

LA LOGICA DEL FOSBURY - FLOP

di *SERGIO ZANON*

Dedicato al professor Valter Bragagnolo che, con il suo entusiasmo e le sue intuizioni, per primo ci ha convinti della validità di questa nuova tecnica di salto in alto ed al dottor ingegner Hein Beulke, in riconoscimento dei suoi studi, che tanta influenza hanno avuto sulla nostra attività di uomini di campo, particolarmente nella chiarificazione delle basi meccaniche di questo tipo di salto.

Immaginiamo due sfere A e B, che scorrono su altrettante guide elicoidali 1 e 2, e che siano unite dal segmento d con baricentro del sistema H (fig. 1). Se il baricentro di questo sistema percorre le guide elicoidali con velocità costante V , alla fine del tragitto sulle guide, esso continuerà nel suo moto uniforme, quando non intervenga una forza esterna a modificare lo stato, mentre vi sarà anche un moto delle due sfere attorno al baricentro H del sistema, nel piano normale a V e con velocità angolare ω (fig. 1b), quest'ultima dipendente dall'entità della velocità V di traslazione (fig. 1a).

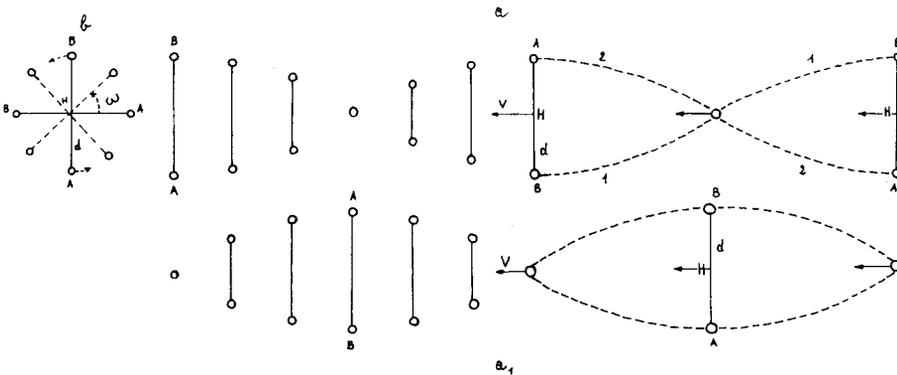


Fig. 1 - Proiezioni ortogonali schematiche del sistema AB e delle guide elicoidali 1-2. A e B: sfere; d: segmento congiungente; H: baricentro; V: velocità di traslazione del baricentro H; ω velocità angolare del segmento d attorno all'asse passante per H.
 a) vista laterale;
 b) vista frontale;
 a1) vista perpendicolare.

Se, nel momento dell'abbandono delle guide, in H viene applicata una forza F , normale a V , questo vettore F , componendosi con quello della velocità V , genera il vettore V_1 , che farà compiere, al sistema AB, il percorso in direzione V_1 .

Se, ancora, durante questo percorso, il sistema si muove in un campo gravitazionale, il suo baricentro H descriverà una parabola (figure 2, 2a). Naturalmente, il sistema AB continuerà a ruotare attorno al

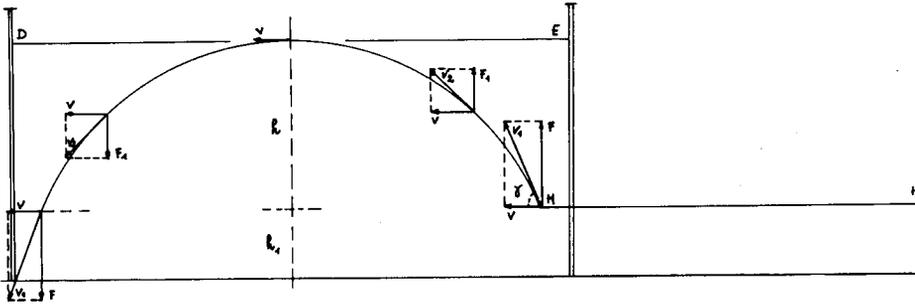


Fig. 2 - Schema di una parabola percorsa dal punto H. L'altezza del vertice della parabola viene determinata soltanto dalla F e resta indipendente da V .

suo baricentro H, con velocità angolare ω , anche per tutto il percorso della parabola.

Immaginiamo ora che, al momento dell'abbandono delle guide, il sistema A-B, percorrendo la parabola, abbia la possibilità di modificare la propria lunghezza d . Per un semplice ragionamento di meccanica risulta che, quando diminuirà la propria lunghezza, la sua velocità angolare diventerà maggiore di ω (cioè ruoterà più velocemente) (fi-

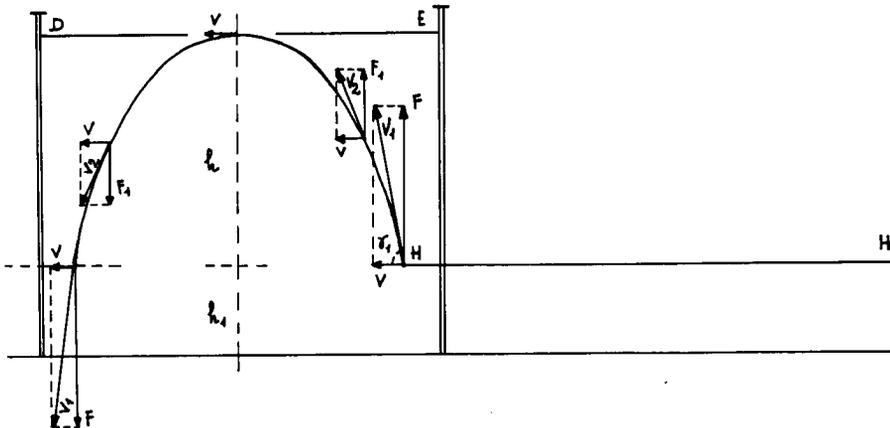


Fig. 2a - Schema di un'altra parabola percorsa dal punto H.

gura 3b), quando l'accrescerà, sarà minore di ω (ruoterà più lentamente) (fig. 3c).

Se il sistema A-B, con la parabola, deve superare un ostacolo il più alto possibile, rappresentato da un segmento D-E (asticella) (fig. 2, 2a), sarà necessario che, al culmine della parabola, il segmento A-B si trovi orientato normalmente alla forza di gravità (orizzontale) e stia proprio sopra l'ostacolo D-E, per permettere il minor spazio possibile tra A-B e D-E (fig. 3, 3a).

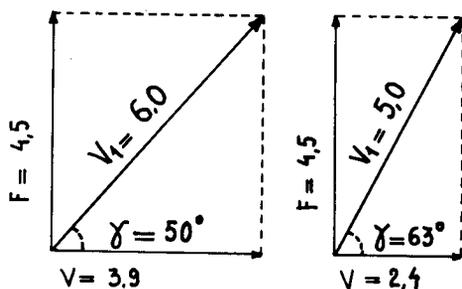


Fig. 2a₁ - Schema che illustra come, a parità di F , il valore della velocità iniziale V_1 possa essere modificato dalla velocità orizzontale V e dall'angolo di elevazione γ (Kerssenbrock).

La posizione più conveniente, per il superamento dell'ostacolo, prevede anche che il piano verticale della parabola, percorsa dal baricentro H del sistema A-B, formi un angolo di entità α con il piano verticale contenente l'asse dell'ostacolo D-E (fig. 3, 3a).

Quest'angolo dipende dalla lunghezza d del segmento A-B, dalla componente orizzontale della velocità V di percorrenza della parabola (fig. 2, 2a), nonché dalla velocità angolare ω del sistema, attorno al suo baricentro.

La necessità che questo angolo sia $90^\circ < \alpha > 0^\circ$, risulta dal fatto che il sistema A-B deve impiegare un tempo t per il valicamento del segmento D-E (fig. 3, 3a, 3a₁).

Infatti, le parabole vengono caratterizzate da un angolo di elevazione γ e da una velocità iniziale V_1 che è la maggiore che si riscontra per tutta la traiettoria. Nel vuoto, la V_1 viene eguagliata soltanto all'intersezione del piano orizzontale passante per l'origine della parabola, con il ramo discendente della stessa. Al vertice della parabola, questa velocità presenta il suo valore minimo ed eguaglia il valore della componente orizzontale della velocità iniziale V_1 all'origine (fig. 2, 2a). Ragionando geometricamente, dunque, il segmento d del sistema A-B non potrebbe valicare il più elevato possibile segmento D-E, se $\alpha = 90^\circ$, poiché dovrebbero passare le due sfere contemporaneamente, impedendo una coincidenza dei due segmenti. Con angoli $\alpha < 90^\circ$, per ogni istante del valicamento la coincidenza potrebbe essere data soltanto da un punto e ciò permetterebbe il valicamento stesso, data la possi-

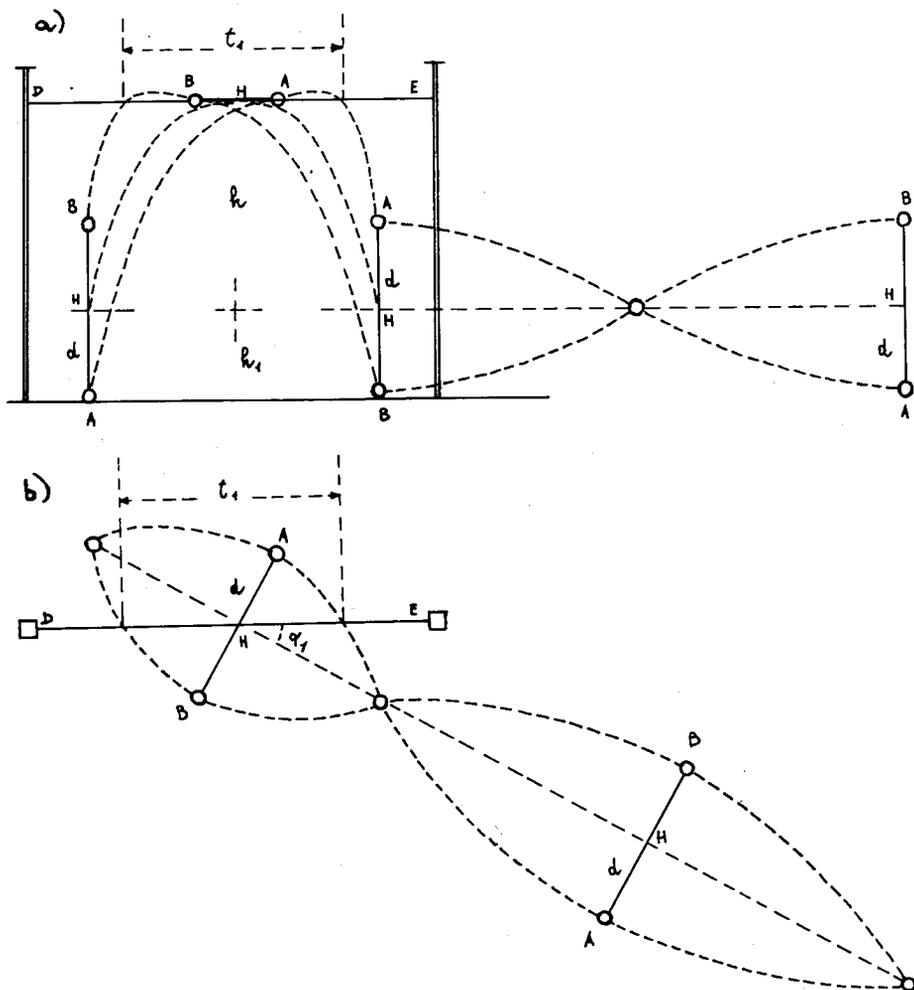


Fig. 3

- a) Proiezione laterale, rispetto al piano verticale contenente DE, del superamento, da parte del sistema AB, dell'ostacolo DE, nel caso di lunghezza costante di AB, all'inizio della parabola, con un angolo di incidenza α_1 .
- b) Proiezione perpendicolare, schematica, del superamento, da parte del sistema AB, dell'ostacolo DE, nel caso di lunghezza costante d di AB, all'inizio della parabola, con un angolo di incidenza α_1 .

bilità di ruotare intorno a questo punto, presentata dal segmento d (fig. 3a, 3a₁, 3a₂).

Nel salto in alto con la tecnica cosiddetta Fosbury, possiamo immaginare che il corpo del saltatore sia paragonabile al segmento A-B (fig. 4₃). Per imprimere un movimento rotatorio attorno all'asse sagittale del saltatore, cioè per sostituire le guide elicoidali dello

schema 1-2 di fig. 1, il saltatore usa l'artificio della rincorsa in curva, con cambiamento di raggio (fig. 5), che prima lo costringe ad inclinarsi e poi a raddrizzarsi, immediatamente prima di staccare (fig. 5, 6₁₋₆).

Accade, allora, che le modalità di svolgimento della curva producano, nel segmento B-A rappresentato dal saltatore (distanza piede-

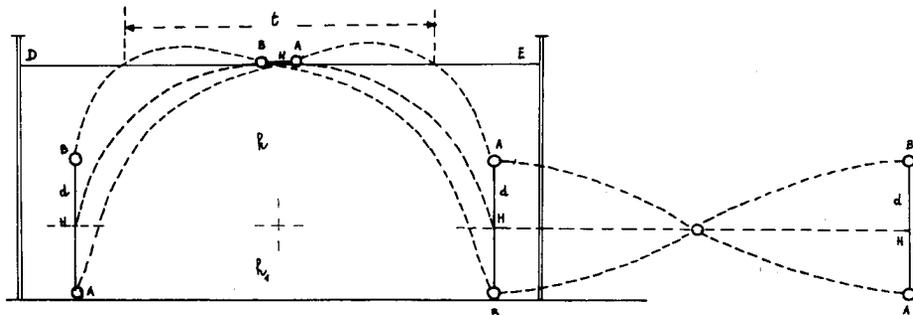


Fig. 3a - Proiezione laterale, rispetto al piano verticale contenente DE del superamento, da parte del sistema AB, dell'ostacolo DE, nel caso di lunghezza costante di AB, all'inizio di una parabola di uguale altezza di vertice della precedente (fig. 3), ma di diverso valore dell'angolo di elevazione e della componente V della velocità iniziale V_1 , nonché con un differente valore dell'angolo di incidenza ($\alpha < \alpha_1$).

capo), una rotazione attorno al punto di contatto con il suolo, B (piede), con velocità angolare ω , di raddrizzamento (fig. 6₅).

La forza applicata in B allora viene rappresentata dalla forza F impressa allo stacco, che dovrebbe avere la direzione verticale e dovrebbe passare per il baricentro G (fig. 6₇).

Schematicamente allora, una parte V della velocità orizzontale del baricentro G del saltatore, generata con la rincorsa, si compone con la velocità verticale generata allo stacco dalla F , formando la velocità iniziale V_1 della parabola di salto del baricentro. Resta inteso che, a

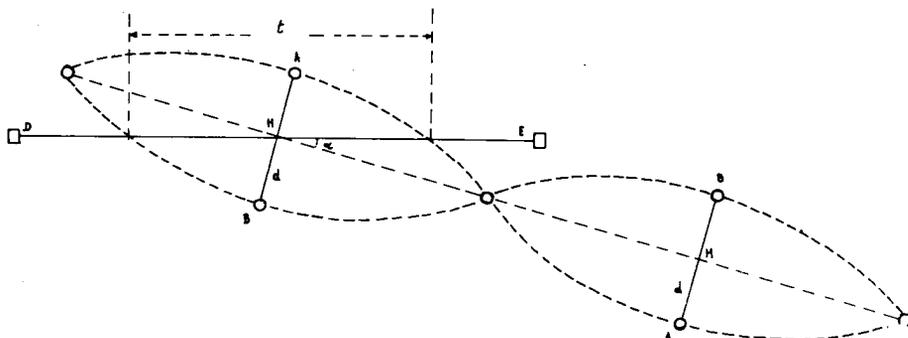


Fig. 3a₁ - Proiezione perpendicolare schematica, del superamento, da parte del sistema AB, dell'ostacolo DE, nel caso di lunghezza costante di AB, all'inizio di una parabola di uguale altezza di vertice della precedente (uguale F ; uguale h), ma di diverso valore dell'angolo di elevazione γ e della componente orizzontale V della velocità iniziale V_1 , nonché con un differente valore dell'angolo di incidenza ($\alpha < \alpha_1$).

parità di valore della F , la velocità iniziale V_1 sarà tanto più grande, quanto maggiore sarà la parte della velocità orizzontale della rincorsa utilizzata, mentre l'angolo di elevazione diminuirà corrispondentemente (fig. 2a₁). Il corpo, però, possiede anche una velocità angolare di rotazione ω del segmento piede-capo (BA), attorno al punto piede (B)

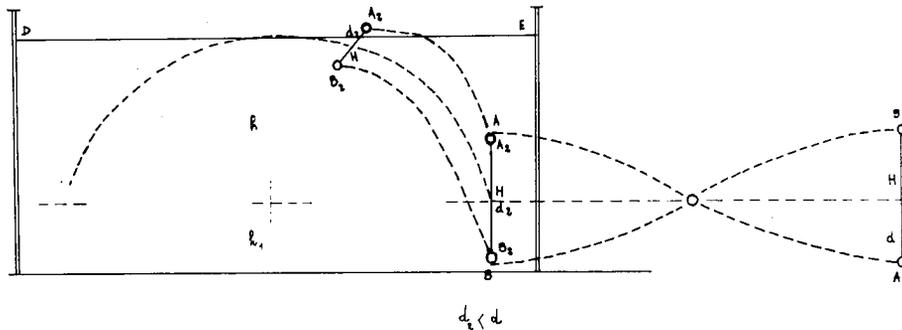


Fig. 3b - Proiezione schematica, rispetto al piano verticale contenente DE, dell'urto del segmento AB con DE, nella fase precedente il raggiungimento del vertice, nel caso di una diminuzione della lunghezza di AB ($AB > A_1 B_1$) all'inizio della parabola, per un angolo di incidenza α .

prodotta dal raddrizzamento della curva di rincorsa (fig. 5), velocità angolare che, per semplificare, immaginiamo essere indipendente dall'azione di stacco. Naturalmente, in questo caso, il sistema BA del saltatore (piede-capo), continua la sua rotazione, mentre percorre la parabola con una velocità che presenta la sua componente orizzontale della velocità iniziale V_1 (nella fig. 2, 2a e 2a₁ contrassegnate con la lettera V). Questa componente orizzontale della velocità iniziale, allora,

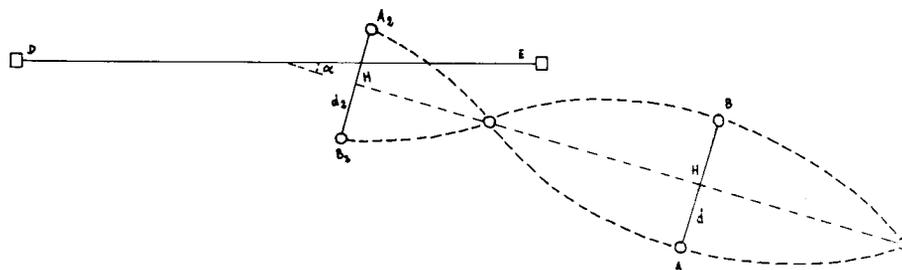


Fig. 3b₁ - Proiezione perpendicolare del caso descritto in fig. 3b.

condiziona l'entità del valore della velocità angolare ω del saltatore, attorno al proprio asse (sagittale prima e trasversale poi), poiché è uno dei fattori che influiscono sul tempo di valicamento t (fig. 3, 3a₁).

Tuttavia, l'ottenimento della velocità angolare di rotazione ω attorno all'asse sagittale, passante per il baricentro G del saltatore, non avviene

precisamente con un meccanismo simile a quello dell'esempio delle guide elicoidali. Il saltatore presenta, nella corsa in curva, un sistema B-A (piede-capo) in cui si può considerare che, nelle fasi di contatto con il suolo, l'asse attorno cui il segmento BA (saltatore) è spinto a ruotare, passa per B ed è, ovviamente, normale al piano di rotazione

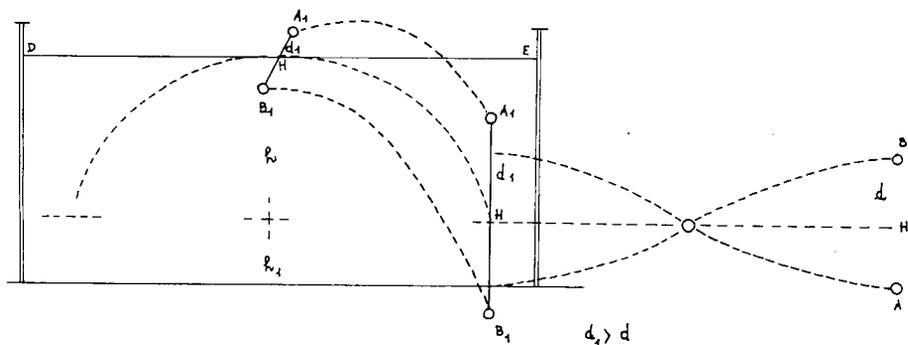


Fig. 3c - Proiezione schematica rispetto al piano verticale contenente DE, dell'urto del segmento AB con DE, al vertice della parabola, nel caso di un aumento della lunghezza di AB ($AB < A_1 B_1$) all'inizio della parabola, per un angolo di incidenza α .

(fig. 6_s). In questo caso, al momento dello stacco, avviene una trasposizione dell'asse di rotazione. Infatti, la velocità angolare di raddrizzamento dell'atleta, nella fase di stacco, è ω ed ha l'asse di rotazione passante per B. Al momento dell'abbandono del contatto con il suolo (fine stacco), l'asse di rotazione si sposta parallelamente a se stesso e passa per il baricentro G. Questo fatto, come vedremo, non fa aumen-

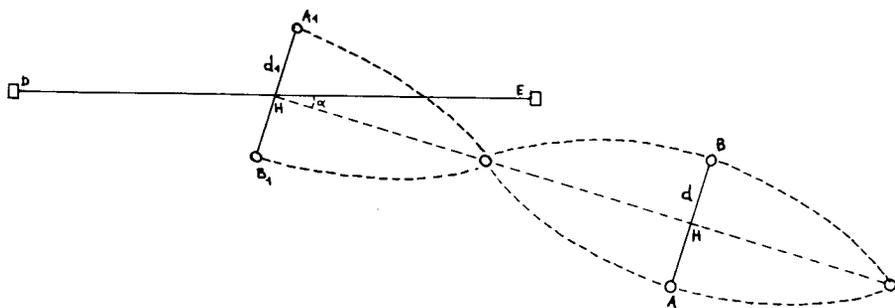


Fig. 3c1 - Proiezione perpendicolare del caso descritto in fig. 3c.

tare la velocità angolare ω del sistema (piede-capo), per cui la velocità di rotazione del saltatore attorno al proprio baricentro G, al momento dello stacco, resta sempre ω , quando tutte le altre condizioni siano mantenute costanti, in particolare quando la distanza BA resti invariata. I valori del raddrizzamento al suolo, generati dal modo di disporre gli ultimi appoggi della rincorsa, immediatamente prima dello stacco, de-

Ora, con un semplice esempio, cercheremo di illustrare il fenomeno della trasposizione dell'asse di rotazione. Avendo una ruota che viaggia a velocità costante sul piano P (fig. 8) e con una velocità di rotazione ω attorno al suo perno C, appena essa lascia il piano P e si libra nel vuoto, la sua velocità di rotazione attorno al punto C resta ω .

Mentre la ruota corre sul piano, tuttavia, l'asse momentaneo di rotazione di tutto il sistema, effettivamente, passa in K ed è normale al piano di figura. Perciò, la lunghezza del sistema diviene K Q. Dunque, il fulcro è in K ed ω è la velocità angolare.

Al momento dell'abbandono del piano P, vi è la trasposizione dell'asse della rotazione da K a C. Analogamente per il saltatore allo stacco. Dopo una rincorsa in curva egli deve tener conto di giungere in

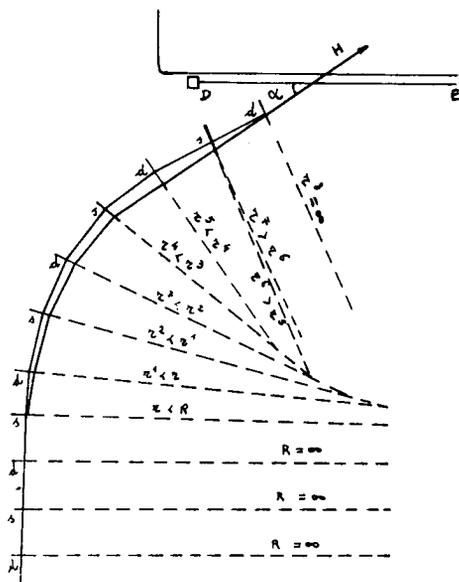


Fig. 5 - Andamento, sulla pedana, di una rincorsa curvilinea per il salto in alto. Linea continua esterna: congiungente dei punti piede. Linea continua interna: proiezione, sulla pedana, del tragitto del baricentro. Linee tratteggiate: raggi di curvatura, DE: asticella.

posizione orizzontale al vertice della parabola, onde frapporte la minor distanza possibile tra il baricentro G e l'ostacolo [e possibilmente far passare la traiettoria del baricentro stesso sotto il segmento DE (asticella)] (fig. 9b, fig. 14a). Inoltre, egli deve cercare di ridurre al minimo indispensabile il tempo di valicamento t (fig. 3a, 3a₁).

Per far ciò, il saltatore accorcia o allunga il segmento B-A (piedi-capo) agendo così sulla velocità di rotazione ω del suo corpo attorno all'asse, che prima era sagittale ed ora è trasversale, per effetto delle

rotazioni attorno all'asse longitudinale, che gli hanno permesso di presentare all'asticella il dorso (fig. 4₃₋₆), in una posizione molto incurvata (fig. 9b, 14a).

Il fondamento di queste ultime rotazioni risiede nel fatto che lo stacco avviene ad un solo arto, lungo il segmento piede-capo. L'arto libero inferiore produce un momento rotatorio (fig. 4_{3I}), che viene compensato dall'azione delle spalle e delle braccia (fig. 4_{3II}). Il momento rotatorio generato dalla gamba libera ha un senso antiorario per i saltatori con stacco di piede sinistro, ed un senso orario per i saltatori con stacco di piede destro (fig. 4₃; fig. 6₆).

Queste rotazioni permettono allora al saltatore di agire continuamente anche sulla situazione dell'asse minore (trasversale), che passa

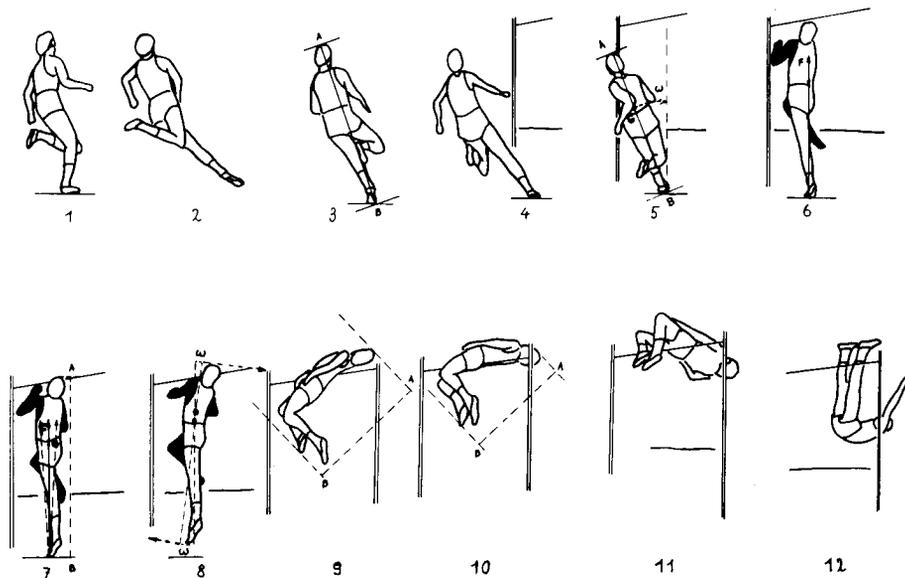


Fig. 6 - Schematizzazione di alcune fasi di un salto secondo la tecnica Fosbury (D. Stones). (Vedi testo).

da un orientamento sagittale allo stacco, parallelo alla direzione di corsa, ad un orientamento trasversale al momento del valicamento dell'asticella. Il saltatore, così, può presentarsi con il dorso all'asticella (fig. 4₃₋₆; fig. 10), quando l'asse longitudinale (piedi-capo) è in posizione orizzontale sopra l'asticella stessa. Il capo, naturalmente, ha una grande importanza nel controllo di queste rotazioni (fig. 4₃₋₇).

L'analisi superficiale delle rotazioni attorno all'asse longitudinale non presenta soverchie difficoltà.

Queste rotazioni, come abbiamo visto, si creano perché lo stacco avviene ad un piede. La perdita di energia per la loro realizzazione è di scarsa importanza, in riferimento all'utilizzazione, che ne fa il sal-

tatore, per ottenere un valicamento dell'asticella che gli permetta il miglior differenziale tra la quota raggiunta dal proprio baricentro e quella dell'asticella (fig. 14a), nonché per poter utilizzare integralmente, da parte del proprio baricentro, la maggior forza possibile espressa in tempi così ridotti come quelli in cui si svolge lo stacco del Fosbury. Il momento creato dall'azione della gamba libera viene compensato dall'azione degli arti superiori, per permettere una certa stabilità all'asse

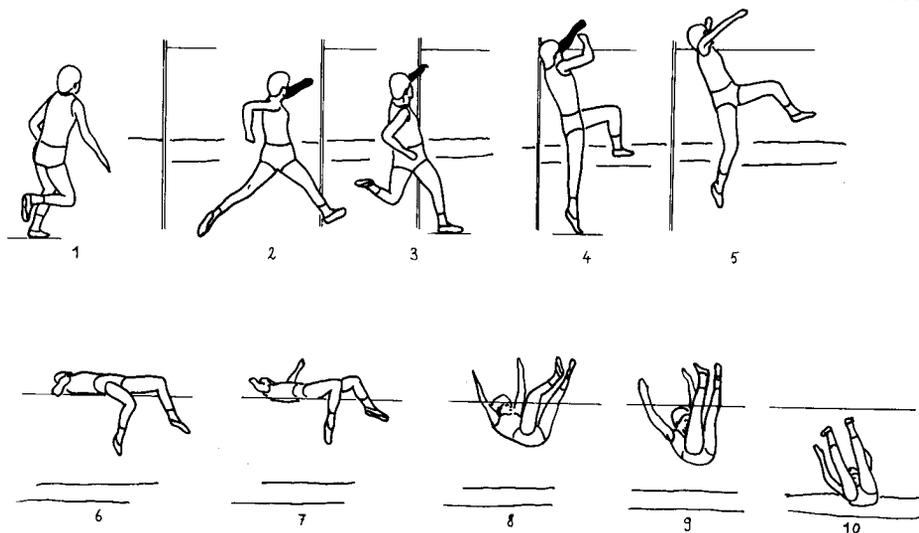


Fig. 7 - Schematizzazione di alcune fasi di un salto, secondo la tecnica Fosbury (S. Simeoni). (Vedi testo).

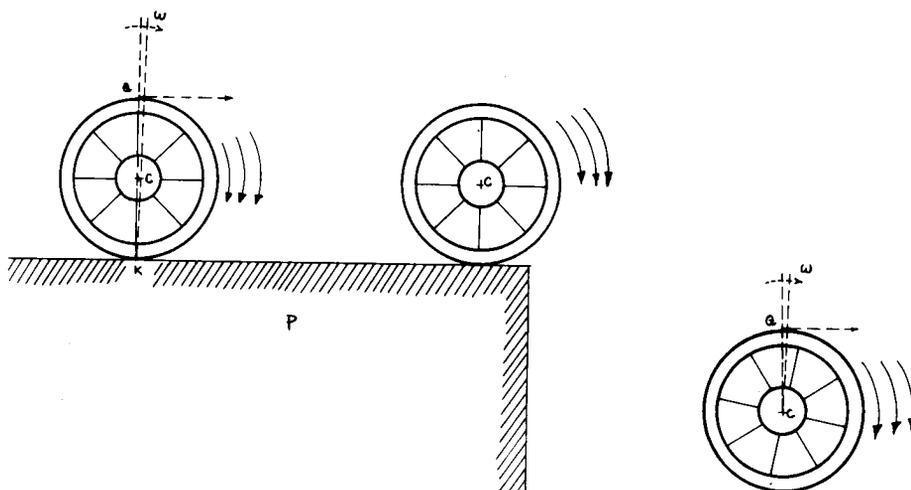


Fig. 8 - Schema della trasposizione dell'asse di rotazione, in una ruota in moto, che lascia un piano orizzontale e cade nel vuoto.

longitudinale in una fase delicata come quella dello stacco (fig. 4_s; fig. 7₄; fig. 12₆; fig. 13₇).

Tutto ciò, naturalmente, quando l'atleta è ancora vincolato al suolo; ma appena liberatosi dal vincolo, cioè al momento dell'involò, l'azione di reazione, contraria alla precedente, svolta dal capo e dalle spalle ed il conseguente compenso effettuato dalle anche e dalle gambe (fig. 4₄; fig. 13₈) portano l'atleta con il dorso rivolto all'asticella (fig. 4₅₋₆; fig. 7₆; fig. 11; fig. 12₈).

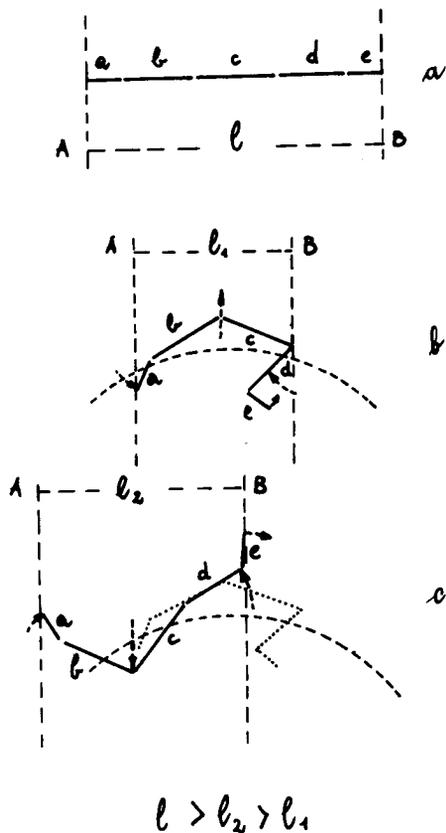


Fig. 9

- a) Articolazione cinematica, schematica, della catena segmentaria componente il saltatore, lungo l'asse A-B (capo-piedi):
 a = capo;
 b = busto;
 c = cosce;
 d = gambe;
 e = piedi.
- b) Situazione schematica della catena segmentaria, al momento del passaggio al vertice della parabola.
- c) Situazione schematica della catena segmentaria, nella fase di svincolo dall'ostacolo DE. G: tragitto del baricentro del sistema.

L'atleta può passare, così, da una posizione a terra all'inizio dello stacco, con l'asse sagittale pressoché in linea con la direzione di rincorsa (fig. 4₂), ad una posizione di valicamento con dorso all'asticella (fig. 4₈), in cui questo asse sagittale ha ruotato di 90° ed è divenuto asse trasversale. Il capo, come abbiamo detto, ha una importanza fonda-

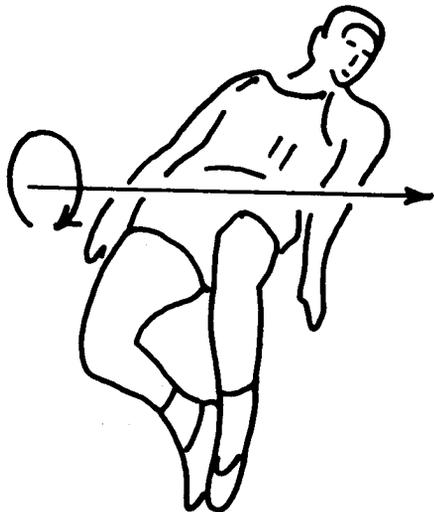


Fig. 10 - Senso della rotazione attorno all'asse trasversale, al momento dell'inizio del valicamento, per un saltatore che adotta uno stacco di piede destro, con rincorsa a destra (D. Fosbury).

mentale nella genesi e nel controllo di queste rotazioni compensative.

Vediamo ora le possibilità che l'atleta ha di modificare la sua velocità di rotazione ω attorno all'asse (prima sagittale e poi trasversale), durante la rincorsa, durante lo stacco e nella fase di volo.

Durante la rincorsa, la velocità di rotazione ω del segmento B-A (saltatore) viene raggiunta dalle modalità di svolgimento della curva.

Vi è una relazione tra la velocità di percorrenza della curva ed il suo raggio. Quando l'atleta vuole aumentare la propria inclinazione, può usare 3 varianti:

1. - tenere fisso il raggio di curvatura ed aumentare la velocità di percorrenza della curva;
2. - diminuire il raggio di curvatura, senza modificare la velocità;
3. - cambiare il raggio di curvatura e la velocità di percorrenza della curva.

In ogni caso, resta inteso che un aumento o una diminuzione del raggio di curvatura, prodotto dalle modalità della disposizione dei piedi al suolo durante la rincorsa, rispetto alla traiettoria fino allora percorsa (esternamente ed internamente alla direzione fino a quel momento

tenuta), incide, almeno nei primi passi (cioè finché l'accelerazione prodotta dalle spinte non abbia creato notevoli modificazioni nella velocità dell'atleta), su di una variazione dell'inclinazione, che può essere ovviamente:

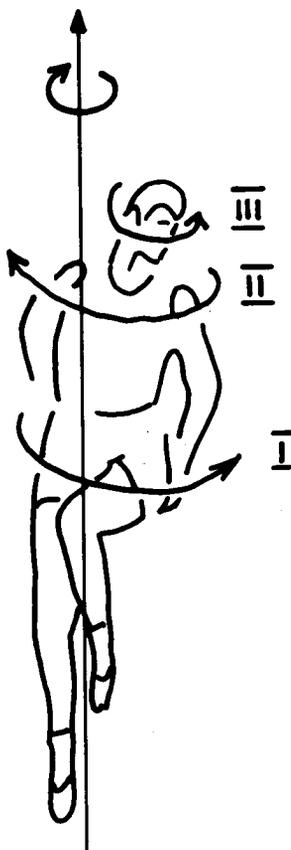


Fig. 11 - Rotazioni compensative attorno all'asse longitudinale, in un saltatore che stacca di piede destro, appena liberatosi dal vincolo con il terreno, nella fase di stacco (D. Fosbury).

- un aumento dell'inclinazione rispetto al terreno, quando la disposizione del piede viene effettuata internamente, cioè verso il centro della traiettoria fino a quel momento descritta;
- una diminuzione dell'inclinazione, quando la disposizione dei piedi avviene esternamente alla traiettoria, rispetto al centro (fig. 5).

Allo stacco, il sollevamento delle spalle e delle braccia può essere notevole. Dunque, questo fatto, che allunga il sistema, può servire oltre che all'elevazione del baricentro prima dell'involo, con tutte le favorevoli

conseguenze per il salto (1), anche a diminuire la velocità di rotazione ω del sistema stesso attorno all'asse sagittale passante per il suo baricentro G (fig. 7₂₋₄; fig. 12₅₋₇; fig. 13₆₋₇).

In prossimità dell'asticella, il riporto delle braccia lungo il corpo e la flessione accentuata delle ginocchia, con gambe molto divaricate (fig. 12₈₋₉; fig. 13₈₋₉) accorciano il sistema, rispetto all'asse trasversale passante per il baricentro, cioè all'asse cui si riferiscono i momenti d'inerzia delle masse delle gambe che, avvicinandosi allo stesso asse, diminuiscono il valore del momento d'inerzia e l'atleta ruota più velocemente attorno all'asse medesimo [che prima era sagittale ed ora è trasversale (fig. 5₁₀; fig. 9b; fig. 12₈; fig. 14a) per le rotazioni avvenute lungo l'asse longitudinale sopra descritte (fig. 4₃₋₄)], mentre l'azione del capo, ruotando in senso opposto alla rotazione attorno all'asse longitudinale, realizza una momentanea stabilità dell'asse trasversale stesso, per favorire il valicamento (fig. 4₅₋₆; fig. 11₁₁).

In questo modo, dunque, l'atleta valica l'asticella in un tempo più breve (fig. 9b) diminuendo la probabilità di abatterla. Appena valicata l'asticella con il baricentro G, egli ridistende le gambe ed allarga, per fuori, le braccia (fig. 9c; fig. 12₁₀; fig. 13₁₀; fig. 14b), mentre il capo ritorna in posizione normale o produce una rotazione suppletiva (figura 4₇₋₈), consentendo una leggera ripresa del movimento di rotazione dell'asse trasversale. Con questo nuovo allungamento, la rotazione del sistema attorno all'asse trasversale viene di nuovo rallentata e ciò consente al saltatore di atterrare sulle spalle o sulla schiena e di non picchiare con il capo (fig. 4₇₋₈; fig. 7₈₋₁₀; fig. 12₁₀; fig. 13₁₀; fig. 6₁₂).

Una posizione come quella rappresentata in fig. 14a, che ha la sua ragione nella necessità, da parte dell'atleta, di accorciare la sua lunghezza BA, per ottenere una maggiore velocità ω di rotazione attorno all'asse trasversale passante per il suo baricentro G, durante il valicamento, comporta anche un altro vantaggio, perché l'azione di rotazione, svolta dal capo e dalle gambe (segmenti a e d della fig. 9a), produce una situazione come quella rappresentata in fig. 9b, in cui si nota un sollevamento delle anche (articolazione tra b e c) che, al momento del passaggio dell'asticella, può anche essere molto utile ad eventualmente mantenere il percorso del baricentro G sotto il segmento DE (asticella).

Un movimento inverso delle rotazioni, appena le anche sono passate, porta ad un favorevole passaggio delle gambe (segmenti c e d di fig. 9c) che così possono svincolarsi dall'asticella.

In questo caso, sebbene il tragitto del baricentro generale del sistema (G) non subisca modificazioni e scorra sulla traiettoria della parabola, esso può passare inferiormente all'asticella. Naturalmente, per queste azioni sono indispensabili notevoli doti di acrobatismo.

Poste queste premesse e data la possibilità di allungarsi o di accorciarsi di BA, le condizioni per il valicamento dell'ostacolo, il più elevato possibile, restano:

- che l'ostacolo si trovi sotto il vertice della parabola del baricentro G;

- che il sistema B-A si trovi in posizione orizzontale od arcuata sul vertice;
 - che il piano contenente il vettore V , velocità della rincorsa, formi un angolo α con il piano contenente l'asse dell'ostacolo;
 - che la velocità angolare ω del segmento BA attorno al proprio baricentro G oppure H, sia in relazione con la componente orizzontale della velocità di percorrenza della parabola.
- La seconda condizione può prevedere questi casi;
- Al momento dell'inizio della parabola, B-A aumenta e diviene B_1-A_1 (fig. 3c, 3c₁). In questo caso, la velocità di rotazione del sistema attorno al suo baricentro viene rallentata.

Il sistema BA, allora, ruota più lentamente attorno a G oppure H (fig. 3c₂). Ciò può impedire, per esempio, di urtare l'ostacolo, in fase di ascesa, con il capo o con le spalle, anche se il baricentro del corpo percorre una parabola che lo porterebbe a valicare l'asticella (fig. 3c, percorso H).

- Al momento dell'inizio della parabola, BA diminuisce e diviene B_2-A_2 (fig. 3b; 3b₁). In questo caso, il sistema ruota più velocemente attorno a G oppure H. Ciò può eventualmente servire a raggiungere in tempo la posizione orizzontale al vertice della parabola, ma può comportare anche la probabilità di un urto dell'asticella in ascesa, con il capo o con le spalle (fig. 3b, 3b₂).
- Al momento dell'inizio della parabola, BA resta BA (fig. 3, 3a, 3a₁). In questo caso, il sistema ruota con velocità angolare ω attorno a G oppure H e per alcuni atleti ciò può essere utile, in considerazione dei valori della componente orizzontale della velocità di percorrenza della parabola [cioè, della caratteristica della gittata (lunga corta)].

Risulta evidente, da questi casi, che per favorire la condizione in cui l'ostacolo da superare *sia il più elevato possibile* (cioè debba trovarsi appena sotto e possibilmente sopra il vertice della parabola che, a sua volta, è fissata da F e da V), diviene necessario che, in quel momento, la rotazione di B-A attorno all'asse trasversale, passante per G oppure H, preveda una situazione di quasi avvolgimento dell'ostacolo, con un passaggio momentaneo orizzontale sul vertice e con una distanza BA minima in quel momento, ottenibile con una ω che tenga conto di α (fig. 3a₁), di d e della velocità V di percorrenza della parabola sul vertice, da parte di G oppure H (fig. 2, 2a).

Una velocità ω non opportuna potrebbe portare ad un urto di qualche punto esterno di BA (capo, spalle, ecc., fig. 3b, 3b₁, 3b₂, anche, cosce, fig. 3c, 3c₁, 3c₂) con DE, data la lunghezza d , prima che G oppure H raggiungano il vertice poiché sul vertice stesso non viene ottenuta la posizione orizzontale e ciò per una troppo veloce (fig. 3b₂) o troppo lenta (fig. 3c₂) velocità di rotazione di BA attorno a G oppure H, in riferimento alla velocità di percorrenza della parabola (fig. 2, 2a) ed all'angolo α .

Superato l'ostacolo, il sistema BA può di nuovo aumentare o mantenere costante il valore di ω .

Ricordiamo che il saltatore deve mantenere un angolo di incidenza α tra la direzione della sua rincorsa allo stacco ed il piano contenente l'ostacolo, che tenga conto della lunghezza (statura) dell'atleta, della sua velocità di percorrenza della parabola (e conseguentemente dell'entità di ω presso il valicamento). In linea generale, si può affermare che, quanto più lungo è il segmento BA (l'atleta), tanto minore sarà l'angolo α e viceversa.

Dunque, tenendo conto contemporaneamente di questi due fattori, si tratta di trovare l'angolo ottimale. Questo angolo, allora, data la relazione con la velocità di percorrenza della parabola, dipende dalle caratteristiche dell'atleta allo stacco (azione coordinativa degli arti liberi), nonché dalla sua abilità nel modificare la sua lunghezza durante il volo.

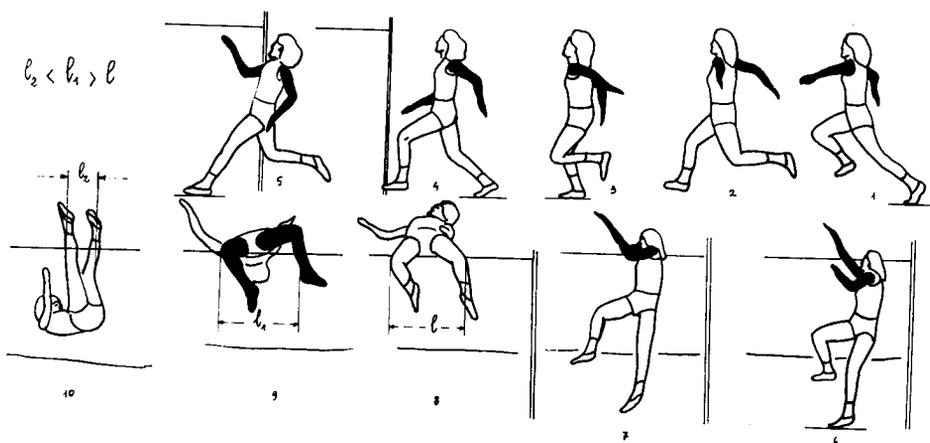


Fig. 12 - Schematizzazione di alcune fasi di una rincorsa e di un salto secondo la tecnica Fosbury (U. Meyfarth). (Vedi testo).

Per esempio:

α *relativamente grande:*

atleta relativamente corto;

raggio di curvatura della rincorsa: relativamente breve;

velocità di entrata: relativamente elevata; buona abilità in volo;

tempo di valicamento: relativamente breve;

azione coordinativa arti liberi allo stacco, tipo Fosbury classico.

α *relativamente piccolo:*

atleta relativamente lungo;

raggio di curvatura della rincorsa: relativamente lungo;

velocità di entrata non elevata;

abilità in volo: scarsa;

tempo di valicamento: relativamente lungo;

azione coordinativa arti liberi allo stacco, tipo Straddle classico.

A margine di queste note ci preme ancora sottolineare il fatto che, molto spesso si riscontra un'insistenza, da parte degli allenatori e degli

atleti, a soffermarsi sulla disposizione dell'asse maggiore del piede di stacco, rispetto al piano dell'asticella. Fermo restando quanto abbiamo detto in merito all'angolo α , resta da considerare che tutte le disquisizioni sul passo laterale ed altre sono cadute (2).

Tuttavia, date le particolarità delle articolazioni dell'arto di stacco, l'angolo dell'asse maggiore del piede di stacco, rispetto al piano contenente l'asticella, nell'appoggio iniziale della fase di stacco (fase ammortizzante) è comprensivo dell'angolo α e dell'angolo β .

Quest'ultimo rappresenta la deviazione naturale tra gli assi delle articolazioni dei segmenti dell'arto inferiore (vedi fig. 15).

Perciò, la disposizione dell'asse del piede, rispetto al piano dell'asticella, presenterà, allo stacco, un angolo sempre minore di α cioè $(\alpha - \beta)$ (fig. 16).

Da quanto brevemente esposto, possiamo trarre le seguenti conclusioni generali:

- La parabola di volo è determinata dalla velocità orizzontale e verticale allo stacco; cioè dalla velocità con cui si esce dalla rincorsa e dalla velocità che si riesce a creare verticalmente allo stacco e non può essere assolutamente modificata nella fase di volo (figura 2, 2a).
- La rotazione dell'atleta attorno agli assi longitudinali e trasversale dovrebbe essere determinata dagli ultimi passi della rincorsa e dalle modalità di stacco. Le rotazioni in volo non incidono assolutamente sulla parabola.
- Lo stacco, molte volte, può essere fatto creando una forza che non passa per il baricentro. Se passa esternamente ad esso, rispetto all'asticella, accresce la velocità di rotazione (fig. 4₃ Fb), se passa internamente, la diminuisce (fig. 4₃ Fa) (ma questi fatti sottraggono energia allo stacco ed annullano tutti i vantaggi del Fosbury).
- Se la forza prodotta allo stacco è perfettamente verticale sul piede di stacco e passa per il baricentro (fig. 4₃ F), la velocità di rotazione dipenderà unicamente dalla disposizione degli ultimi appoggi della rincorsa (fig. 5) e dal raccorciamento, mantenimento della lunghezza o allungamento del corpo, prodotti dall'atleta allo stacco [se l'atleta allunga il corpo, braccia in alto, rallenta, cioè ω diviene inferiore alla velocità del raddrizzamento (fig. 7₄; fig. 12₇; fig. 13₇)].
- Durante la fase di volo e di valicamento, l'atleta può cambiare la lunghezza del suo corpo e la situazione di certi segmenti (capo) e così aumentare o diminuire la velocità del corpo stesso attorno all'asse trasversale e longitudinale, nonché la velocità di spostamento dell'asse trasversale, secondo le necessità (fig. 4₃₋₈, fig. 14).

Dunque, concludendo queste brevi note introduttive, che hanno lo scopo di favorire una volgarizzazione della meccanica del Fosbury-Flop, possiamo affermare che, pur nella sua complessità, che qui è stata volutamente schematizzata, dal punto di vista meccanico il vantaggio fondamentale del Fosbury, rispetto al ventrale a nostro parere ed in

contrasto con quanto accennato da B. Pinon (3), è il seguente: « possibilità teorica di un'utilizzazione pressoché integrale della forza di stacco, per guadagnare in altezza di valicamento ».

Cioè, questa forza può essere utilizzata soltanto per guadagnare in altezza e non, come nel ventrale, necessariamente anche per generare le rotazioni di certi segmenti del corpo o la trasposizione di alcuni assi. Queste rotazioni, nel Fosbury, trovano la loro fonte energetica nella rincorsa curvilinea (fig. 5), e sono a carico degli appoggi immediatamente precedenti quello di stacco e non, come per esempio nel ventrale, a spese dello stacco stesso (4).

Naturalmente, la necessità di svolgere almeno alcuni passi in curva e di effettuare un inizio di raddrizzamento nella fase immediatamente precedente allo stacco (fig. 5), comportano un tempo di stacco che, a parità ipotetiche di condizioni, deve essere necessariamente minore di quello dello stacco effettuato dopo una rincorsa rettilinea.

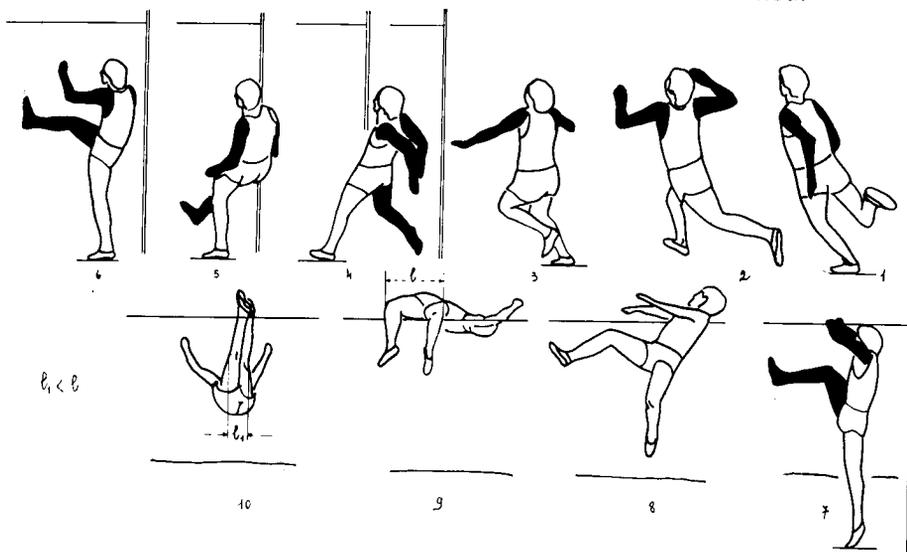


Fig. 13 - Schematizzazione di alcune fasi di una rincorsa e di un salto secondo la tecnica Fosbury (A. Grigoryev). (Vedi testo).

Infatti, se per ipotesi diamo un'identica possibilità di applicare la massima forza di stacco in due atleti, uno utilizzando una rincorsa rettilinea e l'altro utilizzando uno stacco, che preveda alcuni passi precedenti svolti su di una curva, che poi aumenti il raggio di curvatura nell'ultimo o degli ultimi passi (fig. 5), il secondo atleta, necessariamente, avrà a disposizione un tempo più breve. Quest'ultima evenienza risulta chiara quando si consideri che, a causa del raddrizzamento, l'atleta che ha svolto la rincorsa in curva avrà a disposizione, per lo stacco, un tempo più breve, perché il suo baricentro viaggia, sul punto di stacco, oltre che con la velocità della rincorsa (che può anche essere uguale a quella dell'atleta in rincorsa rettilinea), anche con quella di raddrizzamento. Il baricentro, dunque, possiede in questo caso,

una velocità effettiva di traslazione che è la somma di queste due velocità e si sposta, ovviamente, più velocemente.

E questo fatto, lo abbiamo visto in precedenza (fig. 2a₁) comporta, a parità di utilizzazione della componente verticale allo stacco e di un'identica percentuale della velocità della rincorsa, un aumento della velocità iniziale che si traduce, in definitiva, in un aumento dell'altezza raggiunta dal baricentro, con la parabola (vedi Tab. 1). Questo è un altro dei vantaggi del Fosbury.

TABELLA 1 (5)

$F = 4,5 \text{ m sec}^{-1}$			
V m sec	γ gradi	V_1 m sec ⁻¹	h m
16,5	70	4.75	0.984
2.10	65	4.90	0.985
2.60	60	5.20	1.014
3.20	55	5.55	1.050
3.90	50	6.00	1.054
4.60	45	6.50	1.056
5.45	40	7.00	1.012
6.40	35	7.80	1.000

- F = velocità verticale
V = velocità orizzontale
 γ = angolo di elevazione
 V_1 = velocità iniziale
h = altezza raggiunta dal vertice della parabola (vedi fig. 2, 2a, 2a₁).

Il tempo utile di stacco sarà dunque necessariamente più ridotto.

Per il Fosbury classico, infatti, la letteratura riporta tempi dell'ordine di ~ 0,14 sec. necessari allo stacco:

- per il ventrale di ~ 0,22 sec.
- per il Fosbury a gamba di slancio tesa di ~ 0,17 sec.
- per il ventrale con rincorsa in curva di ~ 0,20 sec.

In ogni caso, lo stacco con rincorsa rettilinea (a parità delle altre condizioni), comporterà sempre un tempo di effettuazione superiore a quello dello stacco con rincorsa curvilinea.

Da ciò si deduce che, dovendo essere applicata, allo stacco, la massima forza in un tempo più ridotto, la riuscita del salto risulterà molto più efficace, ma anche più aleatoria.

Naturalmente, ferma restando la considerazione che tempi di stacco più brevi, come quelli necessari nel Fosbury, comportano maggiori difficoltà esecutive, le modalità dello stacco, nel Fosbury, dipendono dunque soltanto dalle caratteristiche coordinative e potenziali del saltatore, per i tempi più ridotti a disposizione.

Perciò, saranno altrettanto validi:

- stacchi a gamba di slancio prima tesa e poi repentinamente flessa (fig. 13₅₋₇);
- stacchi a gamba di slancio flessa (fig. 6₆₋₈);
- stacchi con azione delle braccia tipo ventrale (fig. 13₂₋₇);
- stacchi con azione delle braccia tipo Fosbury classico (fig. 6₅₋₇); ed altre varianti (fig. 12₁₋₇).

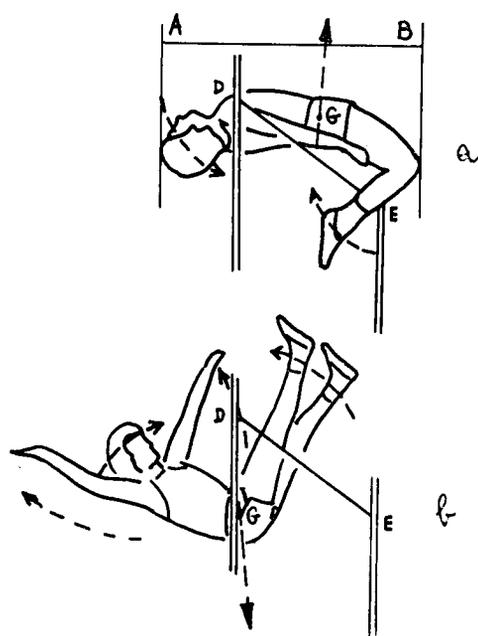


Fig. 14

- a) Posizione del corpo nel valicamento, in relazione allo schema presentato in figura 9b, per quanto si riferisce agli arti superiori.
- b) Posizione del corpo nello svincolo dall'ostacolo DE, in relazione allo schema della fig. 9c, per quanto si riferisce agli arti.

Tutte queste particolarità possono dunque essere meccanicamente valide, quando ne venga coordinata la funzione, da parte dell'atleta, nei giusti tempi (vedi funzione degli arti liberi negli stacchi del salto in alto) (6).

In definitiva, queste sono espressioni motorie che trovano, nei livelli differenziati della propriocezione individuale, la loro ragione biomeccanica.

Per esempio, un movimento che si nota molto spesso, sia in saltatori principianti, che in quelli molto evoluti, adottanti questa tecnica di salto, è l'azione rappresentata dal braccio corrispondente alla gamba di slancio, che viene portato in alto al momento dello stacco, quasi volesse proiettarsi oltre l'asticella (fig. 7₂₋₄).

Ebbene, oltre all'azione normale di un arto libero allo stacco, con la sua funzione di accelerazione, decelerazione e di elevazione del baricentro, esso può avere anche un altro significato meccanico e non può essere, dunque, a priori considerato un errore.

Questo movimento, per esempio, come abbiamo sottolineato, può avere la funzione di aumentare la lunghezza dell'atleta nella fase di

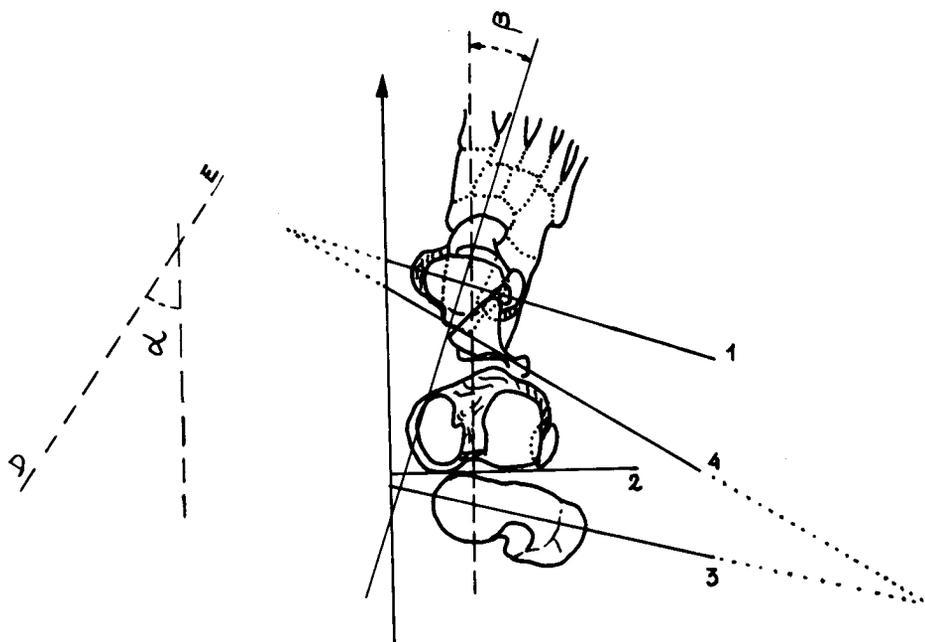


Fig. 15 - Assi dell'arto inferiore e loro relazioni:

- a) asse della caviglia;
- b) asse del condilo della tibia;
- c) asse del collo femorale;
- d) asse della tibia (Strasser).

stacco o nella primissima fase di volo di percorrenza della parabola, per l'ottenimento della più opportuna velocità di rotazione dell'atleta attorno al suo asse trasversale. Una velocità di raddrizzamento troppo elevata, all'uscita dello stacco, potrebbe, infatti, comportare un'elevata probabilità di abbattere l'asticella nella fase di salita, specialmente

quando la velocità di percorrenza della parabola è molto elevata. Dunque, un allungamento del sistema può favorire, in questo caso, il raggiungimento, al momento opportuno, della posizione orizzontale sul vertice (cioè, l'azione di questo arto può essere paragonata a quella di un volano).

Una valutazione precisa di queste e di molte altre particolarità risulta molto difficile e può essere affrontata soltanto con un'accurata analisi biomeccanica delle individualità del saltatore, riscontrabile con prove sperimentali.

In ogni caso, allo stato attuale delle esperienze ed anche in riferimento a quanto si osserva nella prassi internazionale, possiamo dare questi consigli, utili per i riferimenti pedagogico-didattici, in questa specialità:

- Per soggetti in grado di utilizzare entità elevate di velocità orizzontale allo stacco, si raccomanda un tipo di coordinazione degli arti liberi come quella del Fosbury classico. Ciò permette di utilizzare le masse in tempi brevi (data la posizione flessa degli arti), come quelli a disposizione in questi stacchi, per mantenere stabile l'asse longitudinale (verticalizzazione dello stacco) (fig. 4₂₋₄, figura 6₃₋₇, fig. 11).
- Per soggetti *non* in grado di utilizzare entità elevate di velocità orizzontale allo stacco, si raccomanda un tipo di coordinazione degli arti liberi, come quella del ventrale classico (fig. 13₂₋₇).

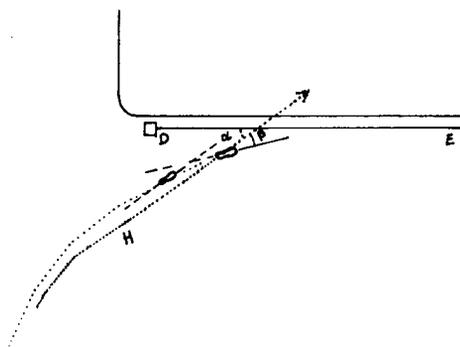


Fig. 16 - Disposizione dell'asse longitudinale del piede di stacco, rispetto alla traiettoria del punto piede sulla pedana ed alla traiettoria della proiezione del baricentro sulla pedana.

Per la tecnica di salto in alto stile Fosbury resta, come unica condizione fondamentale, la cui mancata esecuzione può essere definita con certezza un errore tecnico (tenuto fermo il fattore coordinativo, che si dà per scontato allo stato ottimale):

- *Uno stacco che avvenga con il corpo già in possesso di una velocità angolare di rotazione attorno all'asse passante per il punto di*

contatto al suolo e possibilmente normale al piano contenente la parabola di volo.

Anche la variante che è apparsa nella prassi (Del Forno, Mracnova, Ferragne, Moreau, ecc.), di una rincorsa curvilinea per il ventrale, è fondamentalmente valida, perché implica il concetto di una velocità di rotazione del saltatore attorno ad alcuni suoi assi, che non viene prodotta a spese dello stacco, come nel ventrale a rincorsa rettilinea (che, per questo fatto, non può essere ritenuto assolutamente altrettanto valido sul piano meccanico), ma si realizza con l'aumento del raggio di curvatura della rincorsa, effettuato dalla disposizione degli ultimi appoggi, immediatamente precedenti lo stacco.

Il problema è qui più complesso, perché prevede la trasformazione della rotazione attorno all'asse sagittale (allo stacco), nella rotazione attorno all'asse longitudinale (nel valicamento). In ogni caso, una notevole predisposizione e coordinazione individuale possono risolvere egregiamente i problemi, perché i principi meccanici di questa variante restano validi.

L'apparente facilità del Fosbury, infine, ha la sua spiegazione soltanto nel fatto che, dati gli indiscutibili vantaggi meccanici, rispetto allo scavalco ventrale, si ottengono più presto e con minor difficoltà risultati che, *con lo straddle, richiedevano una più lunga fase di preparazione.*

Poiché, tuttavia, la tecnica di salto in alto Fosbury, come abbiamo visto, pur essendo più redditizia della tecnica ventrale, è complessa e di non facile perfezionamento, siamo convinti che, dopo aver raggiunto livelli iniziali *che, tuttavia, sarebbero stati l'eccellenza nello stile ventrale (2.22 - 2.27 maschi; 1.87 - 1.90 femmine)*, sarà necessario un curriculum molto più accurato e difficile ed una maggior selezione, rispetto al ventrale, per raggiungere l'eccellenza (2.34 - 2.40 maschi; 2.03 - 2.08 femmine).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- (1) MARHOLD G. - Biomechanische Untersuchungen sportlicher Hochspruenge. DHfK, Diss, Leipzig 1963.
- (2) ANZIL F., BRAGAGNOLO W., ZANON S. - La disposizione degli ultimi appoggi nella rincorsa curvilinea del Fosbury. *Atletica Leggera*. N. 170. Milano 1974.
- (3) PINON B. - Analyse du Forsbury-Flop, *Education Physique et Sport*. N. 125, Paris 1974.
- (4) BEULKE H. - Il significato fisico della rincorsa in curva nel Fosbury-Flop. *Atletica Leggera*. N. 168. Milano 1973.
- (5) KERSSENBROCK K. Nekolik pripominek k technice Fosbury-Flopu. *Teorie a Praxe Telesne Vychovy*. N. 7 1975. Praha.
- (6) WARTENWEILER J., WETTSTEIN A. - Charakteristik schwunghafter Bewegungen nach biomechanischen Gesichtspunkten. XVI. Weltkongr. Sportmedizin. Hannover 1966.