

Aspetti biomeccanici nella tecnica di lancio nel nuovo giavelotto I.A.A.F.

Domenico Di Molfetta

Allenatore Specialista Settore Lanci - Membro Dipartimento Attività Didattiche FIDAL

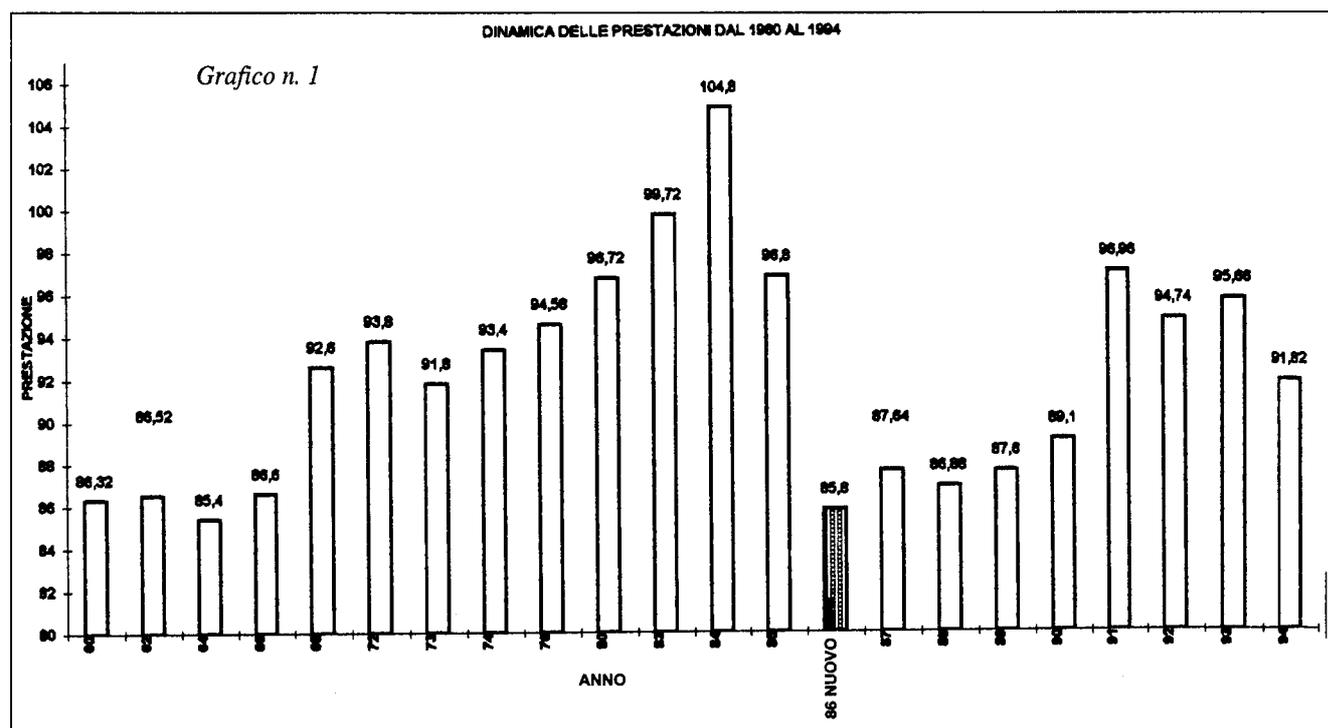
Disegni a cura di FRANCO VARESANO

1. INTRODUZIONE

La nuova formulazione della norma 186, decisa dal congresso della IAAF nel 1984, con la conseguente determinazione di nuove misure nella costruzione dei giavelotti, ha portato radicali modifiche nei risultati nel lancio del giavelotto maschile.

Muovendo da questa considerazione si può osservare come negli ultimi 34 anni, dal 1960 al 1994, si sono avute tendenze differenziate nello sviluppo delle prestazioni, si può infatti evincere, osservando il grafico n. 1, come le prestazioni a livello mondiale abbiano subito una netta impennata negli anni 80-84, cioè fino allo stratosferico primato del mondo di Hohn di 104.80. E fu proprio questo primato che metteva a rischio la sicurezza negli stadi, unito alla difficoltà che spesso si riscontrava nel dover aggiudicare il lancio valido in caduta (in quanto gli attrezzi "veleggiatori" spesso cadevano quasi paralleli al terreno), a spingere il congresso della IAAF ad apportare modifiche nella costruzione del giavelotto. Tale modificazione è stata realizzata spostando di 40 millimetri il baricentro dell'attrezzo verso la punta, ciò facendo l'attrezzo non ha più la possibilità di sfruttare le caratteristiche aerodinamiche nella seconda parte della traiettoria, quando veniva "sostenuto dal vento", ma bensì cade di punta, picchiando verso il terreno in maniera decisa, da qui il soprannome di attrezzo "picchiatore".

Osservando il grafico n. 1, si può notare come, a partire dal 1986 anno di inserimento dei nuovi giavelotti, vi sia un ri-



torno a risultati simili a quelli degli anni 60. Il successivo ritorno a prestazioni di **95 metri** ed oltre dal 1991 in poi è da imputare sia ad un espediente costruttivo trovato per consentire all'attrezzo di continuare a veleggiare (un aumento delle ruvidità nella coda dell'attrezzo che ne aumentava le turbolenze consentendo di bilanciare l'attrezzo in volo, tale possibilità è stata vietata dal 1992) sia dai risultati eccezionali ottenuti da Zelezny, unico atleta negli ultimi anni a lanciare costantemente oltre i 90 metri. Comunque analizzando, le medie dei primi 10 risultati mondiali negli ultimi 8 anni si potrà notare un netto ridimensionamento delle prestazioni.

Ma se si è avuto un tale ridimensionamento dei risultati si può pensare anche ad eventuali cambiamenti nella tecnica di lancio? O delle modifiche degli angoli ottimali di rilascio o di impostazione dell'attrezzo?

Si chiariscono così gli intenti di questa ricerca, che vuol tentare un approccio "scientifico" alla soluzione dei quesiti, offrendo, altresì, sufficienti elementi conoscitivi della letteratura fiorita sulla questione.

Primo punto fondamentale di tale ricerca è stato quello di riuscire a soddisfare l'esigenza metodologica di raffrontare studi di biomeccanica del lancio con il vecchio attrezzo ed il nuovo, studi che chiaramente siano accomunati dalle stesse metodiche di rilevamento dei dati, o che siano, perlomeno, molto vicini tra di loro. E' stato pertanto utilizzato, per i dati sulla biomeccanica del lancio con il nuovo attrezzo, il rapporto scientifico sui campionati del Mondo "Roma '87", tali dati sono stati raffrontati con vari studi di biomeccanica presenti in letteratura. Gli elementi comparativi tra i due "modelli" di lancio emergono nella sezione.

2. METODO DI ANALISI BIOMECCANICA

Molti studi della letteratura specialistica, ed in particolare quelli che vanno ad analizzare la fase finale del lancio, sono analisi bidimensionali e pertanto non forniscono valutazioni sulla deviazione laterale del tronco e del braccio di lancio. L'unico contributo di rilievo ci viene fornito dall'analisi bidimensionale posteriore e laterale del braccio di lancio realizzata da Rich ed altri nel 1984, al fine di osservare in maniera ottimale la rotazione tridimensionale dell'asse del tronco e del braccio lanciante. Nel lavoro realizzato da Menzel in occasione dei Campionati del Mondo "Roma '87" è stato progettato un modello del corpo del lanciatore composto da 6 segmenti:

- SH - Gamba dell'arto di puntello.
- TH - Coscia dell'arto di puntello.
- HI - Asse delle anche.
- TR - Asse del tronco, considerato dall'anca alla spalla del lato lanciante.
- UA - Braccio.
- FA - Avambraccio.

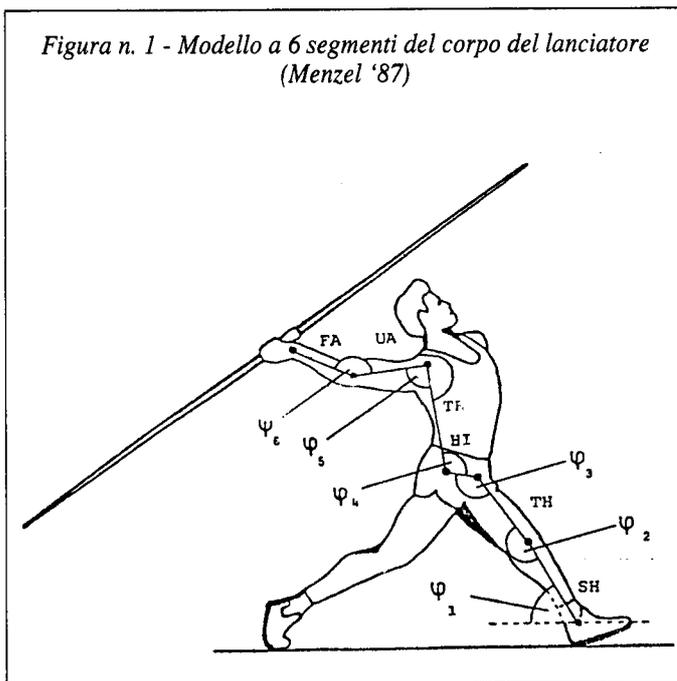
Tali segmenti e relativi angoli φ sono visualizzabili nella figura n. 1.

Il calcolo degli angoli φ tra i vari assi e le velocità angolari ω delle rotazioni degli assi stessi, permette di determinare l'equazione regressa della velocità di lancio (Menzel '87). Sulla base di queste considerazioni sono state effettuate le ricerche biomeccaniche nel corso dei campionati del mondo di "Roma 87", che risultava essere la prima gara a livello mondiale con l'utilizzo del nuovo attrezzo.

L'analisi è stata condotta filmando i lanci di finale con riprese effettuate con cineprese a due velocità e con pellicola da 16 mm.

Il posizionamento delle cineprese è stato realizzato collocando una prima a 60 metri dalla pedana sul lato destro ed un'altra a 50 metri posteriormente alla linea di delimitazione della pedana stessa. La velocità di ripresa è stata di 200 fotogrammi al secondo e la sezione inquadrata era larga 5 metri per 4 metri di altezza. La serie delle sequenze hanno permesso l'analisi bidimensionale della rincorsa e quella tridimensionale del finale di lancio.

Figura n. 1 - Modello a 6 segmenti del corpo del lanciatore (Menzel '87)



3. ANALISI BIOMECCANICA

L'analisi che segue terrà conto della successione tecnica delle varie fasi di lancio, ed i relativi fondamenti biomeccanici sono stati integrati dalla interpretazione e comparazione con ricerche biomeccaniche realizzate prima del 1986.

3.0. ELEMENTI DELLA TECNICA E RISPETTIVE FASI

Come per tutti i lanci dell'atletica leggera, il fine ultimo per ottenere un lancio efficace è quello di ottenere la massima lunghezza del percorso dell'accelerazione, con lo scopo di realizzare la massima velocità di uscita dell'attrezzo. Sono molteplici i fattori tecnici che andranno a concorrere per l'ottenimento di un buon lancio, tra questi possiamo individuare:

- una velocità di rincorsa ottimale;
- giusti posizionamenti del corpo e dell'attrezzo nella fase che precede il finale di lancio;
- esatto posizionamento delle masse corporee ed il rispetto della catena biocinetica nel finale di lancio;
- una giusta angolazione dell'attrezzo al momento del rilascio.

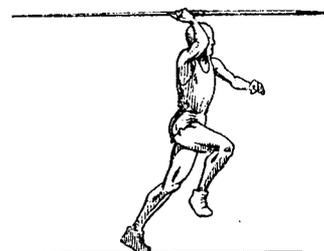
Affinché si possa realizzare quanto detto occorre contestualmente porre in essere i seguenti elementi tecnici di lancio, che semplifichiamo nello specchio successivo.

Elementi tecnici

Fasi del lancio

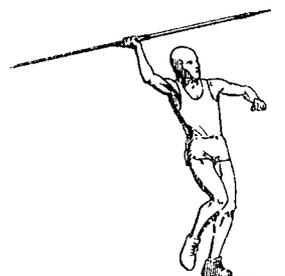
Limiti delle fasi

Inizio della rincorsa



PARTE CICLICA

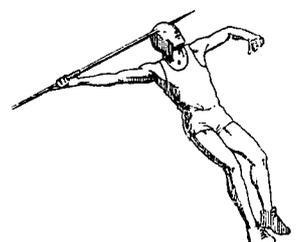
Inizio arretramento del giavellotto



RINCORSA

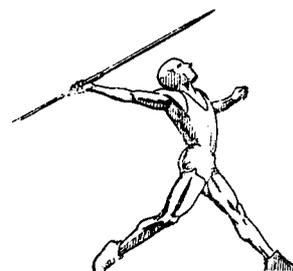
PARTE ACICLICA
- fase di transizione -

Piazzamento del penultimo appoggio



FASE PREPARATORIA
- monoappoggio -

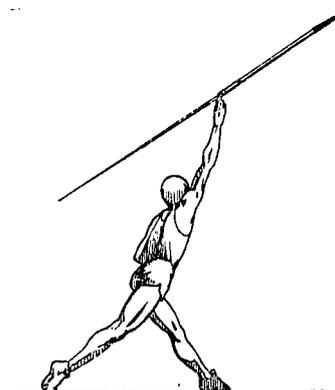
Piazzamento dell'arto
di puntello



FINALE

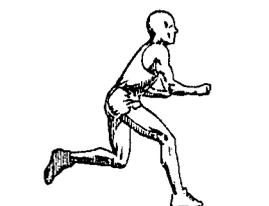
FINALE DI LANCIO
- doppio appoggio -

Rilascio del giavellotto



RECUPERO

Evitare il nullo
di pedana



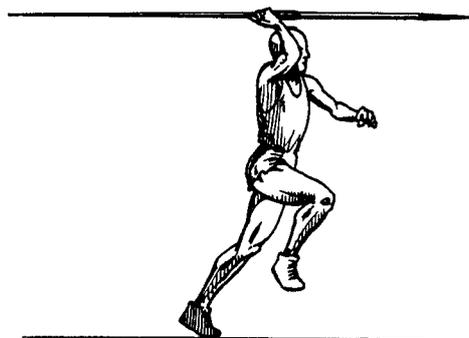
3.1 ANALISI BIOMECCANICA DELLE FASI DI LANCIO

L'analisi che segue tiene conto della successione tecnica delle fasi del lancio, ed i relativi fondamenti tecnici-biomeccanici sono stati integrati e confrontati nella sezione "analisi dati".

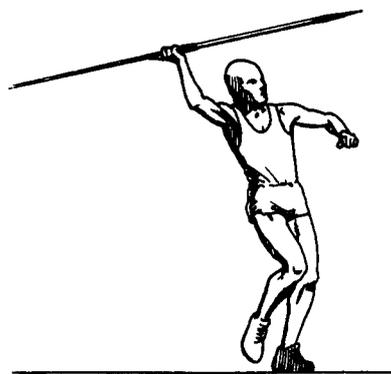
3.1.1 Rincorsa

Tenendo sempre presente che il lancio è da considerarsi sempre nel suo insieme, possiamo scomporre la rincorsa in due fasi principali: una fase di accelerazione iniziale detta PARTE CICLICA, ed una fase di transizione detta FASE ACICLICA, fase quest'ultima preparatoria al lancio vero e proprio.

3.1.2 Fase ciclica



Inizio: partenza della fase di rincorsa



Fine: inizio arretramento del giavelotto

Obiettivo: raggiungimento di una velocità ottimale di rincorsa.

La velocità di rincorsa è una variabile soggettiva che si determina in relazione alle tendenze individuali di impostazione del lancio e alle caratteristiche fisiche dell'atleta. Superare o mantenersi al disotto della velocità ottimale significa compromettere l'efficace del lancio.

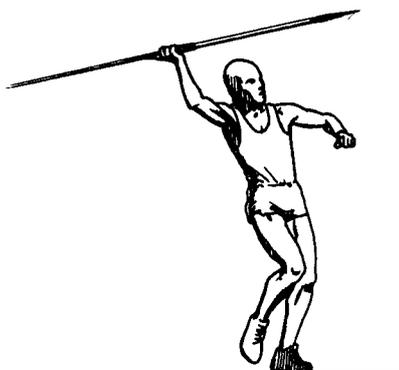
Numerosi autori hanno a tal proposito dimostrato come esista una stretta relazione tra la velocità ottimale di rincorsa e la misura del lancio. La tavola n. 1, che riporta i riferimenti all'autore ed alla data dello studio, mette in risalto come il range di velocità di rincorsa, che va dai 6,3 ai 7,3 metri/secondo, corrisponda a lanci con misura oscillanti dai 70 agli 80 metri. Ma la netta differenza può essere notata paragonando gli studi di Menzel '86 con quelli di Bauersfeld-Schröter dell'80; con il nuovo attrezzo la velocità di rincorsa, che arriva ad un massimo di 7,3 metri/secondo, è nettamente inferiore a quella registrata su atleti di alta specializzazione del 1980 che raggiungevano velocità fino a 8,5 metri/secondo.

Il livello prestativo è rapportato, oltre alla velocità ottimale di rincorsa, anche alla distanza entro quale tale velocità si estrinseca: Bauersfeld-Schröter 1980 e Terauds 1985 sostengono che tale distanza (fase ciclica) deve essere compresa tra gli 8 ed i 12 passi di rincorsa.

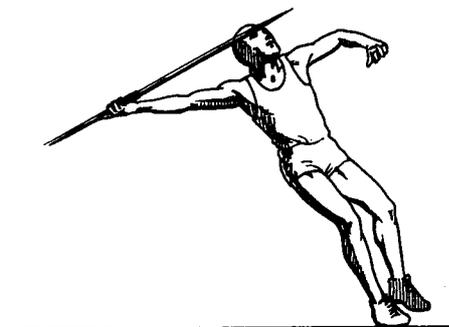
Tavola n. 1 - Velocità di rincorsa analizzata in diversi gruppi di specializzazione

Prestazioni metri	Velocità m/s	Gruppo	Autore	Anno
>85	8.0-8.5	Alta specializzazione uomini	Bauersfeld-Schröter	1980
67.26-81.16	6.2-7.3	Alta specializzazione uomini	Menzel	1986
50.92-67.06	6.1-6.8	Decatleti	Menzel	1986
77.84	6.5	Alta specializzazione uomini	Kollath	1983
>65	6.0-6.5	Alta specializzazione donne	Bauersfeld-Schröter	1980
52.36-60.76	5.8-6.6	Alta specializzazione donne	Menzel	1986
33.06-43.28	5.3-6.1	Pentatlete	Menzel	1986

4. FASE ACICLICA



Inizio: arretramento del giavelotto



Fine: ultimo appoggio del piede destro

Obiettivo: raggiungimento delle condizioni biomeccaniche ottimali che contribuiscano all'ottenimento delle giuste pre-tensioni muscolari ed esatti angoli di impostazione dell'attrezzo.

Gli indicatori, per poter verificare la posizione ottimale del corpo del lanciatore alla fine della fase aciclica (o "transizione" Menzel '86), sono:

- l'angolo di inclinazione dell'asse longitudinale del corpo ϵ ;
- l'angolo del ginocchio della gamba in appoggio τ ;
- l'angolo del gomito del braccio lanciante $\varphi E1$;
- l'angolo del giavelotto rispetto al piano orizzontale β_1 .

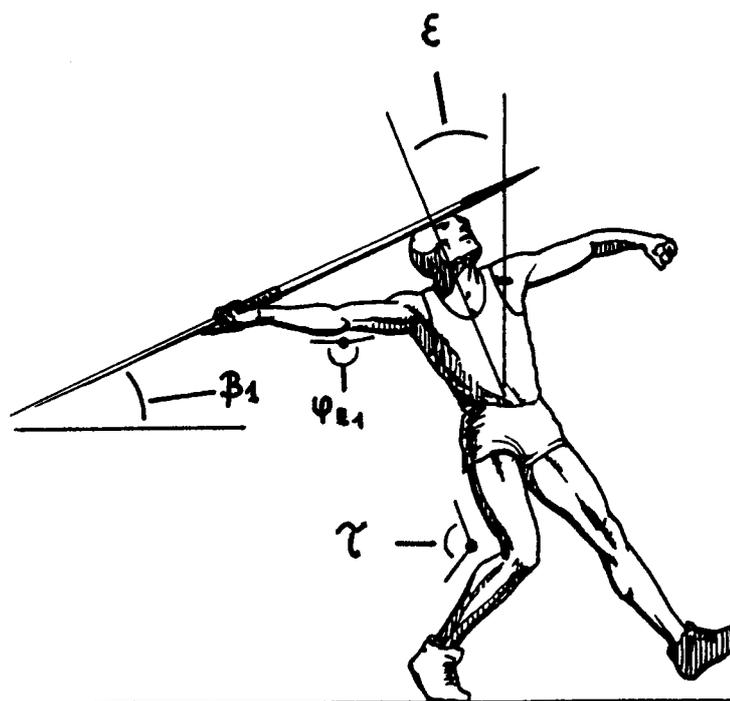
Questi angoli possono essere visualizzati nella figura n. 2.

Secondo gli studi effettuati da Bauersfeld-Schröter nel 1980, i valori ottimali degli angoli presi in considerazione dovrebbero essere:

- angolo di inclinazione del busto ϵ 30-35 gradi;
- angolo al ginocchio della gamba in appoggio τ 150-160 gradi;
- angolo al gomito $\varphi E1$ circa 180 gradi.

Per quanto concerne la velocità di rincorsa raggiunta durante la fase aciclica, sia le ricerche di Kollath '83 e Menzel '86, dimostrano che vi è sempre una variazione di velocità che tende a diminuire in prossimità del lancio, comunque una buona prestazione è sempre ottenuta quando tale decremento è il più limitato possibile. Ciò si evince dalla tavola n. 2, tratta dai lanci effettuati alla finale "Roma '87", che prende in considerazione la velocità degli ultimi passi della fase aciclica.

Figura n. 2 - Variabili che determinano la posizione ottimale del corpo alla fine della fase di transizione (Menzel '87 - Modificato)



4.1 RISULTATI DELLA FASE ACICLICA (TRANSIZIONE)

Le variabili analizzate nella fase aciclica sono:

- V3, V2, V1 = le velocità dei primi tre passi della fase aciclica, compreso il passo d'impulso, metri/secondo;
- L3, L2, L1 = la lunghezza tra gli appoggi dei primi tre passi della fase analizzata, metri/secondo;
- ϵ = angolo d'inclinazione tra l'asse longitudinale del corpo e il piano verticale, gradi;
- τ = angolo del ginocchio tra la coscia e la gamba p.d. dell'arto in appoggio del lato lanciante, gradi.
- $\phi E1$ = angolo al gomito tra braccio ed avambraccio dell'arto lanciante, gradi;
- $\beta 1$ = angolo tra l'asse del giavellotto e piano orizzontale, gradi.

Questi dati sono stati rilevati sugli otto finalisti e riportati nella seguente tavola n. 2.

Tavola n. 2 - Risultati fase aciclica (transizione)

Risultati fase di transizione												
NOME	Perf. [m]	V3	V2	V1	L3	L2	L1	ϵ	τ	$\phi E1$	$\beta 1$	
RATY	82.32	6.8	6.7	6.3	1.42	1.70	2.29	14	160	158	32	
ZELEZNY	82.20	6.9	7.2	6.8	1.52	1.81	1.56	19	162	147	48	
PETRANOFF	80.46	7.2	7.0	7.1	1.35	1.68	2.25	28	175	154	44	
YEVSYUKOV	80.34	6.5	6.9	6.3	1.89	2.18	2.74	36	162	151	21	
HILL	78.14	7.0	7.2	7.3	1.68	1.86	2.40	18	156	163	28	
MIZOGUSHI	77.78	7.6	7.6	7.6	1.72	2.06	1.26	35	161	167	37	
WENNLUND	76.76	6.2	5.5	5.7	1.57	1.83	1.41	22	130	147	30	
SHATILO	71.42	7.2	7.5	7.5	2.10	1.92	2.64	24	156	156	24	

4.1.2 Analisi dati della fase aciclica

L'analisi dei dati, scaturiti dai rilevamenti, porta ad alcune immediate considerazioni: leggendo i risultati relativi alla velocità, si può osservare come tale parametro sia un elemento molto soggettivo, varia infatti da atleta ad atleta con un range compreso dai 5,5 ai 7,6 metri/secondo. Ciò è logicamente dovuto a quelle che sono le caratteristiche dinamiche e fisiche che ogni atleta possiede, e si evidenziano proprio in questa fase dove atleti con maggiori dinamismi riescono a mantenere delle velocità superiori, mentre gli atleti con caratteristiche maggiormente orientate verso la forza cercano entrate più "lente" per consentire caricamenti maggiori e quindi meglio sfruttare le loro attitudini.

Interessante è notare come la velocità varia in tutti gli atleti nelle tre fasi analizzate, unico atleta che riesce a mantenere una velocità costante, e risulta essere anche il più veloce, è Mizogushi che raggiunge e mantiene i 7,6 metri/secondo corrispondenti a 27,36 km/h.

In via generale quasi tutti gli atleti rallentano nel passato di impulso V1, ciò è dovuto ad una maggiore lunghezza del passo stesso che va ad influenzare la velocità, soprattutto quando oltre alla lunghezza si va ad aumentare anche la fase aerea. Si può ancora notare, dai dati relativi alle velocità, come Hill rispetti alla perfezione il concetto di "accelerazione finale", passando nelle varie fasi da 7,0 - 7,2 - 7,3 metri/secondo, lo stesso viene realizzato anche da Petranoff ma con la lunghezza del passo di impulso L1. La tendenza è quella di effettuare un passo di impulso più lungo rispetto a quelli precedenti, cercando di mantenere comunque costante la velocità, ma si può notare come Zelezny, Mizogushi e Wennlund effettuino un impulso più corto rispetto ai passi precedenti, e tale decremento è evidentissimo nell'atleta giapponese che passa da 2,06 metri di L2 a 1,26 metri di L1, è sicuramente da sottolineare come a questa riduzione di lunghezza non è sempre associato un aumento della velocità, infatti Zelezny nonostante riduca la lunghezza del passo impulso, va a ridurre anche la velocità (da 7,2 a 6,8 metri/secondo), questo è dovuto, con molta probabilità, ad un aumento della fase di volo nel passo impulso, variabile questa che non è stata analizzata nei dati raccolti da Menzel.

L'angolo di inclinazione tra l'asse longitudinale del corpo e la linea verticale ϵ è compreso tra i 14° e 28°, ad eccezione di Yevsyukov e Mizogushi che presentano parametri di 36° e 35°. Questa differenziazione è legata, secondo la nostra interpretazione, al grado di torsione del busto rispetto la direttrice di lancio, parametro che sarà analizzato successivamente, ma che già in questa fase va ad influenzare la biomeccanica del lancio. Infatti mentre tutti gli atleti vanno a cercare una più o meno marcata torsione del busto nel finale di lancio (particolare questo che sarà analizzato successivamente), i due atleti precedentemente menzionati, sono i più lineari e vanno pertanto ad aumentare lo "spazio", e quindi il percorso dell'accelerazione, effettuando una maggiore inclinazione del busto.

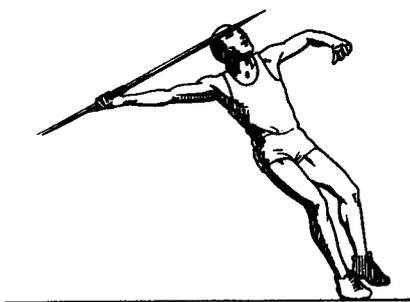
L'angolo di caricamento al ginocchio τ risulta essere aperto da 156° a 175° , ciò fa emergere la tendenza a non ricercare eccessivi caricamenti nel finale a tutto vantaggio della velocità. E' Wennlund l'unico atleta che lancia con caricamenti maggiori, 130° , ed è infatti anche l'atleta più lento e che cerca pertanto un lancio di "forza".

I valori inerenti all'angolo del gomito dell'arto lanciaante φ_{E1} , dovrebbero risultare, secondo la teoria, intorno ai 180° quindi a braccio completamente disteso, i dati invece degli atleti esaminati presentano delle angolazioni che oscillano tra i 147° ai 167° .

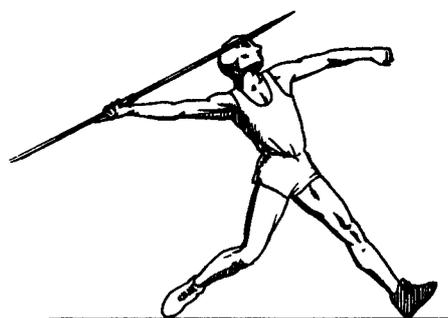
L'angolo esaminato β_1 , che viene calcolato tra l'asse del giavellotto e l'orizzontale, presenta dei rilevamenti estremamente eterogeni; il range è molto alto e va dai 21° di Yevsyukov ai 44° di Petranoff. La tendenza è comunque quella di mantenersi intorno ai 30° - 35° , cercare cioè di mantenere il posizionamento del giavellotto con la stessa angolazione dell'angolo di proiezione finale.

5. FINALE DI LANCIO

5.1 FASE PREPARATORIA O DI MONOAPPOGGIO



Inizio: posizionamento del braccio e della gamba del lato lanciaante



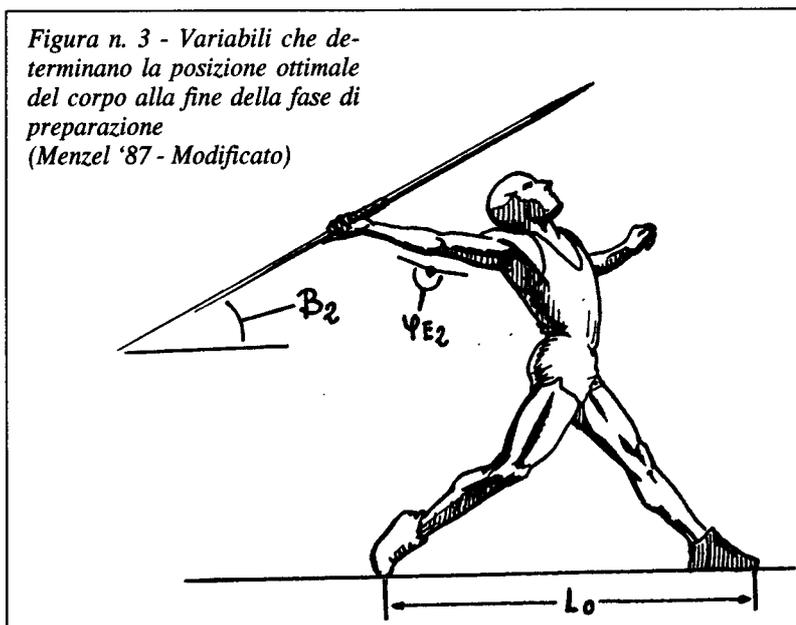
Fine: posizionamento della gamba di puntello

Obiettivo: raggiungimento della posizione ottimale e delle condizioni biomeccaniche favorevoli per il successivo rilascio dell'attrezzo.

In questa fase risulta determinante, ai fini della riuscita del lancio, la lunghezza dell'ultimo passo, ed in particolare è importante la relazione che si crea tra la lunghezza del passo di impulso L_1 con quella dell'ultimo passo $L_0 = L_1/L_0$.

Secondo gli studi effettuati da Terauds nel 1985, il rapporto ideale tra gli ultimi due passi è di 1,62.

Al termine di questa fase il lanciaante dovrebbe aver creato i presupposti per indirizzare nelle giuste direttrici le accelerazioni che saranno successivamente sviluppate. In teoria al termine di questa fase il braccio dovrebbe essere naturalmente disteso, la gamba di puntello dovrebbe ricercare la massima estensione e tensione muscolare, quasi prima di toccare il terreno e l'angolo dell'attrezzo dovrebbe oscillare tra i 30° - 35° . Figura n. 3.



5.1.1 Risultati fase preparatoria

Nella fase preparatoria sono state analizzate le seguenti variabili:

- Δtp = durata della fase preparatoria, secondi;
- $L0$ = lunghezza dell'ultimo passo di rincorsa;
- $L1/L2$ = rapporto tra il passo di impulso e l'ultimo passo di rincorsa;
- $\varphi E2$ = angolo al gomito del braccio lanciaante;
- $\beta 2$ = angolo di posizionamento del giavellotto rispetto all'orizzontale, rilevato nel momento in cui la gamba di puntello prende contatto con il terreno.

I risultati sono illustrati nella tavola n. 3.

Tavola n. 3

RISULTATI DELLA FASE PREPARATORIA						
NOME	Perf. [m]	Δtp	$L0$	$L1/L0$	$\beta 2$	$\varphi E2$
RATY	82,32	0,195	1,54	1,48	131	32
ZELEZNY	82,20	0,160	1,42	1,10	116	39
PETRANOFF	80,46	0,190	1,54	1,46	137	40
YEVSYUKOV	80,34	0,275	1,47	1,86	117	32
HILL	78,14	0,215	1,54	1,56	135	36
MIZOGUSHI	77,78	0,305	1,51	0,83	126	37
WENNLUND	76,76	0,130	1,43	0,99	123	30
SHATILO	71,42	0,240	1,57	1,68	127	35

5.1.2 Analisi dei dati della fase preparatoria

La durata della fase preparatoria Δtp oscilla in un range di tempi che va da 0,130 a 0,305 secondi. Il valore espresso nel lancio di Mizogushi sembra essere di una durata straordinaria rispetto ai valori, riscontrati negli altri lanciaatori.

Il dato riguardante la lunghezza dell'ultimo passo $L0$ è abbastanza omogeneo nei vari lanci, ed è chiaramente da mettere in relazione con la struttura antropometrica dei soggetti.

Interessante è quanto scaturisce dalla relazione tra la lunghezza del passo d'impulso e quello finale $L1/L0$: come già precedentemente esposto nello studio di Terauds 1985, quindi realizzato con il vecchio modello di giavellotto, il rapporto ottimale è di 1,62, ma i dati dei lanci esaminati fanno emergere la tendenza ad un valore di rapporto inferiore a quello precedentemente teorizzato. Ciò significa che gli atleti cercano un passo di impulso più corto ed anche un più rapido contatto al terreno dell'arto di puntello, con conseguente diminuzione della lunghezza del passo finale. Solo il sovietico Yevsyukov ha un rapporto con valori alti 1,86, dovuto ad un lunghissimo passo di impulso di 2,74 metri ed un corto passo finale di metri 1,47. In questo atleta si possono notare la fusione delle due tecniche utilizzate con il vecchio e nuovo attrezzo, infatti l'atleta sovietico proveniva da anni di attività con l'attrezzo veleggiatore ed ha mantenuto la precedente tendenza ad effettuare un lungo passo d'impulso, ma ha variato la parte finale riducendo la lunghezza dell'ultimo passo, adattandosi quindi alla nuova tendenza. E' sicuramente questa una delle sostanziali differenze tra i due modi di lanciare che emerge in maniera chiara dal confronto tra i lavori biomeccanici realizzati prima e dopo l'introduzione della nuova norma IAAF.

L'angolo al gomito del braccio di lancio $\varphi E2$, preso nel momento in cui l'arto di puntello prende contatto con il suolo, è sempre inferiore ai 140° , mentre nei dati presenti in letteratura tale angolo dovrebbe oscillare dai 160° - 170° .

Tale dato è influenzato dalla capacità del soggetto di mantenere la decontrazione della parte superiore del corpo ed anche dal grado soggettivo di mobilità articolare.

E' importante tener presente che, al fine di non creare forze con direttrici diverse rispetto all'asse dell'attrezzo che possano disturbare la fase di volo, l'angolo di posizionamento β_0 dovrebbe andare a coincidere con quello di rilascio dell'attrezzo α_0 ; così facendo l'angolo di "attacco" γ , scaturito dalla differenza β_0 con α_0 , dovrebbe essere di 0° . La tavola n. 4 esposta nella pagina precedente, illustra la differenza che si verifica tra atleti di alta specializzazione e non, proprio in relazione all'angolo di attacco.

Si può notare come, dai dati rilevati dalla tavola n. 4, gli specialisti abbiano dei valori dell'angolo di attacco bassi a differenza dei non specialisti (decatleti e pentatlete) che presentano valori più alti, e ciò va chiaramente ad influire sulla prestazione finale.

5.2.1. Analisi dei risultati della fase di rilascio

Le variabili analizzate in questa fase sono:

- V_0 = velocità dell'attrezzo metri/secondo;
- α = angolo di rilascio, gradi;
- β = angolo di posizionamento del giavellotto, gradi (analisi bidimensionale);
- β_{xz} = angolo di posizionamento giavellotto nel piano x z, visione laterale;
- β_{yz} = angolo posizionamento giavellotto nel piano y z, visione posteriore;
- γ = angolo di attacco, gradi (analisi tridimensionale);
- h = altezza dell'impugnatura dell'attrezzo al momento del rilascio, metri.

Tali dati sono evidenziabili nella figura n. 4

Collegandoci con quanto esposto da Bauersfeld-Schröter 1980, l'angolo di rilascio e la velocità di uscita sono legati al percorso e traiettoria dell'accelerazione. Questo percorso deve avere una lunghezza ottimale e non deve subire "variazioni" nella traiettoria.

Le variabili per poter quantificare le peculiarità della traiettoria dell'accelerazione sono:

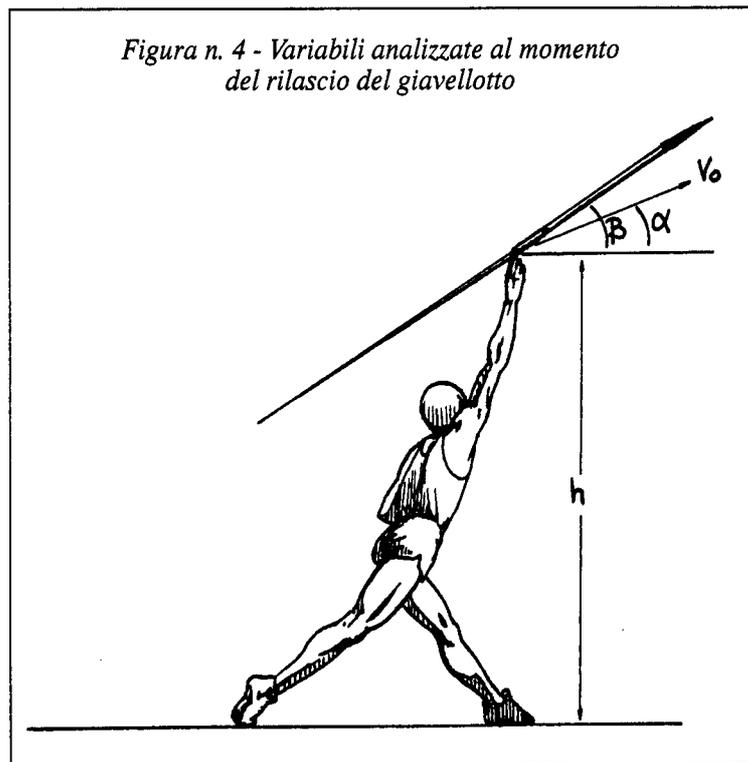
- d a = distanza percorsa dal giavellotto, metri;
- d min = distanza minore ipotetica percorsa dall'accelerazione in questa fase, metri;
- d r = relazione tra la distanza reale e quella ipotetica d a/d min;

Δy = deviazione assoluta laterale del percorso dell'accelerazione rispetto alla direttrice di lancio;

ϕ = massimo angolo di deviazione laterale del percorso dell'accelerazione dalla direzione di lancio, gradi.

I fattori meccanici che definiscono le velocità angolari delle varie articolazioni sono gli angoli tridimensionali che si formano tra i segmenti e le velocità angolari relative alle articolazioni.

Dal grafico n. 2 (vedi pagina seguente) (si può verificare come, in un lancio riuscito, le velocità angolari, riferite ai vari settori interessati, crescano e diminuiscano con una alternanza ben precisa, anche, tronco e arto lanciante, creando una sommatoria di velocità, che va a sfociare nel rilascio dell'attrezzo alla massima velocità possibile, la così detta catena "biocinetica".



Le ricerche realizzate hanno dimostrato che tali velocità angolari sono i fattori biomeccanici che maggiormente influenzano la velocità di uscita del giavellotto, ma a queste variabili "classiche" bisogna aggiungere, secondo Menzel '87:

- la massima apertura dell'angolo al ginocchio della gamba di puntello;
- l'angolo tridimensionale dell'articolazione della spalla al momento del lancio;
- l'incremento della velocità angolare dell'articolazione del gomito nella ultima sottofase dell'azione di lancio.

Grafico n. 2

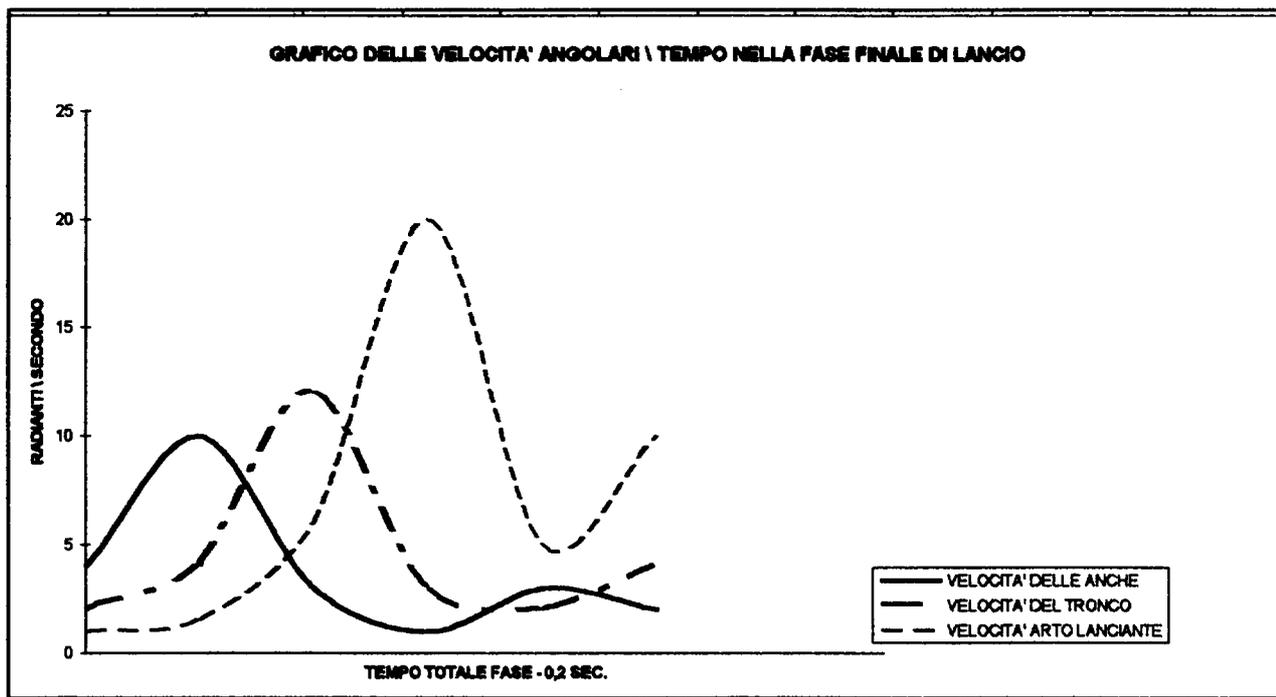


Tavola n. 5

RISULTATI DELLA FASE DI RILASCIO									
NOME	Perf. [m]	V0	α	β	b _{0z}	b _{yz}	γ	h	
RATY	82,32	29,6	37	33	34	82	17	1,81	
ZELEZNY	82,20	30,0	37	40	41	69	10	1,64	
PETRANOFF	80,46	29,1	33	40	42	66	11	1,72	
YEVSYUKOV	80,34	28,2	38	33	33	75	12	1,71	
HILL	78,14	29,2	35	38	39	71	12	1,69	
MIZOGUSHI	77,78	27,4	36	37	38	66	12	1,57	
WENNLUND	76,76	27,1	37	30	32	64	12	1,69	
SHATILO	71,42	27,9	31	35	36	68	19	1,81	

Grafici n. 3 e 4 - Variabili del percorso dell'accelerazione

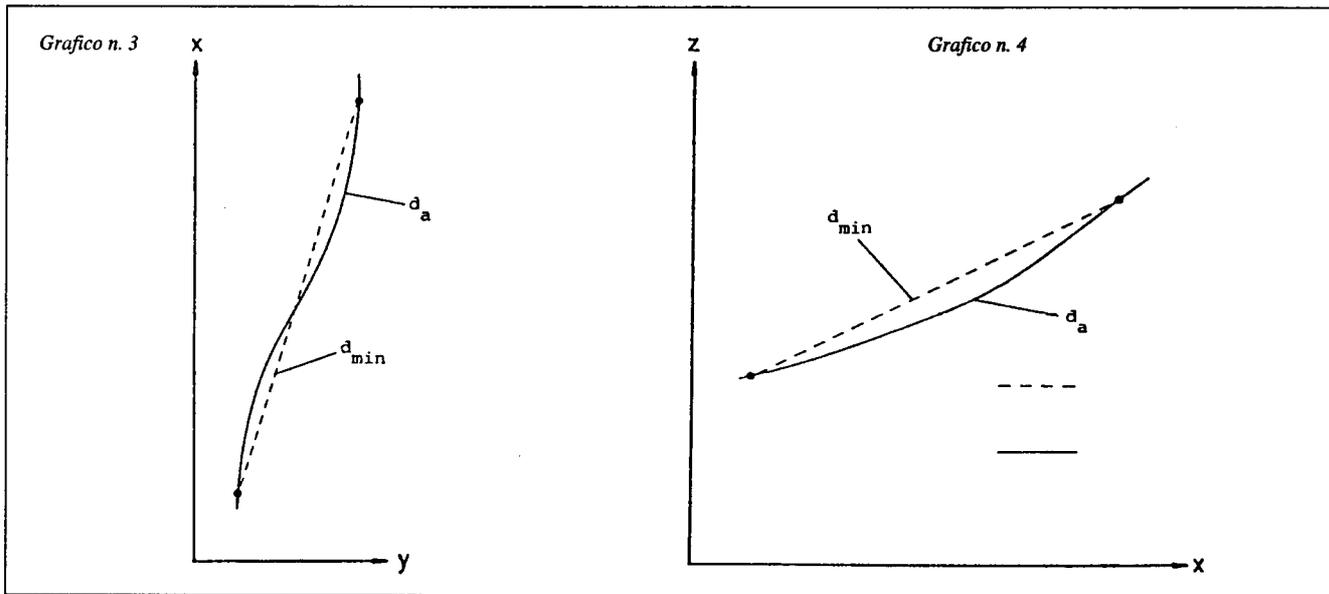


Tavola n. 6 - Risultati del percorso dell'accelerazione

RISULTATI DELL' ANALISI DEL PERCORSO DELL' ACCELERAZIONE							
NOME	Perf. [mt]	d	dmin	dr	Δy	ϕ	
RATY	82,32	1,94	1,87	1,04	0,19	73	
ZELEZNY	82,20	1,59	1,52	1,05	0,49	57	
PETRANOFF	80,46	1,83	1,78	1,03	0,77	48	
YEVSYUKOV	80,34	1,38	1,34	1,04	0,18	75	
HILL	78,14	1,93	1,86	1,04	0,41	66	
MIZOGUSHI	77,78	1,54	1,51	1,02	0,41	66	
WENNLUND	76,76	1,69	1,60	1,05	0,60	51	
SHATILO	71,42	1,66	1,61	1,03	0,27	72	

Generalmente nell'analisi bidimensionale dell'angolo di attacco γ viene considerata la semplice differenza tra l'angolo di impostazione e quello di rilascio. Nell'analisi tridimensionale l'angolo di attacco è definito come l'angolo che si forma tra l'angolo di posizionamento dell'attrezzo e la direzione della sua velocità.

Dai dati riscontrati si può notare come i valori dell'analisi tridimensionale siano più alti rispetto a quelli che ne scaturirebbero dall'analisi bidimensionale: il range va dai 10 ai 19 gradi, ed è Zelezny l'atleta che meglio riesce ad ottimizzare i due angoli.

L'angolo di posizionamento β yz, la visione posteriore, ci indica anche il grado di torsione del busto, dai risultati emerge un'angolazione di 64°-69° tra i vari atleti.

In linea con quanto espresso da Kelvin Giles in "Athletics Coach" del 1979, in cui l'autore analizza il grado di torsione nel finale di lancio preso dal lancio primato di M. Nemeth di 94.58, si può supporre che gli atleti vadano, consciamente

o inconsciamente, a cercare una maggiore torsione del busto nel finale per favorire un allungamento del percorso dell'accelerazione, per aumentare lo stiramento dei gruppi muscolari interessati e per mantenere alta la velocità di entrata in quanto si diminuiscono i caricamenti degli arti inferiori.

Ma tale tecnica, pur presentando i suoi vantaggi, crea notevoli problemi, che possiamo così individuare:

- aumento della tendenza a lanciare l'attrezzo per linee esterne, senza far intervenire in maniera corretta la spalla;
- aumento delle difficoltà nell'indirizzare l'attrezzo con le giuste angolazioni nel momento del rilascio;
- aumento della rotazione verso sinistra con relativa diminuzione del blocco del lato sinistro.

Secondo le varie teorie tecniche, il portare l'attrezzo fuori dalla linea di lancio non è ottimale, anche se tale accorgimento era già stato utilizzato dal finlandese Siitonen nel 1974. Quasi tutti i lanciatori della "nuova generazione" hanno nel loro modo di lanciare questa tendenza, ma per effettuarla l'atleta deve possedere le seguenti peculiarità:

- grande sensibilità sull'attrezzo per riuscire ad avere i giusti angoli di posizionamento e rilascio;
- forte accelerazione nel finale di lancio.

Per ciò che riguarda il dato relativo all'altezza dell'impugnatura dal terreno al momento del rilascio h , è logicamente influenzato dai dati antropometrici degli atleti.

Nella analisi sul percorso dell'accelerazione emerge come anche la variabile d sia fortemente influenzata da fattori antropometrici, oltre che da quelli tecnici.

Un atleta più alto, e quindi con arti più lunghi, riesce logicamente ad ottenere percorsi maggiori, ma si può notare anche come tale fattore non sia determinante in maniera assoluta, perché atleti come Yevsyukov con un percorso inferiore, metri 1,38, riescono ad ottenere ugualmente alte velocità di uscita.

Un altro dato che si può notare è di come il rapporto tra d e d/d min sia molto vicino a quello teorico che è 1, ciò sta ad indicare che gli atleti poco si discostano dal percorso ideale dell'accelerazione.

La deviazione assoluta laterale $\Delta \gamma$ ed il relativo angolo ϕ non sembrano avere grande influenza sulla velocità di rilascio.

6. ANALISI DATI VARIABILI SEGMENTI CORPOREI

In questa delicata fase del lancio sono state prese in considerazione altre variabili in relazione ai segmenti corporei, che sono:

Gamba di puntello

- t_{kf} = tempo di flessione dell'angolo dell'articolazione del ginocchio, secondi;
- ω_{kf} = massima velocità angolare di flessione del ginocchio, radianti/secondo;
- ϕ_k = minimo angolare del ginocchio, gradi.

Tronco

- ω_{Hto} = velocità angolare di rotazione dell'asse delle anche all'inizio della fase;
- ϕ_{Ht} = minimo angolo formato tra asse delle anche e asse longitudinale del tronco del lato lanciante, gradi;
- ϕ = deviazione dell'asse longitudinale del tronco della linea verticale al momento del lancio, gradi.

Braccio di lancio

- $\omega_{UA to}$ = velocità angolare del braccio al momento del lancio, radianti/secondo;
- $\omega_{FA to}$ = velocità angolare di rotazione dell'avambraccio all'inizio della fase di lancio, radianti/secondo;
- $\omega_{FA f}$ = massima flessione - velocità angolare dell'avambraccio, radianti/secondo;
- $\omega_{FA s}$ = massimo stiramento - velocità angolare dell'avambraccio, radianti/secondo;
- t_{Ef} = tempo di flessione dell'angolo dell'articolazione del gomito, secondi;
- t_{Es} = tempo di stiramento dell'angolo dell'articolazione del gomito, secondi;
- ϕ_{Str} = angolo della spalla al momento del rilascio, gradi;
- t = tempo della fase di lancio, secondi;
- ϕ_e = minimo angolo del gomito, gradi.

Tavola n. 7 - Risultati della fase finale di lancio

RISULTATI DELLA FASE FINALE DI LANCIO																			
GAMBA DI PUNTELLO							BRACCIO LANCIANTE												
NOME	Perf. [m]	tkf	kf	mf	k	MO	Td	Tt	φ Ht	γ	Lubo	FAs	FAF	FAS	IEF	IES	φ STR	φ E	I
RATY	82,32	0,08	10,9	15,3	2,2	6,0	0,86	46	57	4,6	9,3	12,5	38,2	0,04	118	79	0,15		
ZELEZNY	82,28	0,07	5,8	166	3,9	5,4	0,87	49	50	5,4	7,5	14,9	23,3	0,07	102	86	0,12		
PETRANOH	80,46	0,07	6,0	164	0,5	1,3	0,86	68	17	0,8	9,3	19,9	23,9	0,06	118	89	0,12		
YEVSYUKC	80,34	0,09	10,8	145	5,0	3,5	0,86	72	53	7,9	8,7	9,1	35,2	0,03	99	90	0,11		
HILL	78,14	0,09	5,9	168	5,9	6,4	0,87	56	26	7,4	15,3	16,2	38,1	0,07	106	99	0,14		
MIZOGUSH	77,78	0,07	5,9	165	2,5	1,2	0,85	53	52	11,3	8,5	9,8	25,7	0,08	131	113	0,11		
WENNLUN	76,76	0,11	4,1	156	4,1	1,6	0,89	68	54	5,3	5,1	5,3	20,6	0,08	111	100	0,14		
SHATILO	71,42	0,12	11,0	147	2,1	1,3	0,85	54	42	5,1	4,5	10,9	38,9	0,09	141	111	0,12		

Considerando i dati relativi alla gamba di puntello, possiamo notare come i tempi di flessione al ginocchio abbiano un range compreso tra i 0,07 e i 0,12 secondi, tale tempo è da mettere in relazione con il relativo angolo φ k, i due dati stanno ad indicare l'energicità con cui viene effettuato il puntello.

È Zelezny l'atleta che con un tempo di 0,07 secondi e 166° di angolo di flessione, detiene i valori migliori, seguito con dati molto simili da Petranoff e Mizogushi.

I dati che si riferiscono al tronco e ne descrivono il movimento all'inizio della fase di lancio, mettono in luce degli aspetti estremamente importanti:

la relazione che intercorre tra le velocità angolari dell'asse delle anche ω_H e l'asse longitudinale del tronco ω_T va ad indicare il rispetto della catena biocinetica, infatti in lavori precedenti a "Roma 87", realizzati dallo stesso Menzel, si è dimostrato che alte velocità angolari del tronco, non precedute da velocità più alte a livello delle anche, hanno effetti negativi sulla velocità finale...

Petranoff è l'atleta che meglio riesce ad interpretare questa fase, infatti ad una forte velocità di rotazione delle anche 8,5 radianti/secondo corrisponde una bassa velocità a livello del tronco 1,3 radianti/secondo, ciò a tutto vantaggio della pressione muscolare.

Tra le velocità angolari prese in considerazione nel braccio la più importante è sicuramente quella dell'avambraccio nel momento del massimo stiramento ω_{FAS} , gli atleti con i valori più alti risultano essere Hill, 39,1 radianti/secondo, e Raty con 38,2 radianti/secondo.

L'ultimo indicatore importante ai fini della riuscita del lancio è l'angolo dell'articolazione della spalla al momento del rilascio ω_{Str} ; secondo la letteratura tale angolo dovrebbe essere intorno ai 100°/110°; pertanto i valori conseguiti dai lanci di Mizogushi e Shatilo di 141° sono da considerarsi sfavorevoli.

BIBLIOGRAFIA

- BAUERSFELD H. H.; G. SCHRÖTER: *Leichtathletik (Track and Field)*. Berlin 1986.
- IKEGAMI Y., ET AL.: *Biomechanical analysis of the javelin throw*. In: Morecki A. et al. (publ.): *Biomechanics VII-B*, Baltimore 1981, 271-276.
- KOLLATH E.: *Speerwurf. Kinematische Analyse des Anlaufs und Abwurfs*. (Javelin throw. Kinematic analysis of approach and release). In: Ballreich, R.; W. Baumann. (Hrsg.): *Biomechanische Leistungsdiagnostik, Ziele-Organisation-Ergebnisse*. Berli 1983, pp. 87-98.
- MENZEL H. J.: *Transmission of partial moment in the javelin throw*. In: Jonsson (ed.); *Biomechanics X-B*, Champaign 1987 a, pp. 643-648.
- MENZEL H. J.: *Modellierung der Abwurfbewegung beim Speerwurf von Hochleistungsathletinnen*. (Models of the throwing movement in Javelin throw of female top athletes). Dissertation, Universität Frankfurt 1987 b.
- MENZEL H.J.: *Biomechanics of javelin throwing*. In: IAAF, *New Studies in Athletics*, Rome, Sep. 1986, pp. 85-98.
- MENZEL H. J.: *Biomechanical analysis of the Javeling*. Scientific report on the II world Championships in athletics - Rome 1987.
- RICH, R.G. ET AL.: *Kinematic analysis of elite javelin throwers*. In: *Sports Biomechanics: Proceedings of the International Symposium of Biomechanics in Sports*, Del Mar (Cal.) 1984, 53-60.
- TERAUDS, J.: *Biomechanics of the javelin throw*. Del Mar (Cal.) 1985.
- TERAUDS J.: *Release characteristics of international discus and javelin throwers*. *Mod. Athlete and Coach*, Jg. 14, 1/1976. 28-30.
- TERAUDS J.: *Computerized biomechanical analysis of selected javelin throwers at the 1976 Montreal Olympiad*. *Track and Field Quarterly Review*, Jg. 78, 1/1978, 29-31.
- PEUKERT, R.: *Aspetti metodologici dell'allenamento e biomeccanici dello sviluppo della tecnica sportiva del lancio del giavellotto in considerazione della normativa IAAF*.
- HUBBARD M. E ALAWAYS W.: *Optimum Release Conditions for the New Rules Javeling*. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1987, 3, pp. 207-221.
- GILES K.: *Rotation in Javeling throwing Athletics Coach - vol. 13 pp. 2-3 Sept. 1979*.
- RADMAN F. *Il lancio del giavellotto*. *Athleticastudi*, 3 1984, pp. 249-280.
- LENNART - JULIN A.: *The new javeling: Effects on Level of Performance New Study in Athletics n. 1 - 1988*, pp. 75-84.
- BORGSTROM A.: *Two years with the new Javeling*. *New Study in Athletics - 1-1988*, pp. 85-88.
- PAISH W.: *Javeling Throwing for Women New Study in Athletics, 1-1988*, pp. 18-20.
- KOMI P. V. E MERO A.: *Biomechanical Analysis of Olympic Javeling Throwers International Journal of Sport Biomechanics 1-1985*, pp. 139-150.
- GREGOR R. J. E PINK M.: *Biomechanical Analysis of a World Record Javeling throw: a Case Study International Journal of Sport Biomechanics. 1-1985*.

*Indirizzo dell'Autore:
Prof. Domenico Di Molfetta
Viale G. Vittorio, 185
71100 Foggia*