L'utilizzo di questa tecnica è documentato sia nell'allenamento sportivo sia nella riabilitazione (Farfel 1983, Koheil/Mandel 1980).

## 5.1 Metodi

Un elettrogoniometro con sistema a potenziometro è collegato ad un dispositivo elettronico VCO (voltage control oscillator) per l'elaborazione del segnale registrato (fig. 8). La strumentazione così configurata permette le seguenti modalità d'uso:

a) un segnale acustico compare (scompare) quando l'angolo articolare oltrepassa un valore soglia prestabilito (fig. 9a).

b) Il segnale compare qualora l'angolo articolare diventi maggiore o minore rispetto ad un settore angolare prestabilito (fig. 9b).

c) Il segnale compare all'interno del settore angolare prestabilito (fig. 9c, caso opposto al precedente).

d) Il segnale può essere modulato in modo tale da fornire due diverse tonalità in funzione della posizione momentanea rispetto al settore angolare.

e) Il segnale compare qualora venga raggiunta una determinata velocità angolare.

## 5.2 Procedure sperimentali e risultati

Cinque atleti (età 17-24, peso 90-105 kg, altezza 178-186 cm, migliore presta-

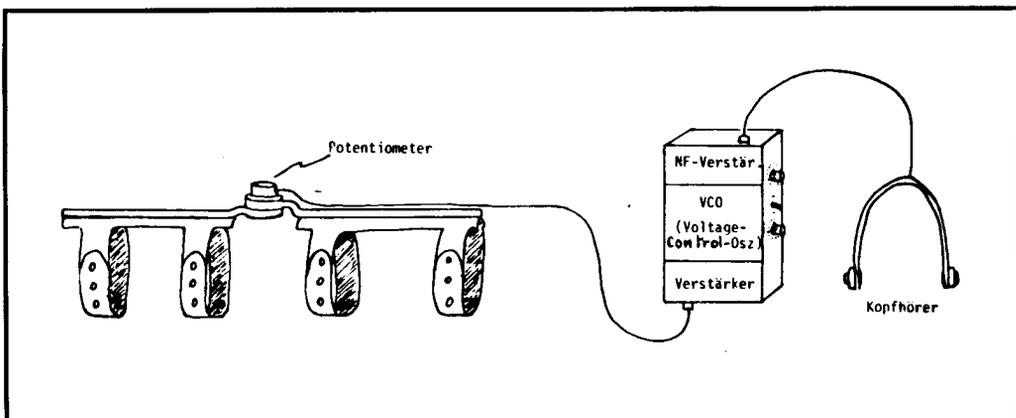


Fig. 8 - Rappresentazione schematica delle caratteristiche tecniche della strumentazione per il rilevamento dei parametri angolari.

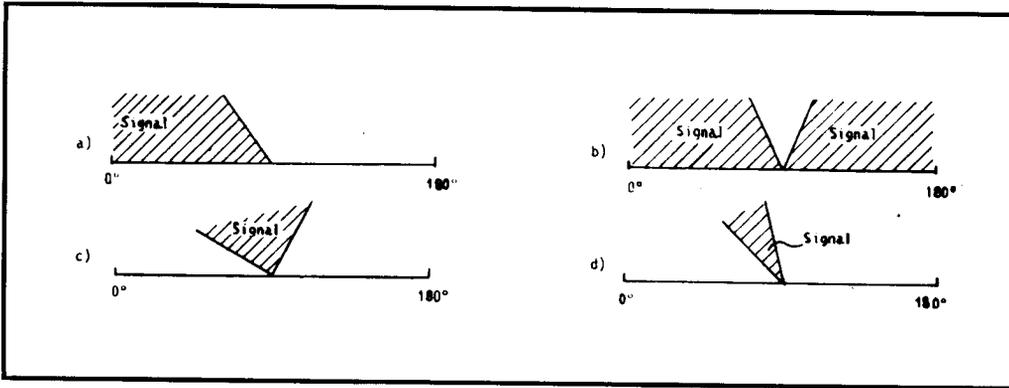


Fig. 9 - Rappresentazione schematica delle modalità di elaborazione del segnale riguardo i parametri angolari.

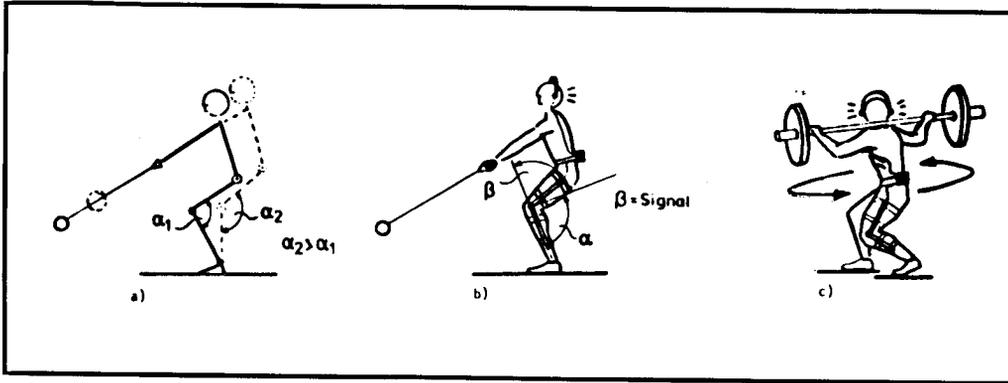


Fig. 10 - a) Rappresentazione schematica di un tipico errore.  
b) e c) Esempi di applicazione dell'elettrogoniometro

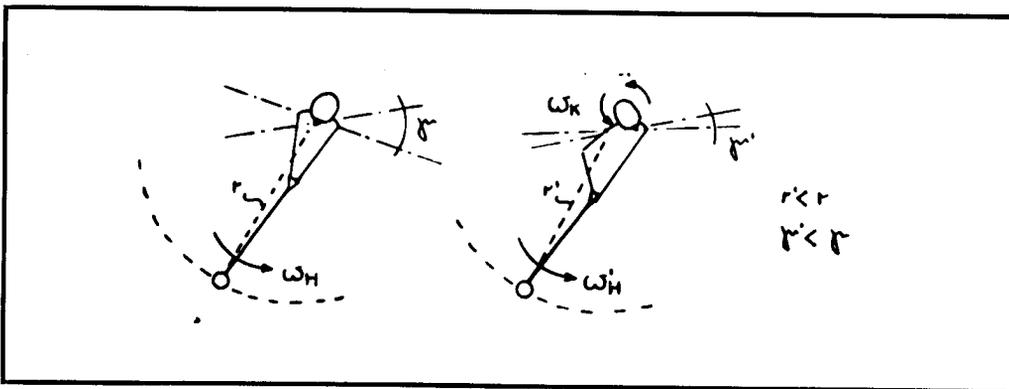


Fig. 11 - Rappresentazione schematica dell'errore dovuto alla "rottura" del triangolo spalle-braccia e alle rotazioni relative del capo

zione personale 54-62 m) hanno partecipato all'esperimento. In questi atleti era riscontrabile il tipico errore schematizzato in fig. 10a. Seguendo la metodica esposta al punto a) è stato individuato un valore angolare soglia per ciascuno degli atleti. Per la determinazione di questo valore soglia ( $\alpha$  in fig. 10b e c), è stato eseguito un test iniziale in cui detto valore corrispondeva all'angolo al quale l'atleta era in grado di correggere repentinamente l'eccessiva distensione della gamba a varie velocità di esecuzione dei giri. Ne è risultato un valore effettivo di  $\alpha = 120^\circ \pm 5^\circ$ .

Le sedute di allenamento (10) comprendevano esercitazioni di forza specifica ed esercizi a carattere cosiddetto tecnico. Nel primo caso, l'atleta aveva il compito di eseguire delle rotazioni parziali o complete con un bilanciere sulle spalle, partendo da posizioni simili alle fasi del lancio. Il peso del sovraccarico variava dal 30% al 50% del peso corporeo. Ogni seduta consisteva di 6-10 giri per 5-7 serie (fig. 10c).

L'allenamento tecnico era costituito da:

- 6-8 serie di 6-10 giri senza finale (attrezzo gara);
- 6-10 lanci con finale;
- 6-10 lanci normali senza elettrogoniometro.

Alla fine dell'esperimento erano rilevabili i seguenti miglioramenti: aumentata riproducibilità del movimento delle gambe in diverse condizioni di carico e riduzione dal 60% al 20% dell'errore in situazione di lancio a diverse velocità di esecuzione.

L'impiego di tale metodica può essere proposto quindi anche nel caso dell'errore tipo schematizzato nella fig. 11.

## 6. Informazioni sulla struttura dinamica e ritmica del movimento

La struttura ritmica di questo lancio (qui le variazioni dell'energia cinetica del martello) è deducibile, per esempio, dalla analisi degli andamenti temporali della forza  $F_z$  e della velocità  $V$  (figg. 3c e 7).

Qualora la stabilità dinamica venga relativamente conservata (il raggio  $r$  sia

quindi relativamente costante), la forza  $F_z$  diventa un indicatore importante della dinamica del lancio nonché delle caratteristiche individuali dei lanciatori. Infatti, le curve di fig. 7 danno chiare indicazioni sulla diversa qualificazione del lanciatore, o meglio, sul livello tecnico. Un forte decremento della  $F_z$  (in ciascun giro), cioè, significa una corrispondente perdita di energia cinetica del martello, che deve venir compensata nel giro (risp. giri) successivo.

Un forte incremento della  $F_z$  (sempre a parità di  $r$ ) indica un aumento elevato della velocità  $V$ . In altre parole, nei lanciatori di buona qualificazione si riscontrano variazioni negative della forza  $F_z$  non eccessive, mentre ben più considerevoli sono gli incrementi, specialmente nell'ultimo giro (cfr. i rami delle curve in fig. 7).

### 6.1 Metodi

Per la registrazione della forza  $F_z$  è stata utilizzata una strumentazione funzionante con il sistema dei strain-gauge (estensometri a resistenza). La forza di trazione agente sul filo viene appunto rilevata tramite il rilevatore interconnesso al filo (cfr. schema in fig. 12a). Nella fase del finale, il collegamento rilevatore-trasmettitore viene interrotto tramite il semplice distacco di una piccola spina fissata sul dorso della mano. Il segnale così rilevato viene quindi registrato secondo due possibili soluzioni elaborative in funzione degli scopi fondamentali (cfr. schema fig. 12a,b).

Dette possibilità sono così sintetizzabili:

a) Nel caso di un'applicazione a carattere diagnostico, il segnale viene trasmesso telemetricamente ad un'unità ricevente; quindi, tramite un convertitore analogico-digitale, viene inviato come input in un microcomputer e con opportuno software si ottengono infine le rappresentazioni grafico-numeriche volute (eventualmente anche informazioni acustiche).

b) Nel caso di un uso diretto nella

prassi dell'allenamento, il segnale viene direttamente elaborato da un'unità costituita da un comparatore di tensione (VCO = voltage control oscillator) e da opportuno convertitore analogico-digitale. Il segnale così elaborato viene fornito all'atleta come informazione acustica per mezzo di un auricolare.

Per quanto riguarda l'informazione acustica, sono possibili le seguenti modalità applicative:

a) Il segnale acustico varia linearmente con l'intensità della forza registrata

Fz; l'atleta cioè può udire la "melodia" del lancio.

b) Il segnale compare qualora la Fz raggiunga un valore soglia prestabilito (fig. 13a). In questo caso, l'atleta "avverte" quando, e se effettivamente, la forza Fz ha raggiunto una intensità precisa, cioè se la dinamica del lancio corrisponde al criterio fondamentale di massimizzazione della velocità V.

c) Il segnale viene fornito qualora il decremento della Fz sia superiore ad un valore critico ( $\Delta s$  in fig. 13b) rispetto ad un andamento "ottimale" della stessa Fz

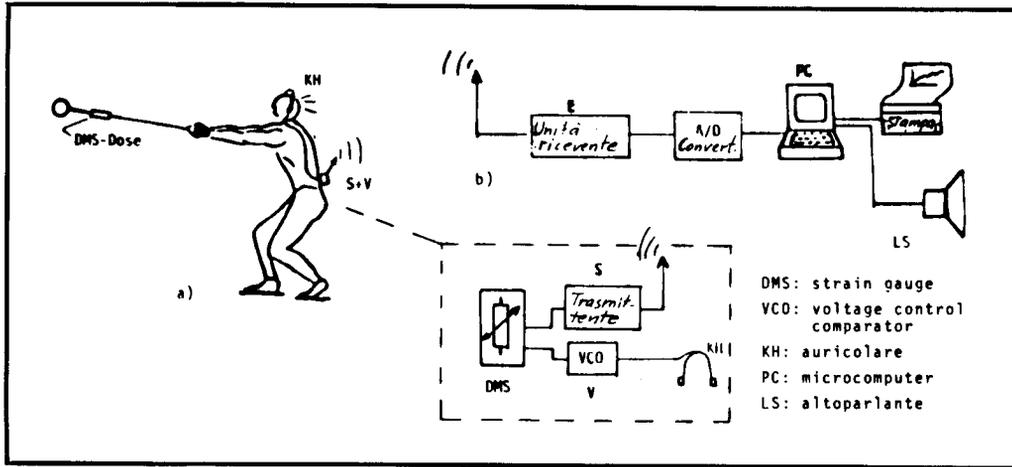


Fig. 12 - Strumentazione per il rilevamento ed elaborazione di parametri dinamici (Fz).

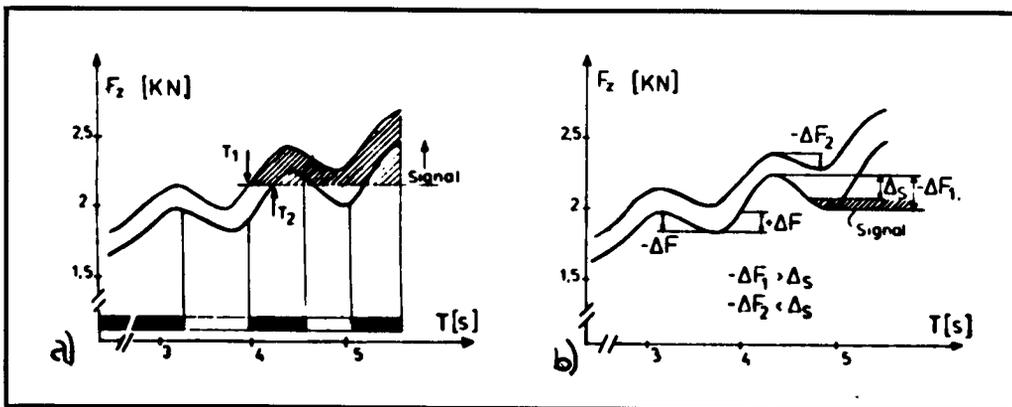


Fig. 13 - a) Informazione sui valori assoluti della forza di trazione. T1 e T2 indicano gli istanti in cui il segnale compare in due casi (lanci) diversi.

b) Informazione sui valori relativi della forza (decrementi).  $\Delta s$  indica il valore soglia prestabilito.

(cfr. fig. 7). Qui l'atleta "avverte" se la sua azione è economica risp. continua, se cioè siano presenti forti diminuzioni di energia cinetica dell'attrezzo.

### 6.2 Procedure sperimentali e risultati

Tre atleti (età 20-23, peso 88-103 kg, altezza 180-187 cm, migliore prestazione 47-63 m) hanno partecipato all'esperimento. Questi atleti dimostravano evidenti difficoltà nelle possibilità di incrementare le caratteristiche dinamiche del lancio specialmente nel 2 e 3 giro; altresì, presentavano dei comportamenti troppo passivi in alcune fasi del lancio (cfr. i decrementi della  $F_z$  in fig. 5).

Sono state applicate le metodiche esposte ai punti b) e c) secondo le seguenti modalità:

in b) il valore soglia di  $F_z$  corrispondeva al valore massimo raggiunto al secondo giro (cfr. il terzultimo massimo della curva in fig. 5). Ciò perché proprio in questa fase le curve si differenziano in modo drastico. Qui infatti i lanciatori trovano le massime difficoltà (Dapena 1986);

in c) il valore critico  $\Delta s$  corrispondeva ai 2/3 del massimo decremento della  $F_z$  (valore ottenuto empiricamente per gli atleti in questione).

Durante 8 sedute di allenamento la procedura comprendeva:

- 6 lanci in condizioni sperimentali;
- 3 lanci in condizioni normali.

Il tutto ripetuto fino al raggiungimento di circa 40 lanci per seduta. Il peso del martello variava da 6 a 8 kg.

Alla fine del periodo sperimentale sono state rilevate le seguenti modificazioni:

- radicale cambiamento dei paradigmi operativi soggettivi nei processi percettivi in riferimento alla relazione  $F_z$ - $V$ .

- aumento significativo della lunghezza media di lancio per una intensità dell'80% rispetto al massimo impegno soggettivo.

È qui tuttavia necessario sottolineare che il ristretto numero dei soggetti, nonché la disponibilità non sempre incondizionata degli stessi, impongono ulteriori sperimentazioni onde assicurare un livello interpretativo adeguato.

### 7. Informazione sul controllo muscolare rispetto alla dominanza di alcuni gruppi muscolari

Con l'intenzione di realizzare una grande accelerazione, il lanciatore spesso tende a "strappare" l'attrezzo con le braccia, spalle e con la schiena (fig. 14a). Ciò produce più una accelerazione centripeta del martello che un aumento della velocità angolare (quindi di  $V$ ). In questo caso, si tratta di una errata messa

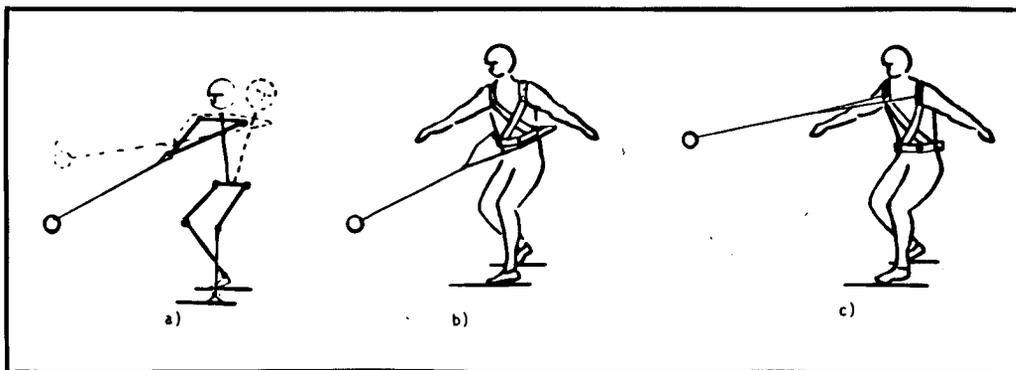


Fig. 14 - a) Rappresentazione schematica di un tipico errore.  
b) e c) Esempi di applicazione del corsetto.

in funzione di alcuni gruppi muscolari rispetto ad altri (busto, gambe). Il sinergismo muscolare qui non è congruente al rapporto Fz-V. In altre parole, l'intera dinamica del lancio è "controllata" dall'azione delle braccia e spalle, mentre le gambe ed il busto assumono una funzione di grossolano supporto. Questo errore è tipico nei principianti o in lanciatori che dispongono di notevoli potenziali di forza ma non di altrettanta sensibilità.

### 7.1 Metodi

È stato realizzato un corsetto metallico apposto (fig. 15) onde poter limitare i gradi di libertà delle catene biomeccaniche. L'atleta è così costretto a controllare il movimento del martello senza l'ausilio delle braccia e delle spalle. Il martello può essere fissato a diverse altezze rispetto al busto (fig. 14b,c). Per la determinazione delle condizioni sperimentali si è tenuto conto dei seguenti fattori:

— a parità di raggio di rotazione il peso del martello viene ridotto finché l'atleta non sia in grado di eseguire 4 giri continuativi conformemente alla tecnica del lancio.

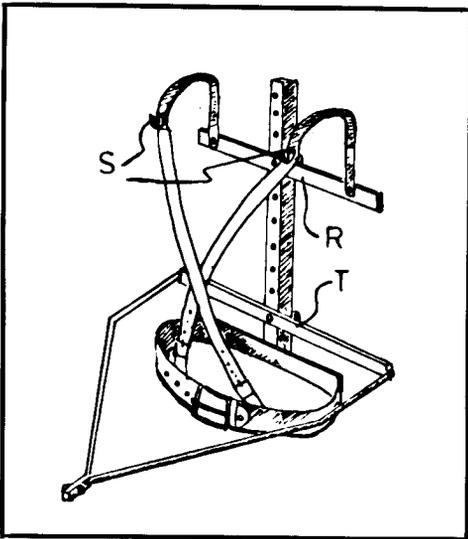


Fig. 15 - Corsetto metallico. S: ganci per la sistemazione del martello all'altezza delle spalle; R e T elementi regolabili rispetto alla lunghezza del busto.

— Dopo una riduzione di peso fino a 3 kg si provvede alla diminuzione del raggio.

### 7.2 Procedure sperimentali e risultati

Quattro atleti (età 17-22, peso 87-104 kg, altezza 184-188 cm, migliore prestazione 47-60 m) hanno partecipato all'esperimento. In questi atleti era riscontrabile una marcata difficoltà nel controllo dell'equilibrio dinamico del sistema L-A a causa dei movimenti già citati (cfr. fig. 14a e 11). L'allenamento comprendeva in particolare l'esecuzione del seguente esercizio: dopo alcuni giri-camminati introduttivi nei quali il martello viene condotto anche con le mani e così avviato in una traiettoria circolare, l'atleta deve continuare nel movimento utilizzando fondamentalmente le gambe e il busto. Sono state eseguite 8 sedute secondo il seguente schema:

— 4-6 serie di 6-10 giri effettivi con il corsetto.

— 6-8 lanci in condizioni normali.

I migliori effetti del metodo sono stati riscontrati quando gli atleti erano in grado di adoperare il corsetto in modo che il martello raggiungesse l'altezza delle spalle (fig. 14c). Dopo la fase sperimentale sono state rilevate le seguenti modificazioni:

— aumentata percezione dell'intervento di alcuni gruppi muscolari nel controllo attivo del movimento;

— facilitata regolazione delle variazioni dinamiche; migliorato controllo cioè delle accelerazioni;

— variazione nelle rotazioni relative della testa.

Un fatto degno di rilievo è la constatazione che altri atleti, con migliori "caratteristiche tecniche", furono in grado di eseguire l'esercizio sperimentale già al primo tentativo, mentre nel gruppo sperimentale, in alcuni casi, comparvero grosse difficoltà nella realizzazione di un solo giro.

Nella tabella 1 sono riportati schematicamente i principali dati di questa sperimentazione. Lo spazio limitato non ci con-

sente di esporre altri dati sempre riguardanti le possibilità di impiego di alcuni metodi e mezzi (elettromiografia, dinamografia e informazione, attrezzi per la forza specifica) che ci consentono già ora la formulazione di ulteriori ipotesi di lavoro.

Ci preme qui sottolineare che questo lavoro ha avuto fondamentalmente lo scopo di stimolare l'attenzione dell'allenatore in una visione odierna della sua professionalità e, nel contempo, di dimo-

strare come le possibilità tecnico-scientifiche attuali rendano appunto affrontabili, nella prassi del campo, problematiche che in un tempo non molto lontano erano prettamente questioni di laboratorio.

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito dell'Istituto di Biomeccanica della Scuola dello Sport di Colonia (RFT) e in collaborazione con il Centro Studi & Ricerche della FIDAL.

Tab. 1 - Schematizzazione generale delle sperimentazioni.

Metodiche sperimentali	Sogg. (n)	Parametro motorio	Sedute di allenamento	Risultati
Informazioni cinematiche articolari	5	amplitudine articolare al ginocchio	4 per la forza specifica 6 per la tecnica	- sensibilizzazione cenestetica aumentata - controllo della posizione delle gambe a diverse velocità esecutive
Informazioni sulla struttura dinamica e ritmica del movimento	3	valori assoluti della forza Fz  valori relativi di Fz (decrementi)	8 per la tecnica	- variazione nelle strategie soggettive di elaborazione cenestetica riguardo la relazione Fz-V - aumento della gittata media all'80% della massima intensità di lancio
Informazioni sul sinergismo muscolare	4	gradi di libertà delle catene biomeccaniche	8 per la tecnica	- variazione nell'intervento dei muscoli del busto e delle gambe - facilitata esecuzione delle accelerazioni angolari - eliminazione delle brusche rotazioni del capo

#### Indirizzo dell'Autore

*Prof. Renzo Pozzo  
Institut für Biomechanik  
D.S.H.S. Köln Carl  
Diem Weg 6 5000  
KÖLN 41 - RFT*

## Bibliografia

- ANNETTE, J./KAY, H.: Knowledge of results and skilled performance. In: *Occupational Psychology* 31 (1957), 69-79.
- BAUER, H.: Das prinzip der sogenannten objektiv-ergänzenden Schnellinformation. In: *Th.P.K.K.* 29 (1980), 665-668.
- BAUMANN, W.: Zu einigen Problemen der Biomechanik des Sports. In: *Sportwissenschaft* 3 (1980), 240-251.
- BONDARTSCHUK, A.P.: Die moderne Technik beim Hammerwerfen. In: *Leichtathletic, österreich* 2 (1979) 3, 22-23.
- BRÜGGEMANN, P.: comunicazioni personali.
- DAPENA, J.: The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. In: *J. Biomech.* 8 (1984) 553-559.
- DAPENA, J.: A kinematic study of center of mass motions in the hammer throw. In: *J. Biomech.* 2 (1986), 147-158.
- FARFEL, V.S.: *Bewegungssteuerung im Sport*. Berlin 1983.
- FLOWER, C.A./TURVEY, M.T.: Skill acquisition: An event approach with special reference to searching for the optimum of a function of several variables. In: G. STELMACH (Eds.): *Information processing in motor control and learning*. New York 1978.
- FRESTER, R.: Zur lernstandabhängigen Bedeutung der Eigen- und Fremdinformation. *Th.P.K.K.* 9 (1980), 669-672.
- HATZE, H.: Eine fundamentalhypothese der Bewegungslehre des Sports. In: *Sportwissenschaft* 6 (1976), 155-171.
- HATZE, H.: Biomechanical aspects of a successful motion optimization. In: P.V. KOMI (Eds.): *Biomechanics V-B* Baltimore 1976b.
- HENATSCH, H.D.: Bauplan der peripheren und zentralen sensomotorischen Kontrollen. In: *Sensomotorik; Physiologie des Menschen*, Bd. 14. München 1976.
- KOHEIL, R./MANDEL, A.: Joint position feedback facilitation of physical therapy in gait training. In: *American J. of Physic. Medicine* 59 (1980), 289-297.
- McGINNIS, P.M./NEWELL, K.M.: Topological dynamics: A Framework for describing constraints. *Human Movement Science*. 1 (1982), 289-305.
- NEWELL, K.M.: Knowledge of results and motor learning. In: J. KEOGH and R.S.HUTTON (Eds.): *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Vol 4 S. Barbara (1976).
- NEWELL, K.M./WALTER, C.B.: Kinematic and kinetic parameters as information feedback in motor skill acquisition. In: *J. Hum. Mov. Studies* 10 (1981), 235-254.
- NEWELL, K.M./McGINNIS, P.M.: Kinematic information feedback for skilled performance: citato in NEWELL/SPARROW (1985).
- NEWELL, K.M./SPARROW, W.A. et al: Kinetic information feedback for learning isometric tasks. In: *J. Hum. Mov. Studies* 11 (1985), 113-123.
- PATAKI, L./RAMACSAY, L.: Kladivár a odstredivá sila. In: *Atletika* 6 (1981), 22.
- PÖHLMANN, R.: Trainingsmethodisch relevante Zeitstrukturen der Informationsgebung. *Th.P.K.K.* 28 (1979) 3, 207-211.
- REED, E.S.: An outline of a theory of action systems. In: *J. Mot. Behavior* 14 (1982) 2, 98-134
- REED, E.S.: From action Gestalts to direct action. In: H.T. WHITING (Eds.): *Human Motor Actions - Bernstein Reassessed*. North-holland 1984.
- SLAMKA, M.: Vplyv pozície tela v obrátkach na dynamickú rovnováhu v hode kladivom. In: *Praxe těl. Vých.* 4 (1979), 214-219.
- THORHAUER, H.A.: Wesen und Charakteristik des Prinzips der "objektiv ergänzenden Information" und allgemeine probleme der Steuerung und Regelung von Willkürbewegung des Menschen. *Th.P.K.K.* 19 (1970) 1,4-12.
- THORHAUER, H.A.: Probleme und Ergebnisse des motorischen Prinzips der "objektiv ergänzenden Information" *Th.P.K.K.* 19 (1970) 8, 700-705.
- THORHAUER, H.A.: Der Einfluß von Information und Erfahrung auf Prozesse des motorischen Lernens. *Th.P.K.K.* 23 (1974) 1, 70-77.
- TUTJOWITSCH, V.N.: Theorie der sportlichen Würfe. In: *Beiheft zu Leistungssport* (1976, 1978, 1979).