

Vittorio Baldini

Le azioni fondamentali nei movimenti acrobatici

La legge della conservazione del momento angolare è in grado di interpretare compiutamente gli effetti delle variazioni di atteggiamento del corpo in volo nei movimenti acrobatici. Per poter quantificare tali effetti è indispensabile conoscere i valori del momento di inerzia del corpo di chi esegue il movimento nelle varie possibili posizioni e rispetto agli assi baricentrici principali.

Ciò è stato possibile mettendo a punto un programma che li calcola per un modello che può essere modificato a piacere.

La corrispondenza riscontrata fra valori calcolati e forma realmente assunta dai vari movimenti acrobatici porta ad ipotizzare l'esistenza di meccanismi fisiologici straordinariamente sofisticati e precisi e, di conseguenza, pone interessanti interrogativi metodologici al riguardo dell'addestramento ginnico.

È noto che vi sono in ginnastica determinate azioni che influenzano la velocità di rotazione del corpo in quella classe di movimenti, noti con il termine generico di movimenti acrobatici, che sono originati da un'interazione del ginnasta con un vincolo (attrezzo o suolo) e che si sviluppano in volo. Scopo del presente articolo è cercare di descrivere in modo semplice l'intima natura di queste azioni che sono da considerare senz'altro fondamentali e caratteristiche della nostra disciplina sportiva.

La legge fisica che descrive tutti gli avvenimenti dall'istante in cui il ginnasta abbandona il vincolo è la legge della conservazione del momento della quantità di moto o, più semplicemente, della conservazione del momento angolare che, in termini ginnici, può essere enunciata nel seguente modo: "Quando un ginnasta ruota libero da vincoli, il prodotto del suo momento di inerzia e della sua velocità di rotazione resta costante, indipendentemente da qualsiasi eventuale intervento muscolare".

Dal fatto che momento di inerzia x velocità angolare = costante (questo prodotto è chiamato momento angolare) deriva un fenomeno abbastanza sorprendente: se varia il momento di inerzia, deve variare anche, necessariamente e corrispondentemente, la velocità di rotazione; se, per esempio,

il momento di inerzia si dimezza, la velocità di rotazione raddoppia, oppure, se il momento di inerzia triplica, la velocità di rotazione si riduce ad un terzo e così via. Quando due grandezze sono legate in modo che al crescere dell'una l'altra decresce corrispondentemente e viceversa, si dice che sono inversamente proporzionali: nelle rotazioni libere, dunque, momento di inerzia e velocità di rotazione sono inversamente proporzionali.

Si è visto ("Il momento di inerzia", *Gymnica*, n. 2/1985) che è possibile variare il momento di inerzia variando l'atteggiamento del corpo; è quindi chiaro come, così facendo, si possa modificare la velocità di rotazione in volo di un determinato movimento. In genere si usa il termine "aperture" per designare quelle azioni che portano ad un aumento del momento di inerzia e di "chiusure" per quelle che portano ad una diminuzione del momento di inerzia; tali azioni sono ampiamente usate quando necessari, rispettivamente, una diminuzione od un aumento della velocità di rotazione, com'è schematizzato in tab. 1.


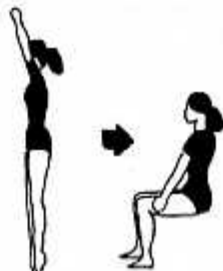
Questi fatti sono ampiamente noti a chi opera nel campo della ginnastica artistica ed è esperienza comune che, ad esempio, un raggruppamento fa aumentare la velocità di rotazione ed un'estensione, invece, la riduce. Tuttavia un'indagine sulla natura di questi meccanismi, oltre a consentirne una chiara interpretazione, è in grado di indicare con precisione quali tecniche conviene adottare nella realizzazione dei vari esercizi acrobatici.

Per illustrare come ciò sia possibile, si consideri il caso di una rotazione attorno all'asse di salto giro e si supponga di dover scegliere la tecnica di esecuzione. La prima domanda che occorre porsi è naturalmente: qual è l'obiettivo da raggiungere? Si supponga che questo sia: girare il più velocemente possibile.

È ormai evidente che la soluzione è concettualmente molto semplice: occorre trovare la posizione, o la successione di posizioni, caratterizzata da valori del momento di inerzia, rispetto all'asse di salto giro, che siano i minori possibili. Praticamente, quindi, l'unica difficoltà è quella di conoscere i valori del momento di inerzia del corpo umano (anzi meglio: del corpo dei ginnasti e delle ginnaste da allenare) nelle varie posizioni, rispetto agli assi baricentrici principali.

Nell'articolo "Il momento di inerzia" cui si è accennato prima, veniva presentato il listato di un semplice programma per calcolare il momento di inerzia di un sistema formato da masse

Tab. 1

NOME	CAUSA	EFFETTO	ESEMPIO
Apertura	Aumento del momento di inerzia	Diminuzione della velocità di rotazione	
Chiusura	Diminuzione del momento di inerzia	Aumento della velocità di rotazione	

puntiformi e ne veniva sottolineato il carattere puramente didattico: esso infatti non poteva trattare corpi a tre dimensioni e, come era stato detto, le masse puntiformi non potevano approssimare in modo adeguato la struttura del corpo umano. Questi inconvenienti sono stati tuttavia eliminati nella messa a punto di un programma più complesso che calcola la posizione del baricentro ed i momenti di inerzia rispetto agli assi principali di un modello di corpo umano formato da sfere e cilindri. L'approssimazione ottenuta si è rivelata, per confronto con valori calcolati in altri modi (questi dati sono estremamente rari nella letteratura specializzata, sia di fisica che di ginnastica), senz'altro accettabile.

Oltre alla possibilità di valutare qualsiasi posizione, con qualsiasi eventuale variante, questo sistema gode di una versatilità totale: basta cambiare i valori relativi a massa, lunghezza e diametri dei vari segmenti corporei per personalizzare i risultati.

Nella tab. 2 sono riportati alcuni valori relativi ad un manichino di 70 kg e alto 175 cm in alcune posizioni tipiche.

Ritornando all'obiettivo che ci si era proposto, si constata che il valore minimo del momento di inerzia rispetto all'asse di salto giro si riscontra, nelle posizioni considerate in tabella, in quella n. 7. Naturalmente se cambia l'obiettivo da perseguire cambiano anche le risposte. Se si deve eseguire ad esempio una rotazione combinata (Tsukahara) in cui l'obiettivo è girare il più velocemente possibile attorno all'asse di salto giro e, contemporaneamente, attorno all'asse di avvi-

tamento, si vede subito che la posizione n. 7 non va più bene in quanto presenta un valore del momento di inerzia rispetto all'asse di avvitamento relativamente alto. In questo caso occorre trovare una posizione di "compromesso" fra le due esigenze di velocità di salto e velocità di avvitamento; ad esempio la posizione n. 8.

È di un certo interesse notare come questi valori, che sono stati calcolati da un punto di vista meccanico, rispecchino fedelmente e spieghino l'evoluzione che, in questo caso i doppi salti, hanno avuto dal tempo della loro apparizione ad oggi: un tempo le esecuzioni a gambe divaricate erano molto frequenti, poi, con l'avvento delle rotazioni combinate, queste esecuzioni sono diventate, specie nelle esecuzioni dei ginnasti più evoluti, sempre meno frequenti per lasciare il posto ad esecuzioni caratterizzate da raggruppamenti meno accentuati ed a gambe chiuse.

Ritornando a come sia possibile rispondere ai vari quesiti, se ne consideri un altro: trovare la posizione che consenta la maggiore facilità di rotazione rispetto all'asse di salto laterale, avendo la possibilità di scegliere fra una posizione raggruppata o carpiata. In questo caso il valore del momento di inerzia che interessa è quello rispetto all'asse di salto laterale e, sempre nell'ambito delle posizioni riportate in tabella, quella che corrisponde meglio a questa caratteristica è quella n. 5.

Un altro quesito ancora potrebbe essere: nell'esecuzione di un salto teso, supponendo che si lasci il suolo con le braccia in alto, è meglio, ai fini della massima velocità di rotazione,

Tab. 2

Numero	Descrizione della posizione	Momento di inerzia rispetto agli assi baricentrici di:		
		Salto G.	Salto L.	Avvitam.
1	Tesa braccia alte	17.22	17.76	1.13
2	Tesa braccia fuori	13.63	16.57	3.38
3	Tesa braccia avanti	14.76	14.17	2.1
4	Tesa braccia basse	12.3	12.84	1.13
5	Carpiata braccia basse	8.28	4.53	5.25
6	Arcata (angolo 150°)	11.73	11.21	2.04
7	Raggruppata gambe divaric.	6.68	8.43	4.14
8	Raggruppata gambe unite	7.66	6.25	2.93

abbassare le braccia per fuori o per avanti? Dalla tab. 2 si deduce facilmente, esaminando i valori nelle posizioni intermedie di braccia fuori e braccia avanti, che la prima soluzione è leggermente preferibile. Se invece occorre rallentare la rotazione, ad esempio in preparazione di un arrivo, sarà più conveniente alzare le braccia per avanti, a meno che non esista una componente rotatoria rispetto all'asse di avvitamento, nel qual caso, come si vede dall'alto valore del momento di inerzia rispetto all'asse di avvitamento, è preferibile portare le braccia per fuori. Anche in questo caso si può notare come questi valori che sono, come è stato detto, calcolati da un punto di vista puramente meccanico, giustifichino pienamente la tendenza di quasi tutti i ginnasti a fermare gli arrivi portando le braccia per avanti-fuori-alto: questa infatti è proprio la soluzione migliore, da un punto di vista fisico, al problema di ridurre il più possibile la velocità di rotazione rispetto all'asse di salto giro e, contemporaneamente, rispetto all'asse di avvitamento (si tenga presente che anche nei salti eseguiti senza dei veri e propri avvitementi, esiste quasi sempre una componente rotatoria, anche se piccola, rispetto all'asse di avvitamento).

Non è ovviamente possibile, in questo contesto, fornire tutti i valori del momento di inerzia rispetto ai vari assi, di tutte le posizioni e per tutte le strutture corporee (bambini, ragazzi, adulti, differenti costituzioni ecc.): ciò che vale forse la pena sottolineare ancora una volta è che, come si è visto negli esempi considerati, non esiste mai, in senso assoluto, "la tecnica migliore", ma solamente tecniche diverse che possono rispondere, in misura differente, a determinate esigenze.

Un aspetto che riveste un notevole interesse è rappresentato dalla corrispondenza fra le deduzioni teoriche,

basate sul calcolo, e la forma che i movimenti acrobatici, specie quelli più "provati", hanno assunto nel corso dell'evoluzione (ginnica): per spiegare ciò si è necessariamente portati ad ipotizzare l'esistenza di un sistema estremamente preciso, operante a livello inconscio, che "informi", in questo caso i ginnasti, sul come "manipolare" il momento di inerzia per raggiungere i più disparati obiettivi. Se ciò è vero, come è vero ad esempio per i gatti, a cui nessuno insegna come fare il mezzo avvitamento che consente loro di arrivare sempre sulle zampe, si potrebbe giungere ad una conclusione decisamente singolare: tanto più dettagliate sono le indicazioni tecniche che si trasmettono al ginnasta, tanto più è alto il rischio di interferire, e con grande probabilità di interferire negativamente, con meccanismi assai sofisticati e precisi. Da questa considerazione conseguirebbe la conclusione che se un allenatore non ha la possibilità o la certezza di sapere veramente tutto riguardo un determinato movimento, potrebbe essere di gran lunga preferibile attenersi ad indicazioni tecniche di carattere assai generale e concentrare invece tutta la propria capacità e bravura su ciò che "circonda" un movimento: condizioni di sicurezza, preparazione fisica, tranquillità psicologica e così via.

Per concludere è il caso di fare alcune considerazioni di carattere generale. Nell'interessante articolo "La molla del movimento" di Ju. K. Gaverdovskij (Gymnica n. 2/1984) è contenuta la seguente affermazione: "L'allenatore deve avere una perfetta conoscenza e padronanza delle basi di analisi del movimento, la quale rappresenta la chiave per la comprensione e l'interpretazione dei più disparati risultati o fenomeni, legati all'esecuzione di un esercizio".

Questa è senz'altro un'affermazione

piena di verità ma occorre chiarire che per comprendere in modo approfondito, ma soprattutto per quantificare (cioè tradurre in pratica) i più disparati fenomeni, spesso non è sufficiente una buona conoscenza "di base", tutt'altro. Non è ipotizzabile nemmeno che un allenatore di ginnastica, che tra l'altro deve pensare a molte altre cose, debba essere necessariamente un esperto di meccanica razionale.

Esiste però forse una possibile via d'uscita da questo vicolo cieco: l'uso degli elaboratori elettronici. L'utilizzo di queste macchine potrebbe essere rivolto, nell'ambito della biomeccanica, in due direzioni:

1. sviluppo di programmi didattici che illustrino, con l'efficacissimo e divertente metodo delle "esperienze dirette" le leggi fondamentali;
2. sviluppo di potenti sistemi di simulazione ed elaborazione dei dati.

In questi termini il personal computer potrebbe colmare l'altrimenti difficilmente eliminabile divario che separa complesse teorie e metodologie di calcolo dalle esigenze di praticità ed applicabilità che, giustamente, gli allenatori richiedono ai teorici della ginnastica.

