

da "Biomeccanica nello Sport" di G.G. Hay

Ogni qualvolta un corpo è a riposo, esso presenta una qual riluttanza a muoversi. Un pesante bilanciare posto sul terreno di una sala di pesistica mostra appunto questa riluttanza definibile come resistenza incontrata dall'atleta nel momento in cui prova a sollevarlo. Un corpo in movimento ugualmente presenta una simile riluttanza. Se tu stesso cerchi con la mano nuda di fermare una palla da basket o da cricket potrai essere testimone del fatto che la palla tende a mantenere il suo moto. Espresso secondo un diverso punto di vista, la palla presenta una considerevole riluttanza a cambiare il modo in cui si sta muovendo. Questa caratteristica di un corpo (cioè, la sua riluttanza a cambiare modo d'essere) è conosciuta come **Inerzia**.

## MASSA

La quantità di materia della quale un corpo è composto è chiamata **massa** ed è una misura diretta dell'inerzia che un corpo possiede. Un bilanciare leggero (o piccola massa) è più facilmente sollevabile di uno molto pesante (o di maggior massa).

Similmente, è molto più facile modificare il moto di un oggetto leggero che effettuare la medesima alterazione in un soggetto pesante che possiede quindi una massa maggiore.

## FORZA

Lo stato di un corpo è detto "di riposo" o "di moto" e può essere modificato solo sotto l'azione di un altro corpo. L'effetto di spinta che questo secondo corpo produce sul primo e che causa il cambiamento è chiamato **forza**. Un corpo a riposo dunque può essere messo in movimento allorché un altro corpo esercita una forza su di esso. Similmente, un corpo in movimento può essere rallentato, fermato, può essere accelerato o può veder venir modificata la sua direzione se un altro corpo esercita una forza su di esso.

L'applicazione di una forza può produrre o alterare il moto, ma in pratica, non tutte le forze sono sufficientemente grandi per sortire a questo effetto.

Consideriamo ancora un bilanciare pesante che giace sul pavimento, possiamo esemplificare il concetto prendendo in considerazione due atleti: uno molto forte e l'altro piuttosto debole.

Il più debole dei due pur impegnandosi al massimo non riuscirà a sollevare l'at-

tezzzo, che resterà ben fermo pur avendo egli esercitato una forza, tuttavia insufficiente a modificarne la posizione. Il sollevatore più forte, sollevando il bilanciare dal suolo, modificherà lo stato di riposo in cui esso si trovava in quello di moto. Sebbene in entrambi i casi sia stata esercitata una forza, il risultato come abbiamo potuto vedere è in definitiva diverso.

Questi due differenti risultati consentono di gettare le basi per una più formale e completa definizione di forza. Forza è ciò che altera o tende ad alterare lo stato di riposo o di moto uniforme in linea retta di un corpo.

## FORZE INTERNE ED ESTERNE

Allorché un giocatore di biliardo colpisce con la palla il triangolo delle palle nella carambola, essa esercita una forza su ciascuna delle altre palle. In modo migliore, ciascuna palla esercita delle forze rivolte verso quelle a contatto. Se consideriamo i 16 corpi interessati (le 15 palle numerate e quella di tiro) compresi in un'unico sistema, è normale definire le forze che esse esercitano l'un l'altra come **forze interne**, cioè, forze interne al sistema. Quando le palle vengono a contatto con i bordi del biliardo ed esercitano altre forze su di essi, queste saranno definite come **forze**

esterne perché i corpi interessati (i bordi e le palle) non appartengono allo stesso sistema. Se una delle palle numerate o le palle del tiro colpisce, ad esempio un omino, le forze esercitate potranno similmente essere definite come forze esterne.

Risulterà quindi ovvio a questo punto che la distinzione delle forze interne o esterne dipenderà esclusivamente dalla preliminare definizione del sistema. Se tutte le palle sul biliardo sono considerate entro il sistema, le forze che esse esercitano l'un l'altra sono giustamente definite come forze interne. Se il campo del sistema viene ulteriormente ampliato sino ad includere l'intero tavolo del biliardo, allora le forze esercitate sulle sponde e dalle palle e viceversa saranno definite come forze interne.

Si può dunque osservare come la classificazione delle forze interne ed esterne sia puramente una convenzione. In biomeccanica generalmente si considerano le parti costituenti il corpo umano come "il sistema" ed ogni forza esercitata da una porzione o l'altra come interna.

In questo modo qualsiasi contrazione muscolare e quindi la forza esercitata su un segmento o forza di compressione sulle cartilagini articolari o forze di trazione sui legamenti che interessano l'ar-



(Foto N.A.F.)

ticolazione, dovranno essere intese come forze interne.

Le forze dovute alla resistenza dell'aria, gravità, quelle attribuibili al contatto con il suolo o quelle esercitate da un altro corpo debbono essere intese come forze esterne.

## PRIMA LEGGE DI NEWTON

Gli antichi greci ritenevano che un corpo si muovesse solo per effetto di una forza e che esso cessasse di muoversi se la forza veniva rimossa. Fu il grande scienziato italiano Galileo (1564 - 1642) che per primo confrontò tale teoria, e aprì la strada della definitiva chiarificazione ad Isacco Newton (1642 - 1727), che formalmente esplicò tale concetto nella sua prima legge del moto o prima legge di Newton.

Questa legge può così essere espressa: ciascun corpo conserva il suo stato di moto in linea retta o di quiete sinché una forza esterna non viene esercitata su di esso.

È interessante notare come questa legge, che così brevemente riassume molti dei concetti espressi nei capitoli precedenti, non possa essere direttamente provata. Infatti è impossibile riprodurre sulla terra una situazione in cui non ci siano forze agenti sul corpo e quindi non è ovviamente possibile arrivare a quelle condizioni necessarie per scientificamente provare la teoria.

## LEGGE DELLA GRAVITAZIONE

Considerando le tecniche sportive comunemente si ragiona in termini di forze risultanti dal contatto tra un corpo e un altro - la racchetta da tennis colpisce la palla ed esercita una forza su di essa, una palla da basket tocca il canestro ed esercita una forza su di esso, un lottatore esegue una presa sull'avversario ed esercita una forza su di esso.

Ci sono, tuttavia, forze sempre presenti che non sono il diretto risultato del contatto fra due corpi e che esistono indipendentemente da tale contatto. Ci sono forze di attrazione, forze cioè che tendono ad attrarre il corpo verso il centro della terra. La natura di queste forze fu per la prima volta descritta da Isacco Newton che, come sappiamo dalla storia, si prese sul capo una mela caduta da un albero.

Riflettendo su questo episodio formulò la cosiddetta legge di gravitazione che così indica:

ogni particella di materia tende ad attrarne un'altra con una forza direttamente proporzionale al prodotto delle masse ed universalmente proporzionale al quadrato della distanza tra le stesse.

Algebricamente può essere così espressa:



(Foto N.A.F.)

$$F = \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

(27)

dove:

F = forza agente su ciascuna particella;  
m<sub>1</sub> e m<sub>2</sub> = le rispettive masse;  
d = la distanza tra le stesse.

Negli sport la somma di tutte le forze di attrazione che le particelle di un corpo

esercitano sulle particelle di un altro corpo possono generalmente essere considerate così piccole che il loro effetto risulterà trascurabile. Quindi, mentre

ciascuna delle palle da biliardo o il tavolo del biliardo esercita l'uno sull'altra una "forza direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza", queste forze risulteranno talmente piccole da poter essere tranquillamente trascurate.

Un corpo il cui effetto sugli altri non potrà essere trascurato e che esemplificherà concretamente la legge di gravitazione di Newton è la terra. L'attrazione che la terra esercita su tutti i corpi è conosciuta come gravità e come indicato nell'equazione (27), varia in relazione diretta alla massa del corpo coinvolto ed inversa alla sua distanza dalla terra (dal centro della terra). Se tutto resta invariato, un pesante sollevatore di pesi è soggetto ad una maggior forza di attrazione (o gravitazionale) rispetto ad un più leggero atleta. In altre parole, un pilota d'aereo volteggiante a 10.000 piedi d'altezza è sottoposto ad una minor forza gravitazionale di uno stesso pilota che vola a 10 piedi dal suolo. La differenza nelle forze nell'ultimo caso è tuttavia considerevolmente piccola perchè entrambi i valori di "d" al qua-

drato, correlazionati al quadrato del valore del raggio terrestre rappresentano una ben modesta differenza.

## MOMENTO

Ogni corpo in movimento - da uno sprinter sulla pista, a un nuotatore, ad una palla da bowling - ha una certa massa e una certa velocità, è il prodotto di questi due valori è conosciuto come momento, o quantità di moto possedute dal corpo.

Il momento di un corpo ha solitamente minor importanza negli sport tradizionali rispetto a quelli in cui il corpo viene coinvolto in una collisione con un altro corpo. Qui, il risultato della collisione dipende largamente dall'ammontare dei momenti di ciascuno dei corpi prima che la collisione avvenga. Quanto più grande è il momento del corpo, tanto più pronunciato sarà l'effetto che esso produce sulla traiettoria di un altro corpo. Se, per esempio due giocatori di bowling usano la medesima tecnica e ciascuno rilascia la palla esattamente alla medesima velocità, il giocatore che usa la palla con una massa maggiore (e di conseguenza maggior momento) potrà più facilmente abbattere tutti i birilli rispetto a quel giocatore che usa una palla di minor massa. Questo avviene perchè la palla con un più grande momento ha la tendenza a causare un volo dei birilli molto più drastico, colpendo gli



(Foto N.A.F.)

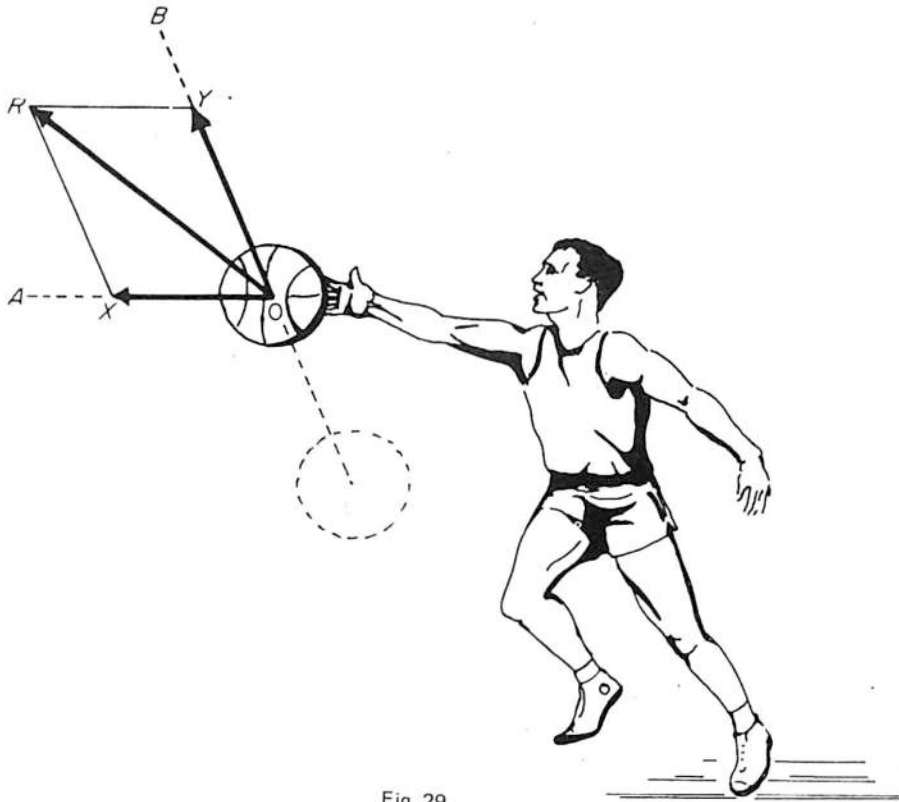


Fig. 29

altri con una forza di ammontare maggiore.

Il momento posseduto da un corpo potrà essere inoltre modificato variando la sua velocità. Per un battitore di softball o di baseball il momento della battuta richiesto dipende dal tipo di tiro che si vuol effettuare. Se si vuole colpire per un fuori campo allora ci sarà bisogno di un ampio ammontare di momento (e di conseguenza effettuare una battuta alla massima velocità controllabile); mentre per una battuta calibrata sarà richiesto un momento (e di conseguenza velocità) considerevolmente minore.

## SECONDA LEGGE DI NEWTON

Una breve sperimentazione con un giocatore di golf rivelerà velocemente come la palla colpita si muoverà nella direzione in cui è stata spinta - o, più precisamente, nella direzione in cui la forza è stata applicata. Non bisogna essere molto perspicaci per notare che quanto più fortemente è colpita la palla (cioè quanto più grande è la forza applicata su di essa), tanto più velocemente essa si muoverà. Osservazioni analoghe possono essere fatte in molte situazioni simili: nel passaggio del basket, o nella schiacciata, nell'hokey, ecc.

Cosa meno ovvia, ma ugualmente vera, si presenta nel caso in cui il corpo a cui la forza è applicata sia in movimento. In questo caso le medesime due cose avvengono. Esso si muoverà nella direzione in cui la forza agisce e il suo cambiamento di velocità in quella direzione sarà correlato all'ampiezza della forza. La rappresentazione di ciò è spesso ovvia allorché il corpo si muove nella direzione

in cui agisce la forza, ma può anche avvenire che il moto sia in un'altra direzione. Il difensore nel basket della fig. 29 dà un esempio di questo. Egli intercettando un passaggio eseguito tocca leggermente la palla con la mano. Nel far questo, egli esercita una forza sulla palla in direzione OA, imprimendo alla palla un moto in quella direzione, i.e. La palla comunque manterrà parte del moto nella direzione originaria - la direzione OB-. Se le facc  $\vec{OX}$  e  $\vec{OY}$  rappresentano i vettori velocità dovuti, rispettivamente alla forza esercitata dall'uomo di difesa e all'originario moto della palla, sarà mutata la direzione iniziale nella risultante OR.

Newton conglobò questi effetti nella precisa scientifica formulazione della seconda legge del moto. Questa legge può essere espressa come segue: l'ammontare del cambiamento del momento di un corpo (o l'accelerazione per un corpo di massa costante) è proporzionale alla forza che la provoca ed avviene nella direzione in cui la forza agisce.

Espressa in forma algebrica:

$$F = \frac{m1v - m2v}{t}$$

o, per un corpo di massa costante:

$$F = m \left( \frac{v - u}{t} \right) = m a$$

Ora per una fissazione di questo concetto può essere cambiato da un "è proporzionale a" in "è uguale a" moltiplicando da un lato per una costante. Allora se "K" è il simbolo della costante:

$$F = Kma \quad (28)$$

## UNITÀ NELLA CINEMATICA LINEARE

**Massa:** l'unità di massa è il Newton, che implica quella caratteristica resistenza al cambiamento a cui spesso ci siamo riferiti.

**Forza:** è normalmente definita in termini di accelerazione che essa produca. L'unità di forza nel sistema CGS è il chilogrammo ed è definita come la forza che può produrre un'accelerazione di  $1 \text{ m/sec}^2$  in un corpo di 1 Newton di massa.

Si può notare come ciò possa essere riarrangiato per ottenere una definizione dell'unità di massa; una massa di 1 Newton è quella massa che sotto l'azione di una forza di 1kg. acquisterà una accelerazione di  $1 \text{ m/sec}^2$ .

E' ora pertinente considerare ciò che stabilisce la seconda legge di Newton come essa appare nell'equazione 28.

Se in questa equazione sono sostituiti i valori discussi nei precedenti paragrafi, si giunge a:

$$F = Kma$$

da cui essendo il valore di K 1, l'equazione 28 può essere ridotta alla forma già conosciuta:

$$F = m \times a \quad (29)$$

**Altre unità:** tutte le altre unità usate nella cinematica lineare possono essere definite in termine di lunghezza, tempo, forze o massa; l'unità del momento sarà in tal modo:

Momento = massa x velocità

unità di momento =  
= unità di massa x unità di velocità;  
= unità di massa x unità di lunghezza  
unità di tempo  
= 1 Newton x metro al secondo

(5 - Continua)



(Foto N.A.F.)