

Vittorio Baldini

La «magia» dei salti artistici

I salti artistici sono il simbolo motorio della leggerezza e della grazia e ciò probabilmente perché inducono nell'osservatore la sensazione che chi li esegue possa per un attimo sottrarsi al vincolo della forza di gravità annullando il proprio peso: questa sensazione deriva da un fenomeno fisico molto semplice che è alla base della magia e del fascino dei salti artistici. Il presente articolo si propone di illustrare questo fenomeno: per comprendere quanto verrà esposto sono sufficienti poche nozioni di fisica elementare che verranno brevemente ricordate; chi avesse già dimestichezza con queste nozioni può passare oltre questa parte introduttiva.

1: NOZIONI FISICHE

I concetti di cui si parla in questo paragrafo non sono esposti ricorrendo ad equazioni o notazioni matematiche, nell'intendimento che l'inevitabile perdita di rigore scientifico sia compensata da una maggiore immediatezza e comprensibilità da parte di chi non ha molta familiarità con il linguaggio matematico.

1.1: Il baricentro

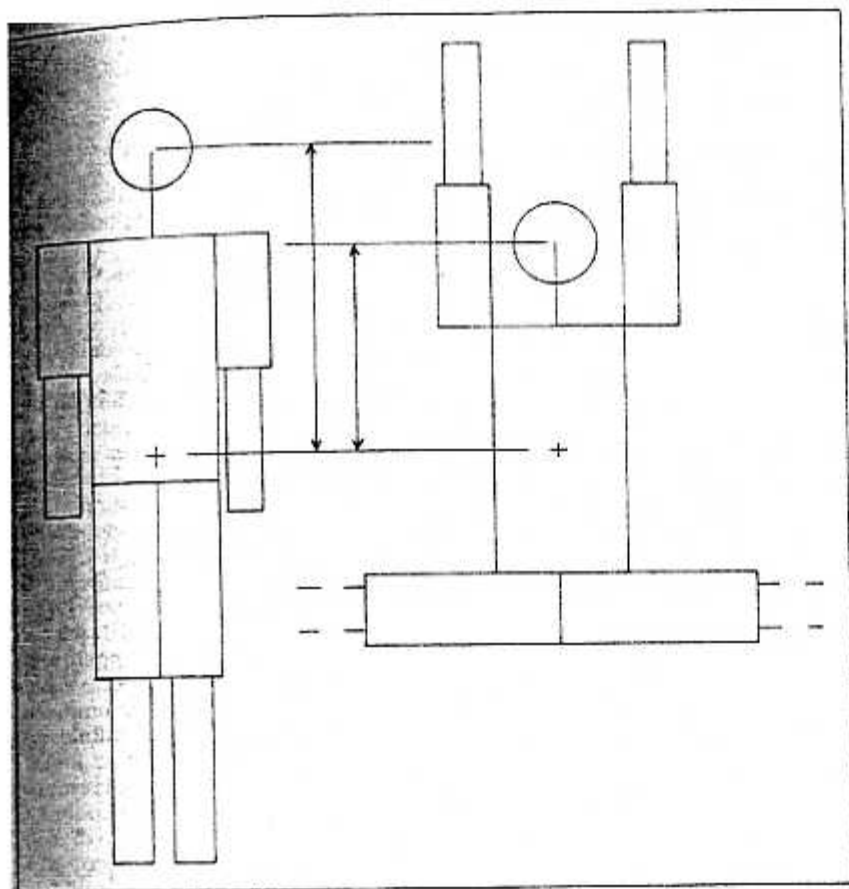
Il baricentro di un corpo è un punto che lo rappresenta sotto svariati aspetti. Ciò consente, in certi casi, di trattare un corpo esteso come se fosse un

punto e di applicare determinate leggi in forma notevolmente semplificata. La posizione relativa del baricentro, cioè la sua posizione rispetto agli altri punti del corpo, dipende dalle masse e dalle distanze reciproche di quest'ultime; da ciò consegue che un corpo in grado di cambiare forma ha tante posizioni relative del baricentro quante sono le forme assunte.

La posizione o la successione di posizioni (corpo fermo o in moto) che il baricentro del corpo occupa nello spazio, cioè la sua posizione «assoluta», invece non cambia al variare della forma assunta, ovviamente nell'ipotesi che il corpo non sia vincolato e non subisca l'effetto di forze esterne. Per convincersi che non esiste in ciò alcuna contraddizione, si consideri che, durante la fase di volo, se si sposta una parte del corpo, anche il resto del corpo si sposta in modo corrispondente ed opposto: se ad esempio si alzano le braccia e le gambe verso l'alto, il busto e il capo si sposteranno verso il basso (Fig. 1). Questo spostamento «involontario» da parte del busto e del capo che compensa lo spostamento volontario degli arti, e mantiene di conseguenza inalterata la posizione del baricentro nello spazio, è previsto dalla legge della conservazione della energia che non verrà esposta qui per motivi di semplicità; gli enunciati che seguiranno sono compila-

Bibliografia:

- Walker J., (1982), *Biomeccanica del balletto*, Le scienze, XXIX, 169, p. 44
 Biagiotti A., (1980), *Salto Artistici*, Il Giunista, 11, inserto



mente dimostrabili in base a questa legge.

1.2: Il lancio obliquo

Quando un corpo viene lanciato con una certa velocità e con un certo angolo rispetto al suolo, si parla comunemente di lancio obliquo. Tutti i tipi di salto sono lanci obliqui (in questo caso il corpo non viene lanciato ma si lancia da sé) per i quali valgono i seguenti enunciati:

- 1) Se un corpo lanciato non cambia di forma in volo e non ruota, ogni suo punto percorre una traiettoria parabolica.
- 2) Se un corpo lanciato cambia di forma in volo e/o ruota, un solo punto, il baricentro, percorre una traiettoria parabolica.
- 3) Le caratteristiche delle traiettorie paraboliche del baricentro (altezza e lunghezza) dipendono in entrambi i casi esclusivamente dalle condizioni di stacco (velocità e angolo).

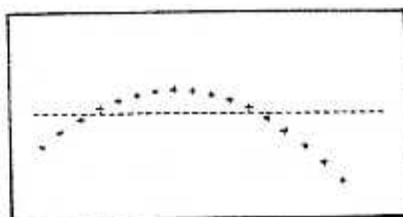
2: METODI E STRUMENTAZIONE

L'essenza del lavoro è costituita dalla valutazione delle traiettorie percorse da determinate parti del corpo e delle modificazioni che possono essere indotte in quest'ultime da movimenti

di segmenti corporei in volo. Per fare ciò è stato utilizzato un programma che calcola la posizione del baricentro e di qualsiasi altro punto di un modello di corpo umano al variare delle posizioni assunte unitamente ad un programma che simula il funzionamento di una macchina da ripresa ad alta velocità. In questo modo è possibile avere dei «cinegrammi» simulati nel caso in cui il moto che si analizza sia esprimibile in forma matematica. Per l'utilizzo dei programmi è stato usato un comune personal computer ed una stampante grafica per la visualizzazione delle traiettorie.

3: IL SALTO A PIEDI UNITI

Si immagini un salto verso avanti-alto eseguito in atteggiamento lungo e senza modificazioni del corpo in volo. Le condizioni sono quelle contemplate nell'enunciato (1) e di conseguenza ogni punto del corpo, quindi il corpo nel suo insieme, percorre una traiettoria parabolica. In questo caso, per ottenere i cinegrammi del salto, è sufficiente sostituire nell'equazione della parabola che descrive il salto i valori di tempo in cui si vuole «fotografare» il corpo. La Fig. 2 mostra la traiettoria di un punto del corpo ottenuta fotografando «matematicamente» il



salto ad intervalli di tempo uguali, esattamente come farebbe una cinepresa. Da questa immagine si può notare che per la metà del tempo di volo (si continuo i cinegrammi) ogni punto del corpo (se ne è visualizzato uno per semplicità) si trova al di sopra dei 3/4 (linea tratteggiata) dell'altezza massima raggiunta (Walker, 1982). Il fatto che per un periodo di tempo considerevole (considerevole naturalmente rispetto al tempo totale di volo) lo spostamento verticale del corpo sia piccolo, cioè che la sua velocità verticale sia molto piccola o nulla (cinegrammi ravvicinati in senso verticale), produce l'effetto di un «galleggiamento» del corpo in prossimità del punto più alto della sua traiettoria. Questa piccola magia, contenuta in embrione nel più semplice dei salti, può essere sviluppata con degli accorgimenti tecnici che hanno in effetti caratterizzato l'evoluzione dei salti eseguiti a fini spettacolari.

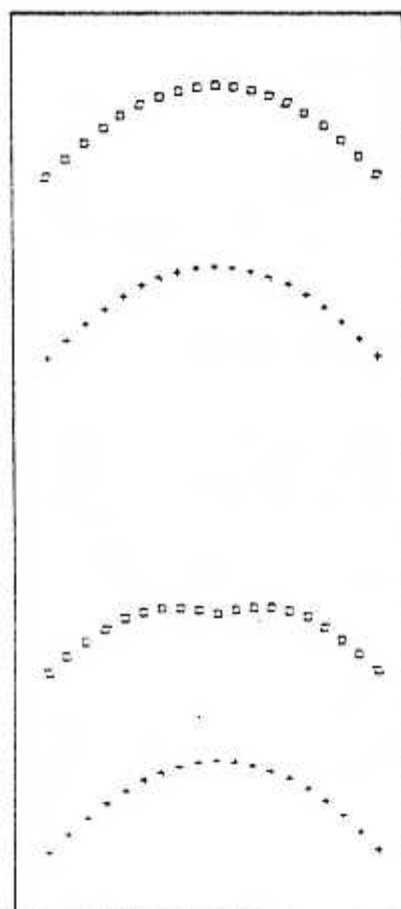
4: I SALTI ARTISTICI

Si è detto che un corpo in grado di cambiare forma, e quindi di cambiare la disposizione delle masse, ha tante diverse posizioni del baricentro quante sono le posizioni assunte; è stato detto anche che il baricentro di un corpo durante un salto segue una ben precisa traiettoria, cioè una successione di posizioni nello spazio, che dipende esclusivamente dalle condizioni di stacco e non risente in alcun modo di eventuali azioni fatte in volo. Dopo queste premesse si consideri dunque, per esempio, una ginnasta che esegua un'enjambee. Una volta lasciato il suolo la ginnasta solleva le gambe e le braccia e, così facendo, determina uno spostamento contrario del resto del corpo (busto e capo).

Questo spostamento «involontario» associato allo spostamento volontario degli arti, mantiene inalterata la successione delle posizioni del baricentro nella traiettoria parabolica (enunciati n. 2 e 3). Quando la ginnasta è nella fase ascendente del salto, questo effetto si traduce nel fatto che il busto e il capo della ginnasta non salgono così velocemente e così in alto come sarebbe successo senza spostamento degli arti. Nella fase discen-

dente del salto, riportando gli arti verso il basso, per analoghe considerazioni, si produce un rallentamento nella discesa di busto e capo.

L'effetto complessivo è che il busto e il capo, che sono poi le zone del corpo su cui uno spettatore normalmente concentra l'attenzione, non percorrono affatto una traiettoria parabolica (come invece fa il baricentro) ma una traiettoria più appiattita e lineare che determina l'impressione che l'esecutore sia rimasto in volo «più del normale», galleggiando nell'aria ad una certa altezza. Questa è ovviamente solo una illusione in quanto il tempo totale di volo, a parità di spinta e di angolo di stacco, non può sicuramente cambiare, qualsiasi movimento si faccia in volo; tuttavia lo spostamento degli arti determina, per le ragioni che sono state esposte, una diversa «ripartizione» del tempo di volo fra le varie fasi di salita, stazionamento ad una certa altezza e discesa. La visualizzazione delle traiettorie del baricentro e della testa nel salto a piedi uniti e nel salto artistico enjambee (Fig. 5) dà una chiara idea del fenomeno. Questi cinegrammi sono stati ottenuti con lo stesso procedimento usato per la Fig. 2, con l'ausilio supplementare di un pro-



8

gramma che calcola la distanza baricentro-capo nelle varie fasi del salto. Nel caso di questo salto artistico, il centro della testa (o qualsiasi altro punto della testa o del busto che si voglia prendere ad esempio), sta al di sopra dei 3/4 dell'altezza massima per ben 2/3 del tempo totale di volo con un aumento dell'effetto-galleggiamento di quasi il 20% rispetto al salto a piedi uniti in cui il centro della testa sta al di sopra dei 3/4 dell'altezza massima raggiunta «solo» per la metà del tempo di volo.

Essendo i tempi totali di volo comunque molto ridotti, l'occhio umano non riesce a percepire esattamente le varie traiettorie e quindi l'aumento nei salti artistici del fenomeno del galleggiamento, che come si è visto è reale e misurabile, non viene oggettivamente dallo spettatore nella sua manifestazione «fisica» ma, per così dire, passa nella sua coscienza sotto forma di un piacevole, misterioso senso di leggerezza e di grazia.

Per le ragioni esposte, la distanza baricentro-centro della testa può essere senz'altro assunta come un indice dell'effetto galleggiamento, cioè della possibilità di trasmettere ad uno spettatore la sensazione di cui si parlava pocanzi. Nella Tab. I sono riportate le diminuzioni, espresse in percentuale rispetto alla posizione ritta, della distanza baricentro-testa in alcune posizioni tipiche utilizzate nell'esecuzione dei salti artistici.

Oltre alla posizione culminante del salto è molto importante per il conseguimento di un buon effetto galleggiamento il «modo» in cui questa posizione è raggiunta e successivamente abbandonata; si possono individuare i seguenti punti:

A) Il tempo di volo deve essere il più lungo possibile.

B) La posizione culminante del salto deve essere assunta nella sua forma più ampia nell'istante in cui termina la fase ascendente ed inizia la fase discendente del salto.

C) Il movimento degli arti deve essere concorde al moto verticale del baricentro; ovvero le gambe e le braccia devono sollevarsi nella fase ascendente del salto ed abbassarsi in quella discendente.

D) La variazione della distanza baricentro-testa deve essere possibilmente costante durante tutto il salto.

La possibilità di eseguire un salto che rispetti queste norme è legata a delle precise qualità dell'esecutore, tra le quali principalmente (Biagiotti, 1980):

- 1) Elevazione
- 2) Mobilità articolare







- 3) Coordinazione neuromuscolare
- 4) Velocità
- 5) Elasticità muscolare
- 6) Controllo del corpo

Più in dettaglio è il caso di fare le seguenti considerazioni:

– Il tempo di volo nei salti dipende esclusivamente dalla componente verticale della velocità di stacco ($T_v = 2V_{0y}/g$), che deve essere quindi, ovviamente, la massima possibile. Quest'ultima dipende a sua volta dalla potenza (forza \times velocità) dei gruppi muscolari interessati. Il fattore velocità di contrazione subisce l'effetto di uno dei meccanismi più interessanti della fisiologia muscolare, per cui un muscolo si contrae più velocemente se viene preventivamente stirato. Per quanto riguarda l'elevazione, i preliminari al salto (rincorsa, passi, saltelli ecc.) hanno quest'unico significato.

– L'ampiezza della posizione culminante del salto, per esempio la staccata sagittale nell'enjambee, come si è visto assume un preciso significato fisico, oltre che estetico. Questa ampiezza deve essere la massima possibile, e al riguardo è di fondamentale importanza la mobilità articolare e la estensibilità muscolare. Essendo inoltre il tempo a disposizione (tempo di volo) molto ridotto, entra in gioco, ed è determinante, la velocità di esecuzione. È il caso di constatare che in questo senso l'estensibilità muscolare assume un duplice ruolo, quello di permettere la massima escursione degli arti e quella di aumentare la velocità riducendo la resistenza dei gruppi antagonisti.

– Azioni giuste al momento giusto: coordinazione, controllo, tempismo sono qualità indispensabili per l'esecuzione dei salti artistici, soprattutto se alle normali (e comunque già considerevoli) difficoltà se ne aggiungono di ulteriori, per esempio nel caso di esecuzioni alla trave. In questo caso diventa determinante un'altra caratteristica dei salti che non è stata esplicitamente trattata precedentemente: la direzione del salto. Le traiettorie del baricentro nei salti appartengono sempre a dei piani perpendicolari a quello del suolo; nelle esecuzioni alla trave il piano contenente la traiettoria deve assolutamente essere orientato nella stessa direzione della trave, in quanto uno spostamento anche di pochi gradi o frazioni di grado, può determinare la caduta. Inoltre, considerando che per quanto riguarda la direzione del salto tutto si decide al momento dello stacco, si ha una chiara idea di quale deve essere il controllo corporeo e la coordinazione per mantenere il baricentro sopra una superficie di 10 cm in un

POSIZIONE	ESEMPIO DI SALTO IN CUI LA POSIZIONE VIENE UTILIZZATA	DISTANZA BARICENTRO - C. TESTA RISPETTO POSIZIONE RITTA
	SALTO ENJAMBEE	- 30.88%
	SALTO DEL "CERVO"	- 22.05%
	SALTO DEL "CERVO" GAMBE FLESSE	- 23.52%
	SFORBICATA IN AVANTI CON 1-2 GIRO (SALTO GIRATO)	- 22.05%
	SALTO DIVARICATO SAGITTALE CON FLESSIONE DELLA GAMBA INDIETRO	- 25.00%
	SALTO CARPIATO A GAMBE UNITE	- 42.64%

momento, lo stacco, in cui la posizione del baricentro cambia «tumultuosamente», ed indirizzare la traiettoria in maniera assolutamente precisa.

Se di un corpo si vedesse solo il baricentro, le differenze fra i molteplici tipi di salto sarebbero solo quelle molto modeste di parabole più o meno ampie, e nient'altro. Tuttavia il baricentro non si vede affatto ed i diversi tipi di salto, oltre ad essere caratterizzati dalle varie posizioni assunte in attitudine di volo, lo sono, forse ancor più significativamente, dalle diverse e talvolta «sconcertanti» traiettorie che seguono certe parti del corpo, traiettorie che possono generare nello spettatore l'impressione di assistere ad una magia in cui l'effetto della forza di gravità viene momentaneamente sospeso, avvicinandolo per un attimo al sogno motorio sicuramente più profondo e radicato in ogni essere umano: volare.