

Analisi del passo di corsa nei corridori di lunghe distanze

Piero Incalza

Federazione Italiana di Atletica Leggera - Centro Studi & Ricerche, Roma

Introduzione

I tentativi di classificazione degli sport sono innumerevoli. Nell'ambito della scienza, della tecnica e della metodologia dello sport, quando si vogliono enfatizzare le componenti fisiologiche e le capacità condizionali, si è soliti distinguere le discipline in tre grandi gruppi (Saibene, Rossi, Cortili - 1986). Nel primo si includono le attività nelle quali si raggiungono livelli di intensità massima e si esauriscono in pochissimi secondi (sport di potenza); nel secondo sono comprese le attività intermedie, con implicazioni metaboliche miste, e nell'ultimo gruppo quelli caratterizzati dalla reiterazione dello sforzo per tempi più lunghi (sport di durata, a forte componente metabolica di origine aerobica). Stessa consuetudine vuole che i campi di indagine delle discipline del primo gruppo siano maggiormente legate agli studi di biomeccanica, di neurofisiologia, di endocrinologia, lasciando agli altri quelli (essenzialmente) sulla bioenergetica e

sulle grandi funzioni organiche.

Se, poi, sono le capacità coordinative ad essere prese come elementi di distinzione delle discipline sportive, le difficoltà ad "ingabbiare" e definire ogni specialità si fanno ancora più ardue.

La corsa prolungata è classificata, in letteratura, tra le specialità cicliche aerobiche a basso contenuto coordinativo e tecnico (¹).

Il pensiero e gli studi sinora prodotti consolidano l'idea che ogni atleta si adatta automaticamente ad un gesto semplice, naturale e ripetitivo come la corsa, e che gli incrementi della prestazione sono riferibili interamente al miglioramento delle capacità condizionali e ai coinvolgimenti metabolici (²). *"Un esercizio che può durare a lungo è assai semplice dal punto di vista meccanico, poiché lo stesso gesto viene ripetuto dall'inizio alla fine; i movimenti sono completamente automatizzati, alcuni appresi dall'infanzia e la strategia di gara è relativamente semplice... è abbastanza evidente che in tali situazioni i fattori nervosi e psicologici sono assai*

meno importanti di quelli fisici, fisiologici e biomeccanici" (Bibl. n. 25).

Anche se diversi studi hanno evidenziato che il rendimento meccanico sia la componente che differenzia (tra loro) gli atleti di alta qualificazione nella corsa prolungata, tuttavia, anche in questi, si continua a sottintendere che la tecnica di corsa di ogni atleta non possa essere modificata in modo produttivo per il risultato e che, comunque, gli adattamenti sono susseguiti a modificazioni bio-strutturali e metaboliche che si attivano durante il training. Quando, poi, si sono presi in esame parametri biomeccanici, spesso le risultanze e le osservazioni dei tecnici sono arrivate a conclusioni diametralmente opposte.

"Non ci sono dubbi che il costo energetico, per mantenere la stessa velocità, è maggiore con un passo lungo, rispetto ad uno più corto a frequenza più alta... costa di più sviluppare ampiezza che frequenza" (Vittori - Bibl. 32, p. 56). Fortner, osservando per un lungo periodo il comportamento ritmico dei primi tre corridori durante la NYC Marathon del 1999 (Kagwe, Chebet e Bayo), notò che prevalse chi privilegiava (a pari velocità) la lunghezza alla frequenza del passo (Bibl. 11).

Tim Noakes (Bibl. 20), richiamando anche altri autori (Morgan 1995, Nelson e Gregor 1976) sostiene che... *"con l'allenamento, i corridori aumentano la lunghezza del passo e riducono la loro frequenza. Alcuni ricercatori ritengono che questo ottimizzi l'economia di corsa poiché l'aumen-*

to della lunghezza del passo è più economico dell'incremento della frequenza". McArdle, al contrario, afferma che "in genere, costa di più allungare il passo piuttosto che accorciarlo" (Bibl. 18).

Gli atleti, poi, scelgono automaticamente la velocità migliore e qualsiasi tentativo per modificarne sia l'ampiezza o la frequenza "produce l'effetto di peggiorare l'efficienza meccanica" (Cavanagh e Williams) (Bibl. 2).

Nelle sperimentazioni sinora condotte alla ricerca del miglior costo energetico individuale attraverso la variazione della frequenza e dell'ampiezza del passo ad una determinata velocità è insito un errore concettuale per cui i risultati ottenuti non possono essere altri: modificare con un intervento volontario qualsiasi movimento "spontaneo", produce il sicuro effetto di appesantire il dispendio di energia.

Il quesito che potremmo avanzare, a questo punto, è: siamo assolutamente certi che l'atleta sia in grado, sempre e comunque, di adeguare il suo potenziale motorio ai parametri tecnici e meccanici della corsa di durata in modo automatico e istintuale? O, più precisamente, l'azione del tecnico di mezzofondo (al pari degli allenatori di qualsiasi altra specialità e disciplina) può essere mirata a modificare le caratteristiche e le abilità tecniche, ritmiche e meccaniche della corsa del singolo atleta (3)?

Quello che segue non ha la pretesa di considerarsi un lavoro "scientifico" secondo l'accezione più abituale del termine né, tanto

meno, vuole giungere a conclusioni definitive e certe. Si è solo proceduto a raccogliere dati di campo, a sistematizzarli, ad organizzarli, applicando metodologie di lavoro che sono usualmente impiegate nella routine dei tecnici sportivi. Così come le strumentazioni adoperate sono quelle di comune utilizzo. Il fine ultimo, per cui, rimane quello di individuare elementi di analisi che contribuiscano a fornire una ulteriore chiave di lettura nella gestione metodologica della tecnica di corsa agli operatori di campo, nella visione di ottimizzare e individualizzare la pianificazione dell'allenamento, specie con l'atleta d'alto livello.

La corsa: frequenza e ampiezza

In fisica, la frequenza viene definita come *il numero di volte in cui un fenomeno periodico si verifica nell'unità di tempo*. L'unità di misura è l'Hertz (Hz) che equivale ad un ciclo al secondo.

Il prodotto tra la frequenza e l'ampiezza del passo di corsa determina la velocità di spostamento. Un atleta che voglia migliorare il proprio primato personale in una qualsiasi distanza non ha scelta: deve agire sull'incremento del prodotto tra i due elementi. Gli allenatori (specie di mezzofondo) sono soliti cronometrare il tempo che il proprio atleta impiega per coprire una determinata distanza. Ossia il prodotto finale tra ampiezza e frequenza. Ma se si desidera scom-

porre gli elementi tecnici della corsa, per studiarne gli eventuali aggiustamenti e le possibili correzioni, sarà bene adoperarsi per rilevare anche questi ultimi riscontri, dato che non è affatto chiaro quale sia la strategia da privilegiare (ampiezza e frequenza) e se questo valga in generale per qualsiasi tipo di corridore.

Uno dei primi studi sul comportamento ritmico nella corsa prolungata venne effettuato dal danese Boje nel 1944. Fece correre a diverse velocità su nastro trasportatore un atleta di corsa prolungata. Registrò una frequenza di 2,66 Hz a 9,3 Km/h (97cm l'ampiezza) e 2,93 Hz a 17,8 Km/h (168 cm l'ampiezza). Ad un aumento della velocità del 91% era corrisposto un incremento dell'ampiezza dell'83% mentre la frequenza era cresciuta solo del 10% (4).

Vi sono diversi modi per misurare manualmente la frequenza del passo di corsa del proprio atleta durante una gara o, più spesso, in allenamento. Si possono contare il numero dei passi in un determinato tempo o, molto più praticamente, cronometrare il tempo impiegato per effettuare un prestabilito numero di passi.

Per esempio, si rileva il tempo di 10 appoggi sullo stesso piede (10 falcate - 20 passi). Per conoscere la frequenza basta dividere 20 per il tempo registrato su 10 falcate. Se invece si vogliono conoscere i passi al minuto (Hz x 60), si divide 1200 per il tempo registrato.

Nelle prove di velocità con partenza da fermo il calcolo dei pa-

rametri cinematici della corsa è relativamente più complesso.

Nelle prove prolungate, al contrario, le velocità di percorrenza sono molto più uniformi, motivo per il quale conoscendo la velocità corrispondente al tratto in cui si è proceduto a rilevare la frequenza, con un calcolo indiretto è possibile risalire facilmente all'ampiezza media dei passi.

Frequenza e ampiezza costituiscono, a loro volta, le risultanti di una serie di concatenazioni di forze che interagiscono e determinano una successione di movimenti che, nella loro globalità, chiamiamo **corsa**.

Se un occhio poco esperto osserva due soggetti che corrono, anche di diverso livello di prestazione, difficilmente sarà in grado di distinguerne le differenze.

Nella realtà le caratteristiche antropometriche e bio-strutturali, i livelli di forza, le disponibilità energetiche e (non ultimi) i livelli di **abilità** nell'eseguire il gesto specifico, rendono assolutamente **unico** il modo di correre di ogni individuo. L'allenamento produce effetti su ognuna delle componenti citate e può agire tanto sull'innalzamento del picco di velocità massima sostenibile quanto sulla possibilità di prolungare per più tempo il lavoro ad una determinata velocità.

Nella corsa prolungata prevale questa seconda attitudine per la quale è essenziale ridurre il **costo di energia** necessario per sostenere una certa intensità di lavoro.

Il processo di adattamento raggiunge livelli assolutamente tangibili nel primo ciclo di allenamento organizzato. Si prenda un gruppo di giovani con poca esperienza e scarso adattamento allo sforzo prolungato. Si propone loro di percorrere una distanza compresa tra 1 km e 3 km alla massima velocità possibile. Nel corso delle 3 settimane successive al test, i soggetti si allenano con regolarità utilizzando esercitazioni di corsa a base aerobica. Alla quarta settimana vengono sottoposti ad una verifica attraverso la riproposizione del test del primo giorno.

Tutti gli operatori che abbiano acquisito un minimo di esperienza in tal senso non avranno difficoltà a concordare che si registreranno (escluso rare eccezioni) miglioramenti eclatanti. Soprattutto nei soggetti per i quali i valori di partenza erano relativamente bassi.

In un lasso di tempo così breve (15-20 giorni) quali trasformazioni possono aver investito il gruppo di ragazzi?

Il cuore ha aumentato la sua capacità? I capillari sono diventati più pervi? I muscoli si sono ipertrofizzati? I mitocondri sono raddoppiati? Gli enzimi hanno velocizzato la loro azione?

Forse, in parte. Di certo non sufficienti a spiegare incrementi nella velocità media sulla distanza dei 2km del 10-20%.

Più plausibile è attribuire il tasso di incremento della prestazione a due fattori:

a) **una migliore distribuzione dello sforzo** (tattica). Per i non esperti (e non solo!), la scelta della velocità ottimale costituisce un problema di non fa-

cile soluzione. L'atteggiamento eccessivamente prudente e (peggio) un inizio troppo spavaldo, possono appesantire sensibilmente il risultato finale. Calibrare meglio la velocità in base alle risorse possedute è un obiettivo raggiungibile anche in tempi brevi;

b) ***l'incremento del rendimento meccanico***. In pratica è iniziato quel processo di apprendimento che mira al perfezionamento di un modello di corsa che permetta il mantenimento di velocità sempre maggiori per spazi determinati, ovvero correre distanze sempre più lunghe mantenendo la medesima velocità media. Diminuiscono i movimenti inutili e le contrazioni abnormali di alcuni distretti muscolari, le catene cinematiche si attivano con maggiore efficacia nella direzione del movimento, la respirazione si fa più profonda, le braccia si sincronizzano con il movimento degli arti inferiori.

In altri termini, si è in grado di utilizzare con più efficacia, ai fini del compito, le risorse di cui si era già in possesso.

Il **rendimento meccanico** può essere definito come il rapporto tra l'energia ottenuta in forma utile (movimento) e quella spesa nella trasformazione di energia. Il sistema "uomo" è regolato in modo tale che tutti i suoi sotto-sistemi si adattino a funzionare col più alto rendimento possibile.

Resta da stabilire se l'abilità del "correre" (soprattutto a regimi non massimali) rientri nel processo di adattamento/perfezionamento istintuale (ritenendo la

corsa un movimento a basso gradiente coordinativo) ovvero possa trarre giovamento dall'intervento dell'allenatore attraverso le forme di insegnamento/apprendimento finalizzate alla eventuale correzione tecnica.

Il rendimento meccanico della corsa può variare, da soggetto a soggetto e sullo stesso soggetto a diverse velocità, dal 25 al 40-45%⁽⁵⁾. Una enigmàtia.

Gli elementi principali che incidono sul rendimento della corsa, sono:

- a) la conservazione della quantità di moto
- b) il riutilizzo dell'energia elastica⁽⁶⁾.

L'obiettivo a) si persegue riducendo al minimo la "frenata" (dal momento in cui inizia la fase di contatto del piede a terra sino al passaggio del centro di massa al di là della proiezione del punto di applicazione della forza (*lavoro negativo*).

L'elemento b) si manifesta durante il lavoro positivo a seguito dello sfruttamento di energia accumulata nella deformazione degli elementi elastici durante la medesima fase di corsa (*lavoro negativo*).

Il paradosso del rendimento meccanico risiede nella necessità di ridurre al minimo il lavoro negativo per la conservazione della quantità di moto (primo principio della dinamica) e, al tempo stesso, aumentare il "caricamento degli elastici" che forniscono energia gratuita in fase positiva.

Basterebbe questa considerazione a determinare la convinzione che è estremamente **difficile** (se

non impossibile) cercare di **standardizzare** tutte le possibili variabili e arrivare a formulare un modello di riferimento univoco.

Le deduzioni, i ragionamenti, le possibili ipotesi vanno riferite all'**analisi individuale** del soggetto e non tanto alla comparazione dei comportamenti di diversi individui. È possibile arrivare al medesimo risultato "mescolando" gli ingredienti in modo diverso.

Nondimeno lo studio comparato dei comportamenti di diversi soggetti e le analisi statistiche dei dati, possono offrire spunti di riflessione per indicare **modelli** e parametri di riferimento da applicare durante le valutazioni individualizzate.

Obiettivi del lavoro

Partendo dal controllo dei parametri di **ampiezza** e **frequenza** dei passi durante la corsa prolungata, si è inteso indagare sul possibile sviluppo di un modello di riferimento che guidi il tecnico ad "inquadrate" meglio le carat-

teristiche del proprio atleta e adottare, nell'organizzazione dell'allenamento, le esercitazioni più appropriate al fine di migliorare la prestazione.

Mezzi e metodi

Oggetto dell'indagine è stato un campione di n. 61 atleti di diversa qualificazione, successivamente suddivisi in n. 4 gruppi in base del livello di prestazione (*Tabella 1*).

I dati (500 rilevamenti complessivi) sono stati raccolti da marzo 2005 a settembre 2006. In tabella sono riportati le medie e la deviazione standard di Età, Velocità Aerobica Massima (VAM) e Statura.

Nei dettagli:

Top Uomini (N. 21): Atleti della nazionale italiana di mezzofondo, fondo e maratona. Tutti con una VAM superiore a 20 km/h. Si allenano quotidianamente (quasi sempre con 2 sedute giornaliere) per un volume settimanale di 120/220 km di corsa.

	Top uomini	Top donne	Amatori uomini	Amatori donne	TOTALI
SOGGETTI n.	21	10	22	8	61
ETÀ (anni) Media	28,4	27,1	45,0	40,9	35,9
DS (anni)	5,4	6,0	5,6	10,0	10,3
VAM (km/h) Media	21,6	19,1	15,2	13,1	17,7
DS (Km/h)	1,0	0,9	1,5	1,6	3,4
STATURA (cm) Media	176,2	166,3	177,4	169,6	174,3
DS (cm)	5,5	6,6	6,0	9,1	7,6
Rilevamenti n.	200	160	100	40	500

Tabella 1

Top Donne (N. 10): Atlete della nazionale italiana di mezzofondo, fondo e maratona. Tutte con una VAM superiore a 18km/h. Si allenano quotidianamente (quasi sempre con 2 sedute giornaliere) per un volume settimanale di 100/200 km di corsa.

Amatori Uomini (N. 22): Hanno la corsa come hobby e dedicano da 3 a 6 sedute di allenamento a settimana, per un volume di 40/80 km. Registrano tutte un valore di VAM inferiore a 17km/h.

Amatori Donne (N. 8): Hanno la corsa come hobby e dedicano da 3 a 6 sedute di allenamento a settimana, per un volume di 30/60 km. Registrano tutte un valore di VAM inferiore a 15km/h.

I rilevamenti di frequenza/ampiezza media a diverse velocità di corsa sono stati effettuati durante i test di valutazione routinaria, su piste di atletica leggera regolarmente omologate, nel cor-

so di raduni federali o di incontri appositamente organizzati.

Sono stati utilizzati due test di valutazione da campo:

1. progressione continua di velocità secondo il protocollo Conconi (andamento F.C. in funzione della velocità di corsa);
2. 5-6 frazioni incrementali di 2 km, con velocità costante all'interno di ogni singolo step secondo il protocollo Fiorella-Gigliotti (andamento del Lattato ematico in funzione della velocità di corsa).

Con gli atleti amatori si è utilizzato esclusivamente il primo test.

Il 40% circa dei rilievi totali è stato anche filmato con fotocamera digitale Panasonic FZ30 a 30 frame/s.

La misurazione della frequenza/ampiezza è stata rilevata in pista in pieno rettilineo, cronometrando il tempo impiegato a sostenere 20 appoggi (frequenza): ogni

200m nel primo test e ogni 400m nel secondo test. Successivamente, i valori della frequenza del passo venivano interfacciati con il tempo impiegato a coprire il tratto di 100m corrispondente. In tal modo sono stati acquisiti i dati necessari al calcolo di tutti i parametri oggetto d'indagine.

Confronto tra ampiezza e frequenza

Gli uomini

La Figura 1 rappresenta l'andamento dei parametri di ampiezza (in rosso) e frequenza (in blu) a diverse velocità di corsa relative al gruppo degli atleti top uomini.

Sono 200 ca. i rilevamenti effettuati sui 21 atleti specialisti di mezzofondo e fondo. L'indice di correlazione è significativamente elevato sia del parametro **ampiezza** ($R = 0,878/P = 0,000$) (7) che di quello della **frequenza** ($R = 0,733/P = 0,000$) in rapporto

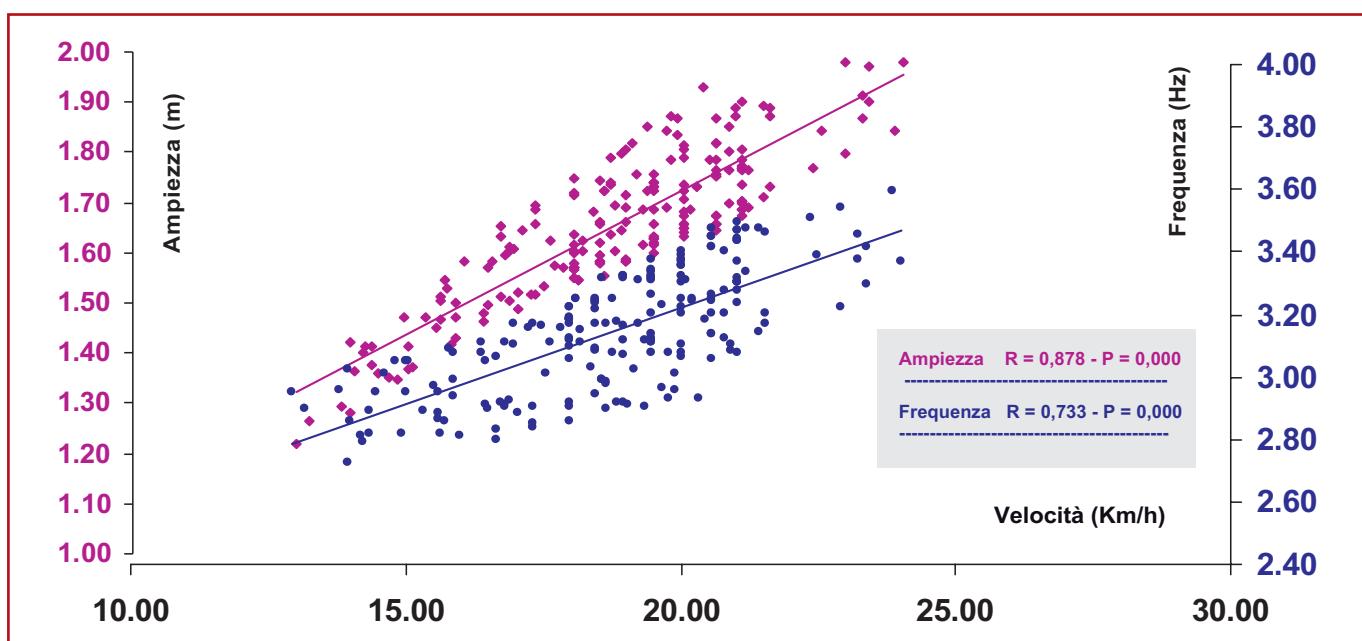


Figura 1 - Top uomini.

alla velocità di corsa.

La Figura 2 mostra le stesse coordinate riferite al gruppo degli amatori con ca. 100 rilevamenti su 22 atleti.

È evidente la congruenza del parametro **ampiezza** col campio-

ne degli atleti top ($R = 0,924/P 0,000$); ma non quello della **frequenza** ($R = 0,345/P 0,001$). In entrambi i parametri la significatività rimane elevata.

Sovrapponendo, sullo stesso grafico, l'andamento dei due

gruppi di riferimento e disgiungendo il parametro **ampiezza** (Figura 3) dalla frequenza (Figura 4), si evidenziano ancora di più le osservazioni appena riportate.

Il confronto dell'ampiezza del passo nei due gruppi di riferimen-

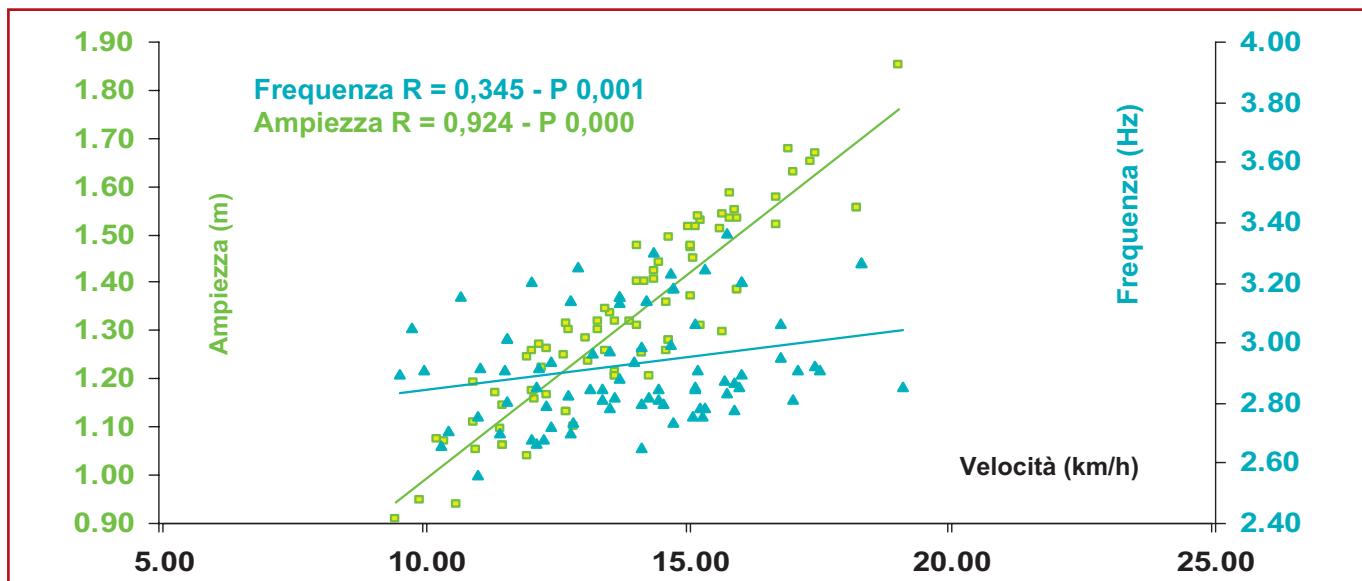


Figura 2 - Amatori maschi.

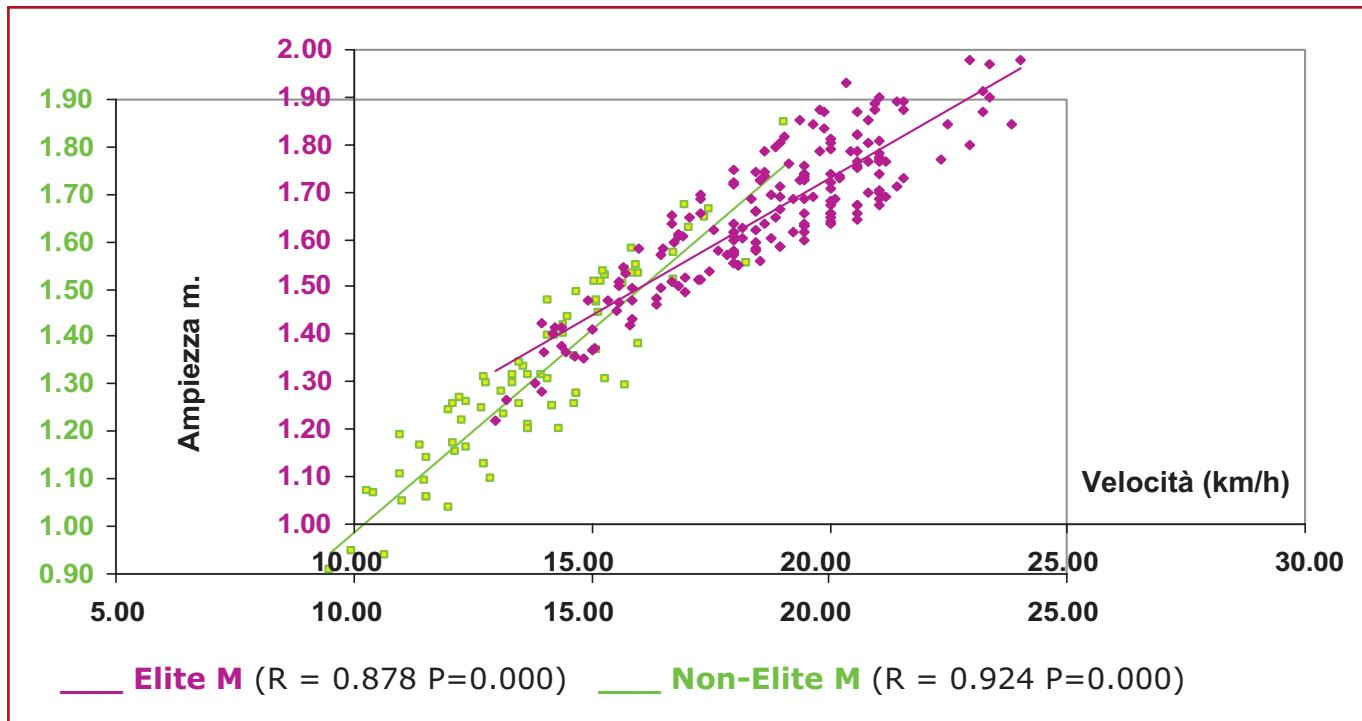


Figura 3 - Confronto tra atleti Top e amatori.

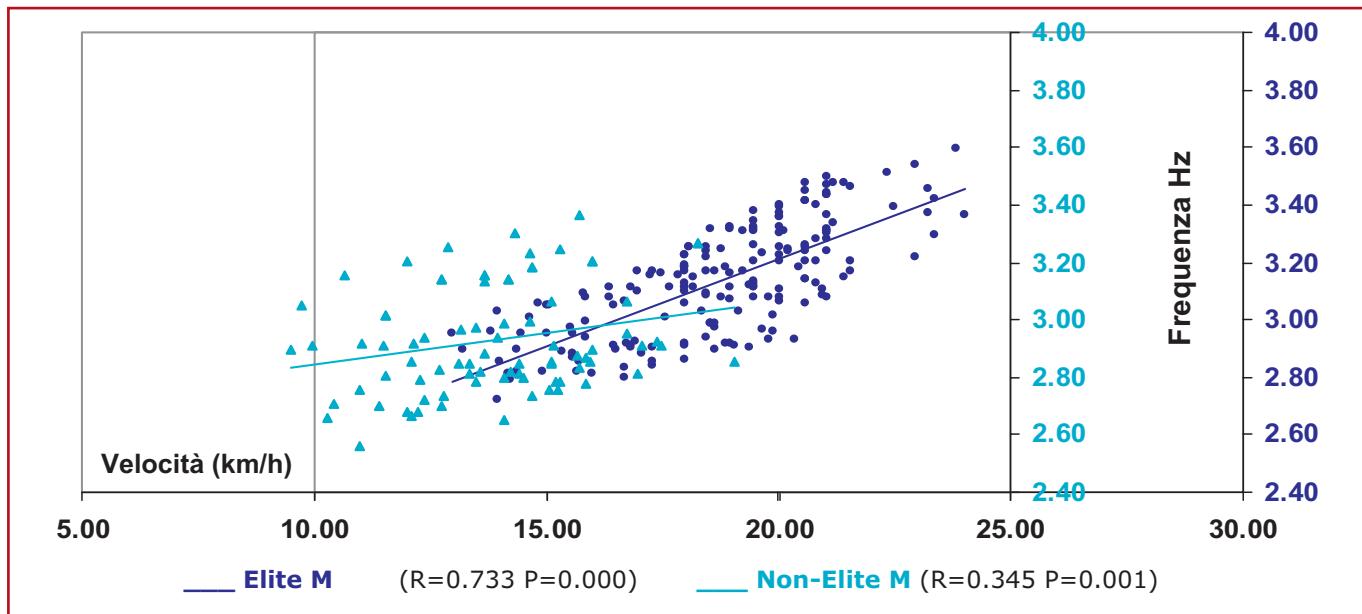


Figura 4 - Confronto tra atleti Top e amatori M - FREQUENZA.

to evidenzia una sostanziale e significativa correlazione col varia- re della velocità di corsa. Tale evi- denza farebbe supporre che l'ampiezza del passo sia un parame- tro relativamente "stabile" e con un range di variabilità contenuto.

Se, invece, si confrontano i da- ti relativi alla frequenza del pas- so (*Figura 4*), appare chiara una netta distinzione nel comporta- mento dei due gruppi di riferi- mento: negli atleti di alta qualifi- cazione il dato rimane correlato; negli atleti amatori la dispersione dei punti risulta marcata.

Tale riscontro farebbe presup- porre che la **frequenza del mo- vimento sia l'elemento discri- minante** nell'evoluzione tecnica nel modello meccanico della cor- sa prolungata, sempre nella logi- ca, però, dell'adattamento con- giunto con l'ampiezza del passo che rimane il parametro che, per- centualmente, varia in misura maggiore in rapporto alla varia- zione di velocità.

Le donne

Le stesse procedure di analisi hanno riguardato lo studio del comportamento dei due gruppi femminili, non sottacendo il nu- mero inferiore di dati raccolti ri- spetto a quello maschile.

Tuttavia è plausibile affermare che i dati statistici riferiti ai due gruppi femminili confermano, so- stanzialmente, quanto già emer- so con quelli maschili:

- a) l'ampiezza del passo segue una correlazione stabile ed omogenea a tutti i livelli di qua- lificazione;
- b) la frequenza del passo presen- ta indici di correlazione pro- porzionali al livello di presta- zione nella corsa prolungata.

Entrando nel dettaglio, sono stati effettuati 160 rilevamenti di frequenza/ampiezza del passo di corsa su 20 atlete della naziona- le italiana di mezzofondo e fon- do (o, comunque, di livello na- zionale) (*Figura 5*). La correlazio-

ne del parametro **ampiezza** in relazione alle diverse velocità è praticamente identico al campio- ne maschile ($R = 0,879$ vs $0,878$); quello della **frequenza** è inferio- re ($R = 0,582$ vs $0,733$).

Tale scostamento potrebbe essere attribuito (almeno in parte) alla diversa qualificazione inter- nazionale tra il gruppo maschile (che potremmo definire eccellen- te) e quello femminile. Tale con- statazione avvalorerebbe l'ipote- si secondo la quale più è alto il livello dell'atleta e più alto è il gra- do di correlazione tra la varia- zione di velocità e la frequenza del movimento. La significatività dei dati rimane elevata per tutti e due i parametri.

Il gruppo delle "dilettanti" era il meno numeroso, composto da solo 8 atlete. Sono stati effettuati 40 rilevamenti della frequenza e dell'ampiezza del passo di corsa a diverse velocità ($7 < 15 \text{ km/h}$). An- che con questo gruppo rimane molto elevata la correlazione del

parametro **ampiezza** ($R = 0,878 - P 0,000$) e più basso quella della **frequenza** ($R = 0,429 - P 0,029$) (Figura 6).

Nei Grafici 7 e 8 sono comparati i dati dei due gruppi femminili, distinguendo l'ampiezza (Figura 7) dalla frequenza (Figura 8).

Rispetto al dato omologo dei gruppi maschili, si riscontra una più stretta relazione nel comportamento della frequenza del passo. Anche in questo, si potrebbe avanzare l'ipotesi di una meno marcata differenza nella qualificazione del gruppo femminile rispetto al maschile.

Tutti i gruppi

I Grafici 9 e 10 rappresentano la nuvola di punti riferiti a tutti e quattro i gruppi di studio nelle espressioni, rispettivamente, di frequenza e ampiezza.

Non trascurando la correlazione complessiva della frequen-

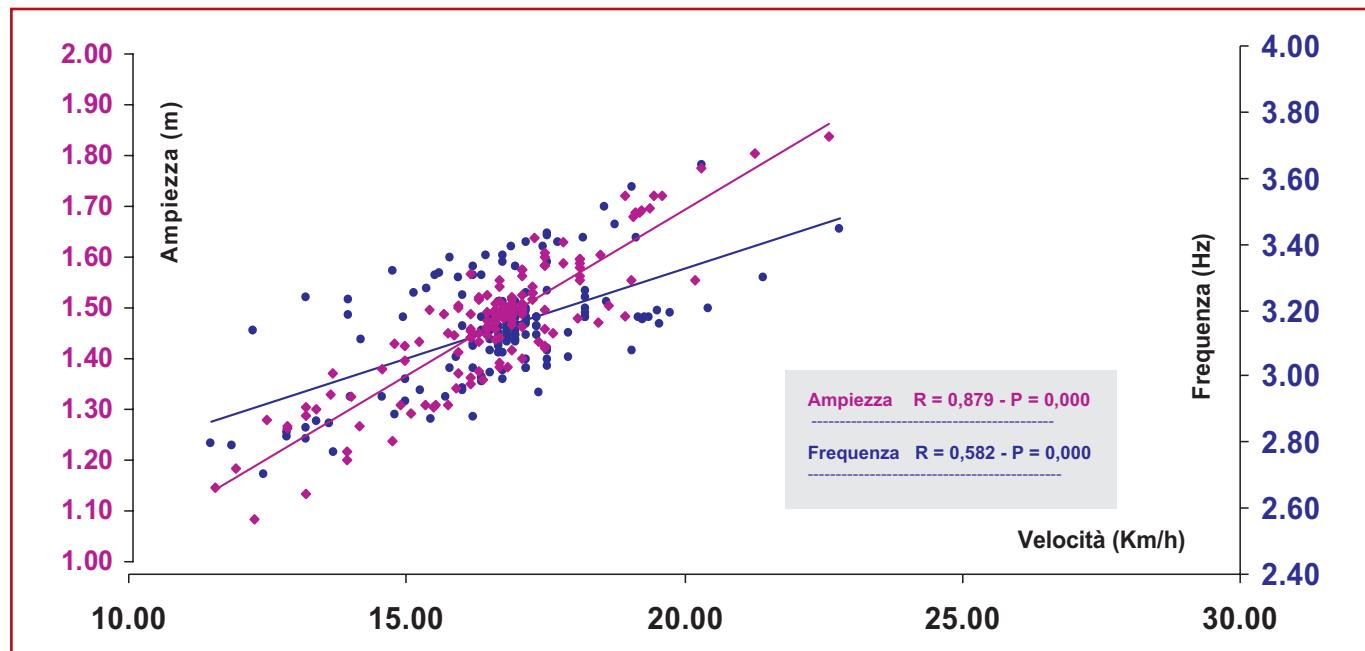


Figura 5 - Top donne.

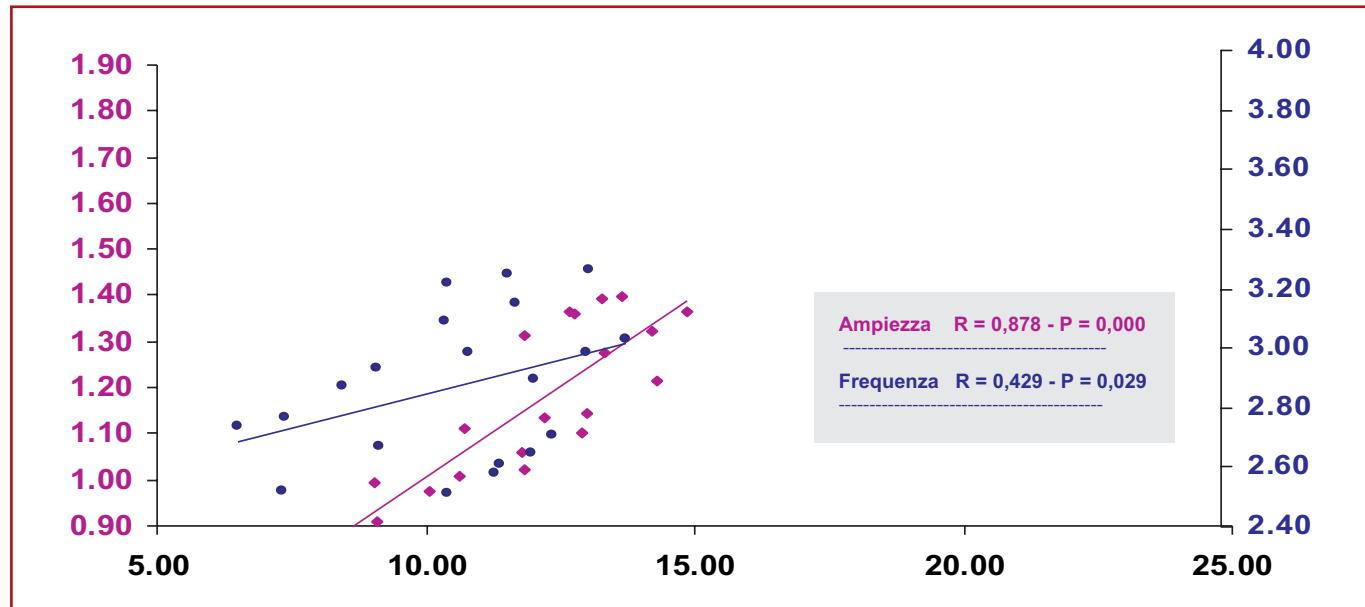


Figura 6 - Amatori donne.

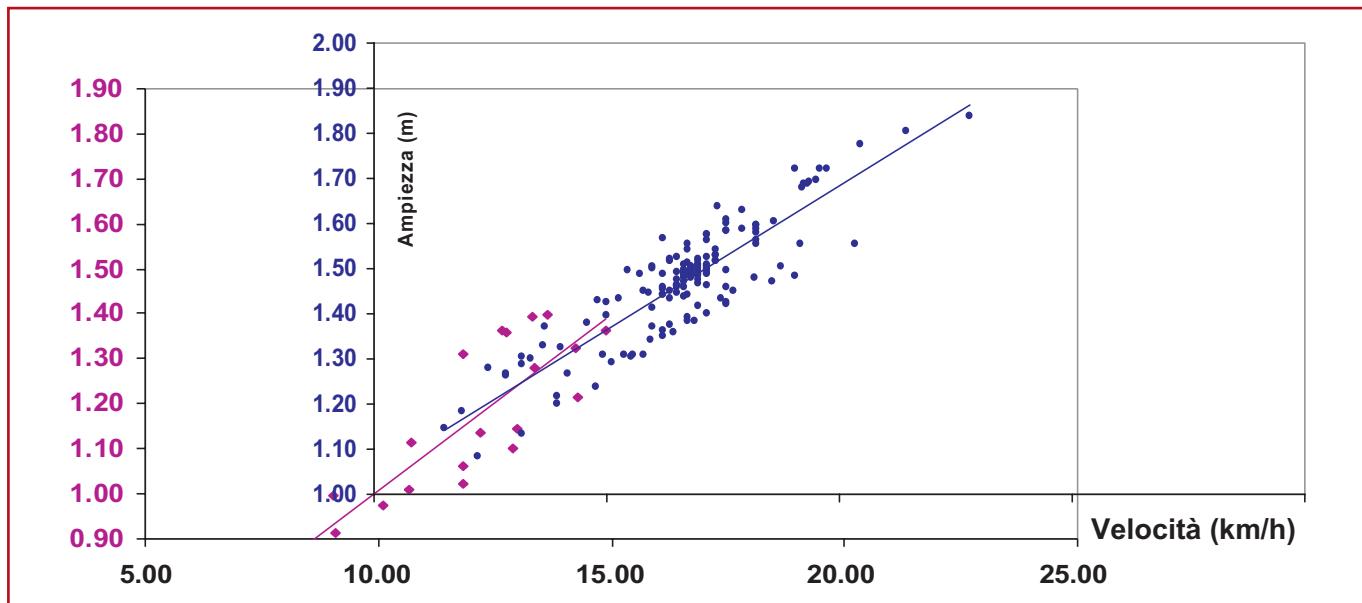


Figura 7 - Confronto tra Atlete Top e Amatori F - AMPIEZZA.

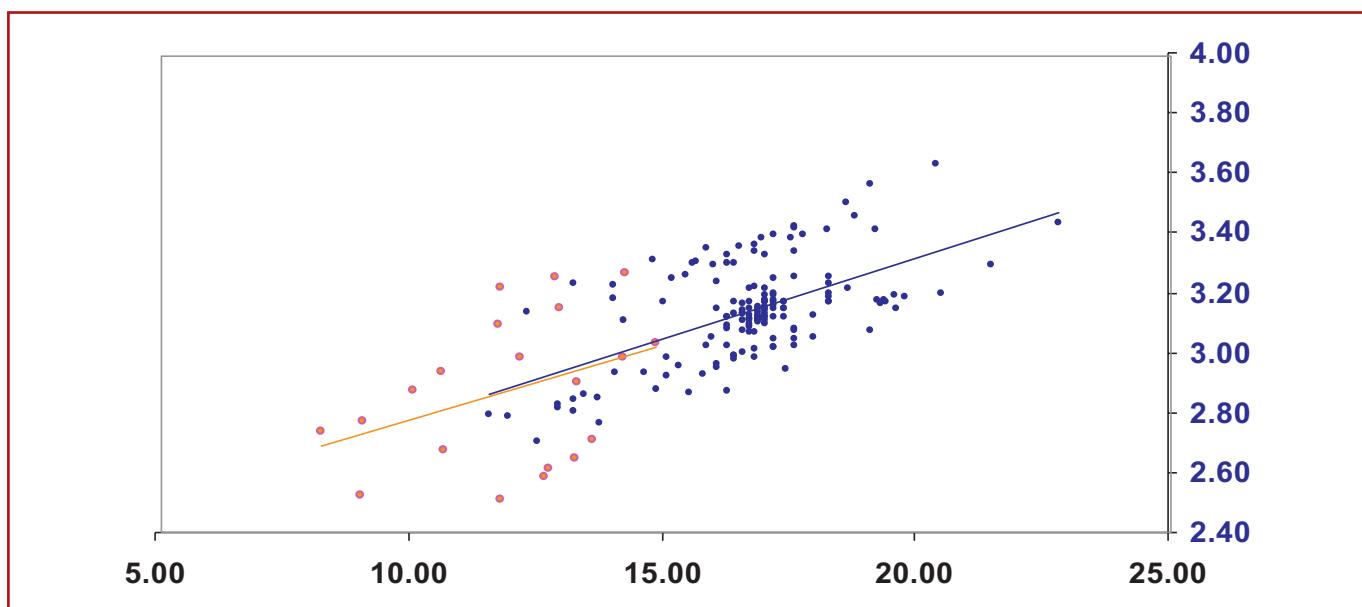


Figura 8 - Confronto tra Atlete Top e Amatori F - FREQUENZA.

za ($R = 0,681$ P 0,000), è da sottolineare, sul campione testato, la significatività del dato dell'ampiezza ($R = 0,939$ P 0,000). Tale rilievo produrrebbe, tra l'altro, l'ipotesi di considerare la **statu-**
ra del soggetto *poco influente* nella variazione del parametro lunghezza del passo se riferita alla velocità di spostamento (8).

Nella Figura 11 sono riportati i valori dei due parametri studiati (frequenza / ampiezza) alla ricerca di un profilo di relazione interna.

Il significato che si intende attribuire a questa relazione, con tutti i distinguo che il caso comporta, è che, tendenzialmente, gli atleti poco allenati (o a basso

rendimento) riescano a sostenere solo uno dei due parametri a causa, fondamentalmente, di un limitato (o non equilibrato) gradiente di forza muscolare (la correlazione tra i punti è negativa).

Nel caso degli atleti ad alto rendimento si registra, al contrario, una linea di tendenza po-

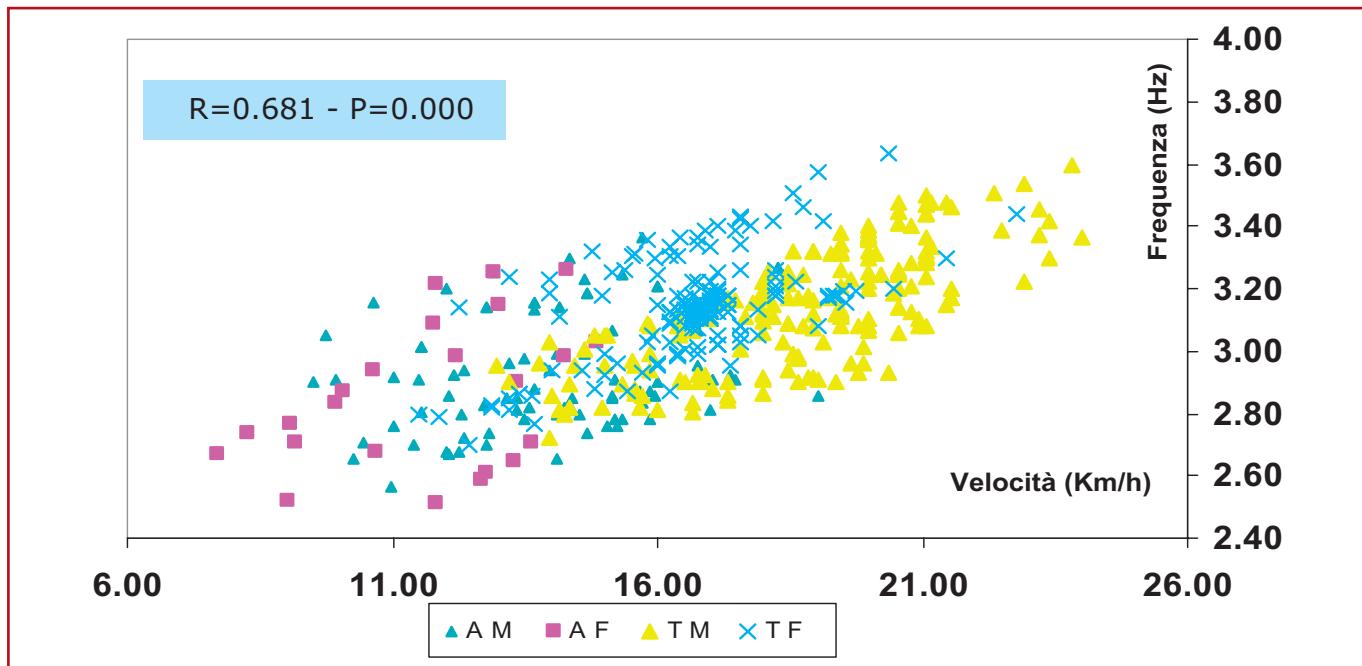


Figura 9 - FREQUENZA.

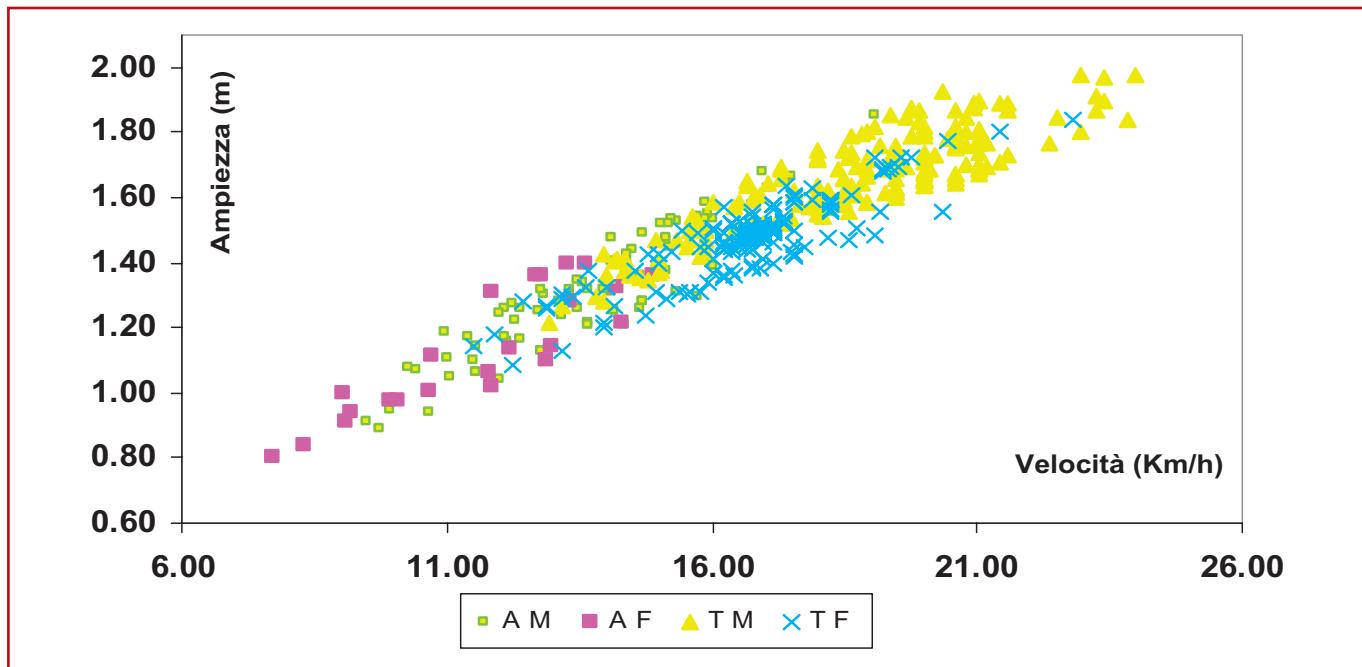


Figura 10 - Tutti i gruppi - AMPIEZZA.

sitiva, il che farebbe presupporre un maggior **controllo** e un maggiore **equilibrio** ⁽⁹⁾ nell'impiego della forza tra la fase negativa e quella positiva del passo di corsa.

Indici di correlazione nei vari gruppi e significatività:			
Amatori M : R=	-0,034	P	0,733
Amatori F : R=	-0,017	P	0,936
Top M : R =	0,320	P	0,000
Top F : R =	0,128	P	0,100

L'analisi statistica mette in rilievo una buona significatività dei dati presi complessivamente e del gruppo Top Maschile. Basso valore di significatività, invece, nelle correlazioni degli altri gruppi.

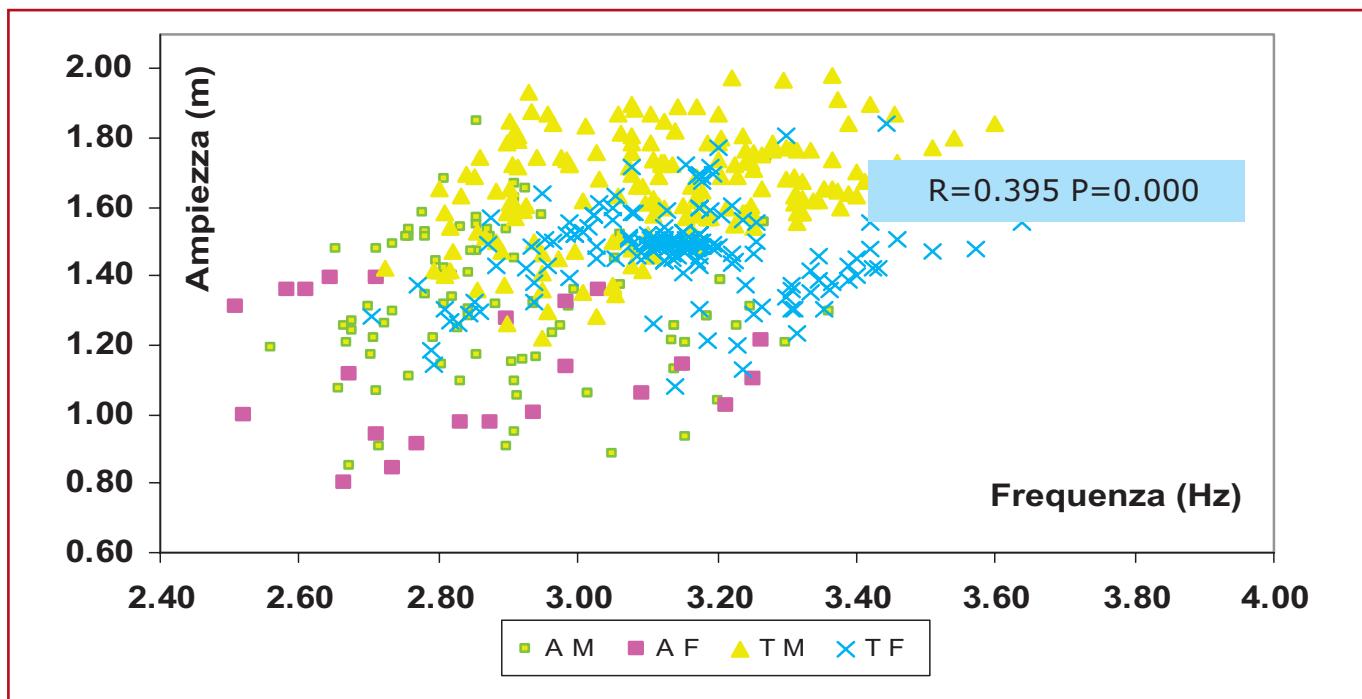


Figura 11 - Relazione ampiezza/frequenza.

Analisi e osservazioni sui comportamenti individuali

Il filo conduttore che caratterizza l'impostazione di questo lavoro nasce dalla convinzione che il movimento animale (nel nostro caso, umano) abbia, alla base, caratterizzazioni elettro-meccaniche e che i metabolismi energetici siano "al traino", nel tentativo di soddisfare e sostenere nel migliore dei modi le richieste. In altri termini non è, per esempio, l'intervento del metabolismo anaerobico che "determina" l'aumento della potenza espressa dal muscolo ma, in senso inverso, è il reclutamento di un numero maggiore di unità motorie che richiede più energia, necessaria per "tenere vivo" il movimento. A questo punto, il controllo e la misurazione dei parametri fisiologici sono essenziali a capire gli am-

biti dell'espressione motoria, tenendo conto che *piccolissime variazioni di intensità lavorativa possono produrre enormi differenze nella durata dello sforzo*.

Un secondo concetto che si ritiene opportuno puntualizzare è riferito alla condizione per la quale tutti i ragionamenti scaturiti dalle analisi dei dati statistici consentono di fornire una visione d'insieme e tracciare linee di tendenza per la proposizione di un modello di riferimento. Non ci forniscono, però, formule matematiche da applicare ad ogni singolo atleta.

In questo rimane ancora essenziale *l'intervento critico dell'allenatore* (o, comunque, dell'esperto) per trarre indicazioni utili a perfezionare il gesto tecnico.

Tutti gli uomini in grado di correre possiedono un ambito di velocità nella quale il rendimento meccanico tocca un picco (Ca-

vagna). Il corridore diventa specialista in una determinata distanza quando le caratteristiche innate e quelle acquisite (attraverso il training) lo portano a strutturare una modalità tecnica per cui, in un gruppo di pari, segue il miglior risultato dalla combinazione tra velocità media sostenuta e spazio percorso. È ovvio che il limite è rappresentato dalla massima potenza meccanica. Ma il rendimento distingue gli atleti di pari fascia potenziale (¹⁰). Gli atleti di alta qualificazione, in genere, possiedono uno spettro più ampio di velocità alle quali riescono ad essere efficienti. La modulazione degli impulsi propulsivi (differenziazione cinestesica e corretta successione delle frequenze di stimolo sulle placche motrici) combinata con una ritmica adeguata alla variazione di velocità, consentono di utilizzare al meglio l'energia metabolica to-

tale e quella proveniente dal ritorno elastico delle strutture dell'apparato locomotore.

Di seguito si proporranno alcuni esempi di come sia possibile cogliere elementi di valutazione attraverso il monitoraggio dei parametri cinematici della corsa in forma isolata o in associazione alle informazioni attinte dagli indicatori metabolici.

Aampiezza e frequenza del passo rilevata in situazioni diverse sullo stesso atleta

Nei grafici delle *Figure 12 e 13* sono stati sovrapposti i dati di un atleta maratoneta rilevati durante il test in progressione continua da 13 a 23 Km/h (in violetto) e quello a carichi crescenti (in blu) rap-

presentato da 6 step di 2 km (incremento di velocità di 0,2 km/h da 19 a 22 km/h). Sia l'ampiezza che, ovviamente, la frequenza dei passi, a parità di velocità, si mantengono stabili in entrambe le condizioni (i punti si sovrappongono perfettamente).

Nei grafici in *Figure 14 e 15* è proposto l'esempio di un secondo atleta, di pari livello tecnico,

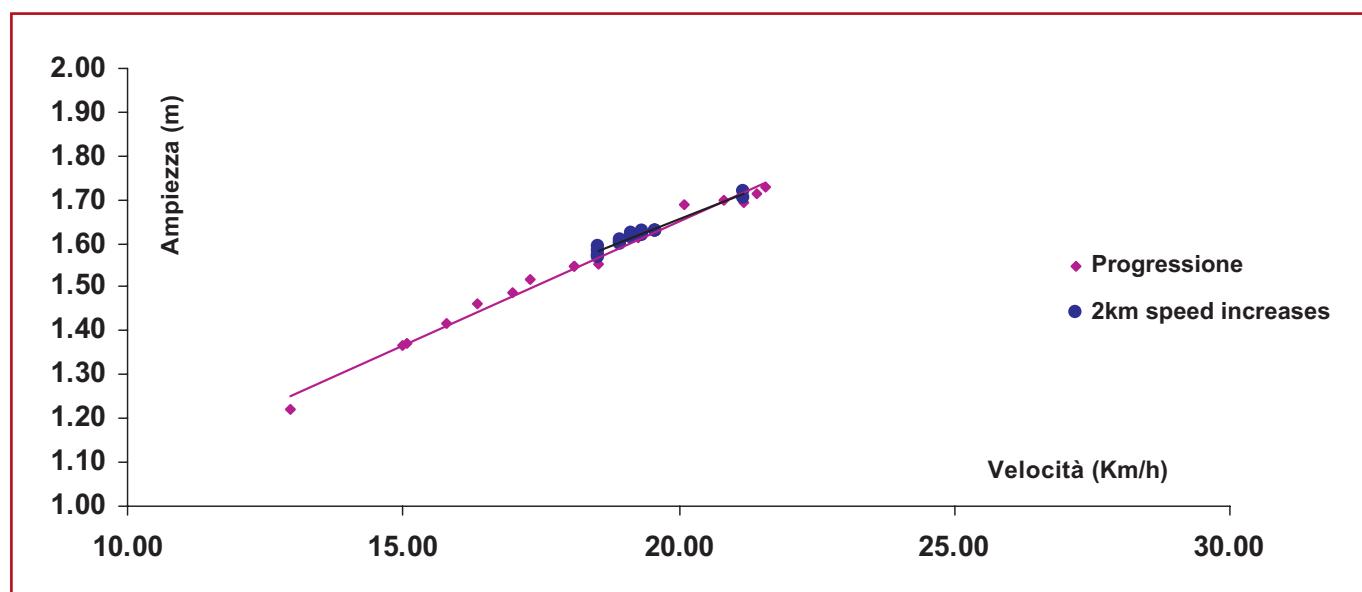


Figura 12

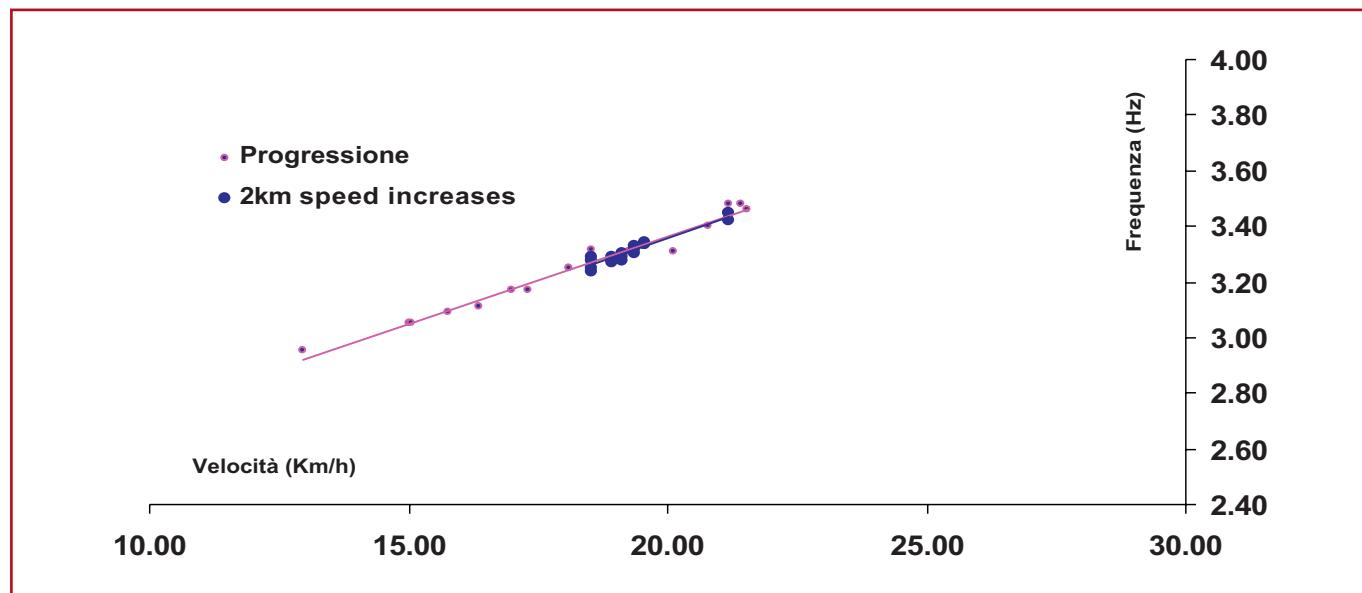


Figura 13

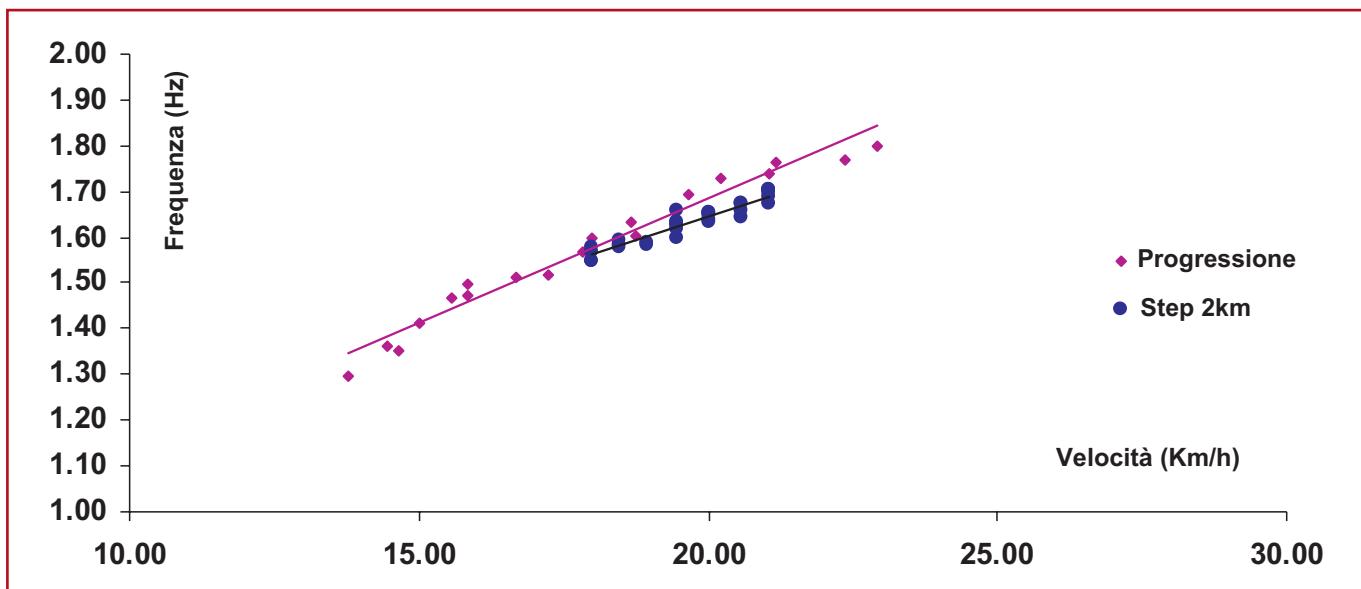


Figura 14

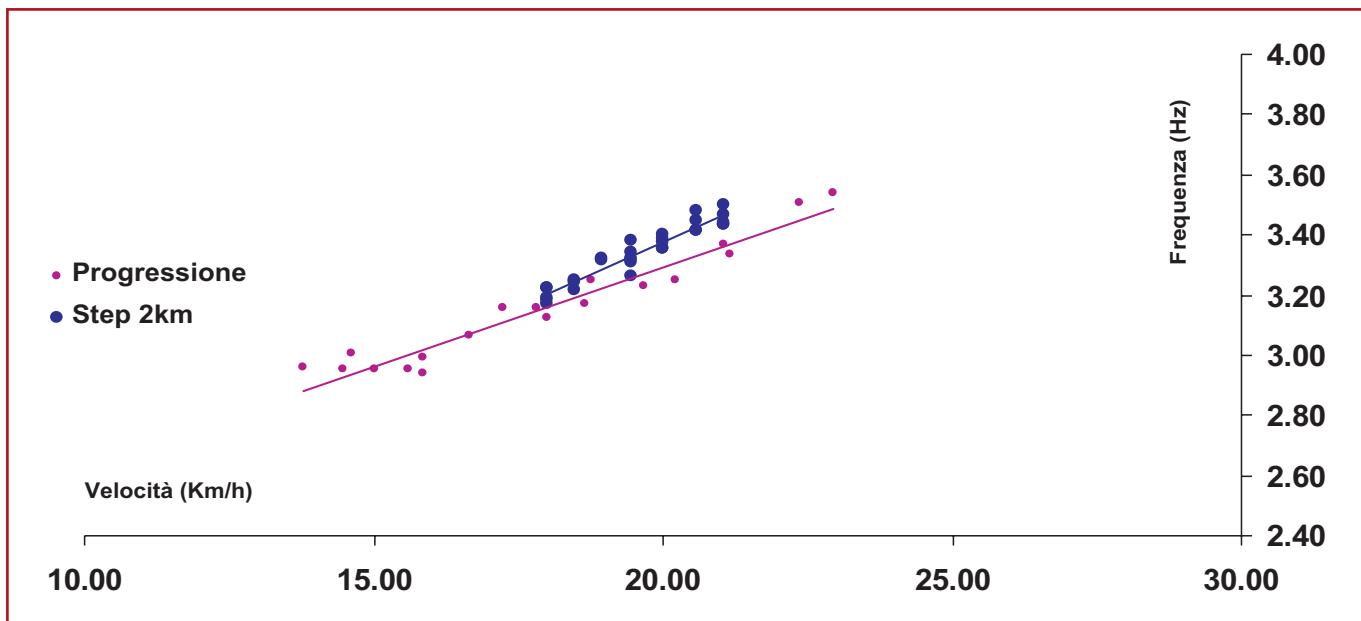


Figura 15

nelle medesime condizioni. Si evidenzia una apprezzabile variazione tecnica tra il test in progressione e quello a velocità costante. In quest'ultima situazione prevale la frequenza sull'ampiezza rispetto al test ad incremento continuo.

Tale analisi è da riportarsi nell'ambito della stabilizzazione della tecnica e delle abilità ritmiche

in situazioni di variabilità del compito.

Aampiezza del passo di corsa e Frequenza Cardiaca

Quelli che seguono rappresentano una serie di grafici nei qua-

li è stata messa in relazione la velocità di corsa con l'ampiezza del passo e la variazione della frequenza cardiaca. Sono rappresentati tutti i gruppi studiati e, per gli atleti top, sono state segnalate alcune ulteriori differenziazioni sulla specialità di gara (mezzofondo o maratona). Il comportamento per quasi tutti i sogget-

ti studiati è assolutamente assimilabile. L'ampiezza del passo segue lo stesso andamento della F.C. in rapporto all'aumento della velocità:

- correlazione lineare sino alla soglia anaerobica;
- deflessione della curva a velocità superiori.

In altre parole, da un certo punto in poi, l'aumento di velocità sarebbe da addebitarsi più ad un aumento della frequenza che non, in proporzione, a quello del parametro ampiezza (11).

In tal senso, si deve ritenere che l'indice di correlazione tra la velocità di corsa e l'ampiezza del passo, di per sé elevato in tutti i

gruppi di corridori, è, di fatto, ancora maggiore se si considerasse solo la zona di intensità prettamente aerobica.

Nel *Grafico 16* si riporta un esempio di atleta del gruppo Top Maschile specialista del mezzofondo.

Nel *Grafico 17* si riporta un esempio di atleta del gruppo Top

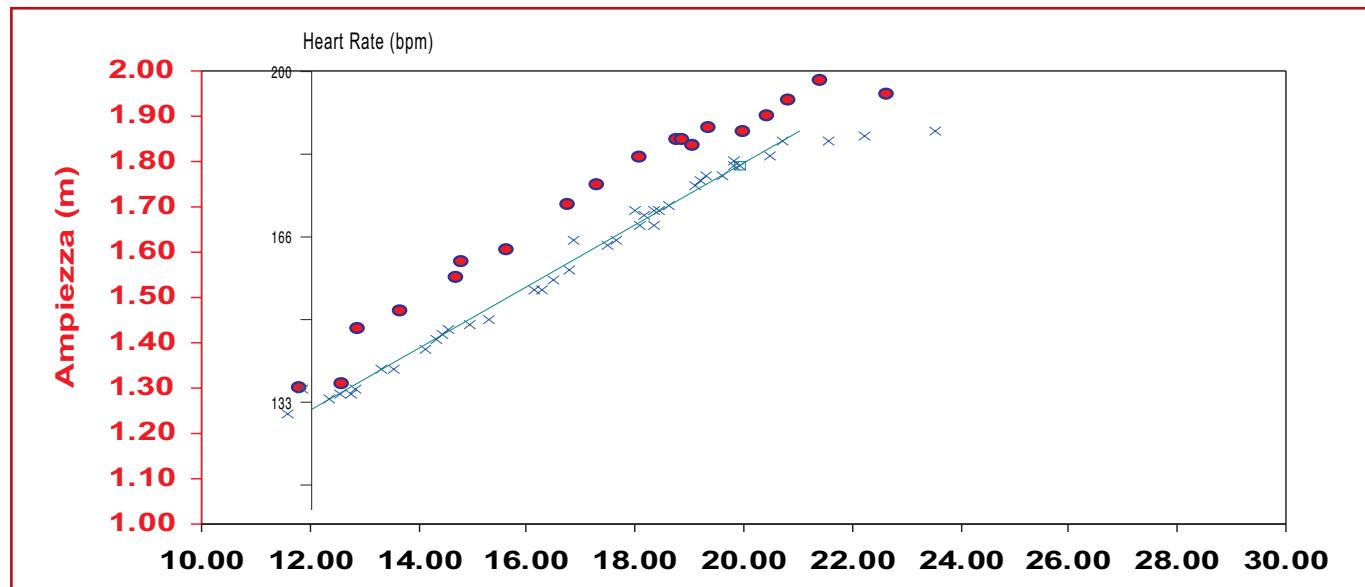


Figura 16

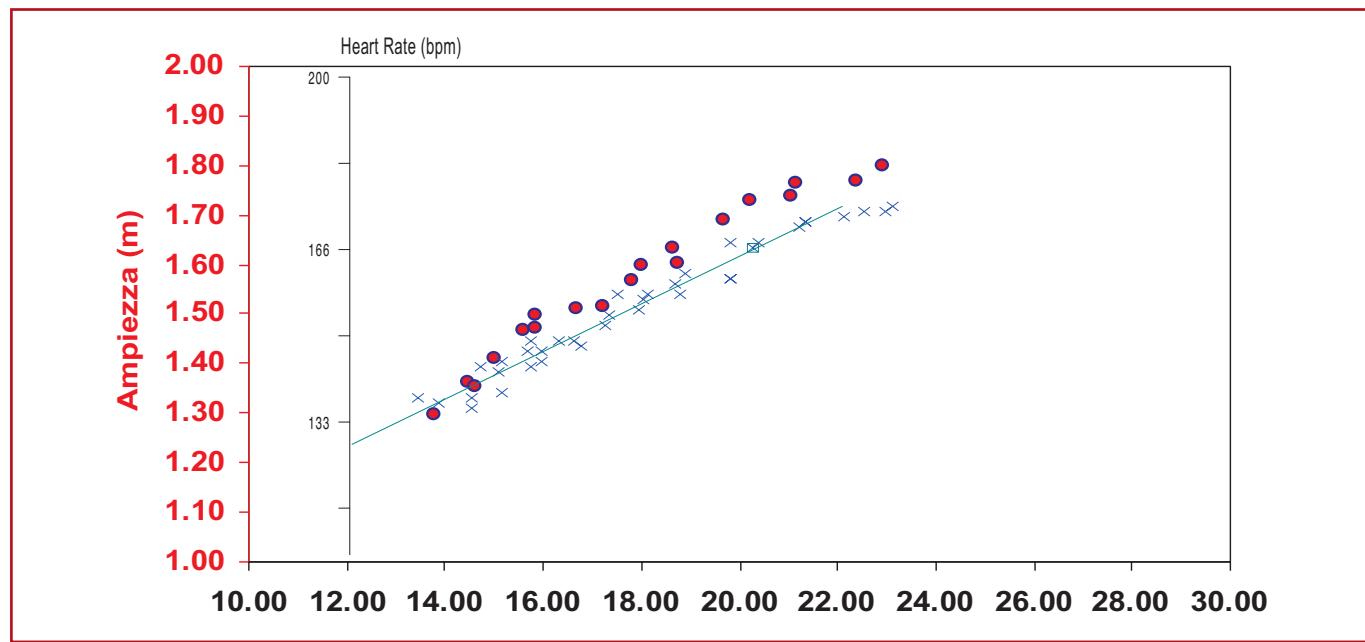


Figura 17

Maschile specialista della maratona.

Nel Grafico 18 si riporta un esempio di atleta del gruppo Top Femminile specialista del mezzofondo.

Nel Grafico 19 si riporta un esempio di atleta del gruppo Amatori Femminile.

Nel Grafico 20 si riporta un esempio di atleta del gruppo Amatori Maschile.

Frequenza del passo di corsa e Frequenza Cardiaca

I Grafici 21 e 22 sono relativi al comportamento di ampiezza e

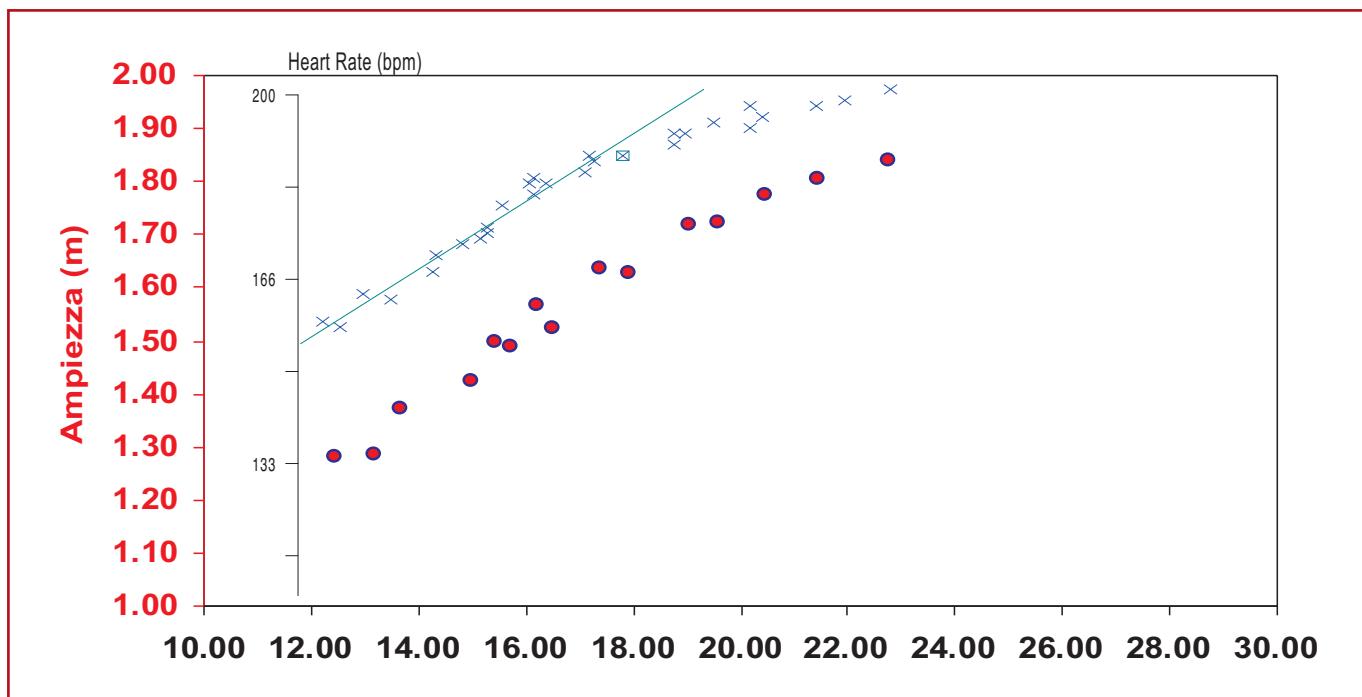


Figura 18

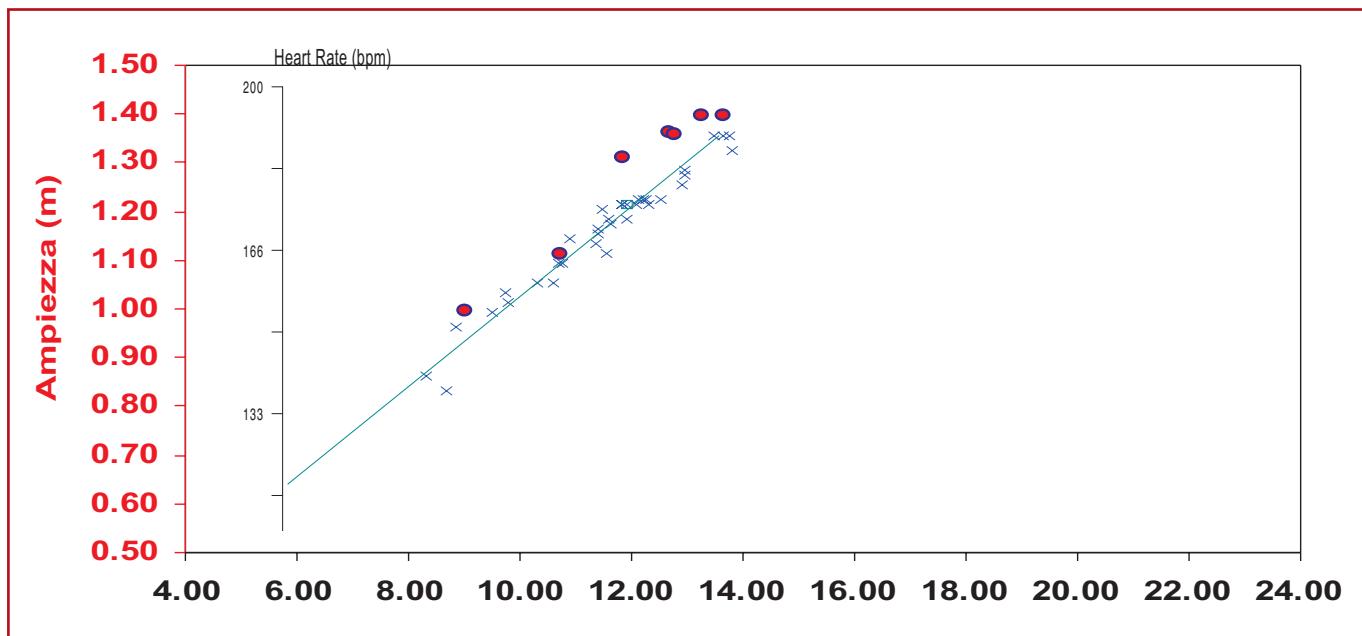


Figura 19

di frequenza di un atleta del gruppo Top Maschile specialista del mezzofondo (under 23). È evidente che, sino a 19 km/h, l'atleta mantenga pressoché costante la frequenza (sotto i 3Hz), per cui

l'aumento di velocità è a carico quasi esclusivo dell'ampiezza. Tra i 19 e i 21,5 Km/h la ritmica del passo cambia, adeguandosi alla variazione di velocità. Contestualmente, la frequenza cardiaca mu-

ta il suo andamento: apparentemente sembrerebbe in deflessione (come se avesse superato la soglia anaerobica), in realtà va a descrivere una nuova retta più spostata a destra, quindi più red-

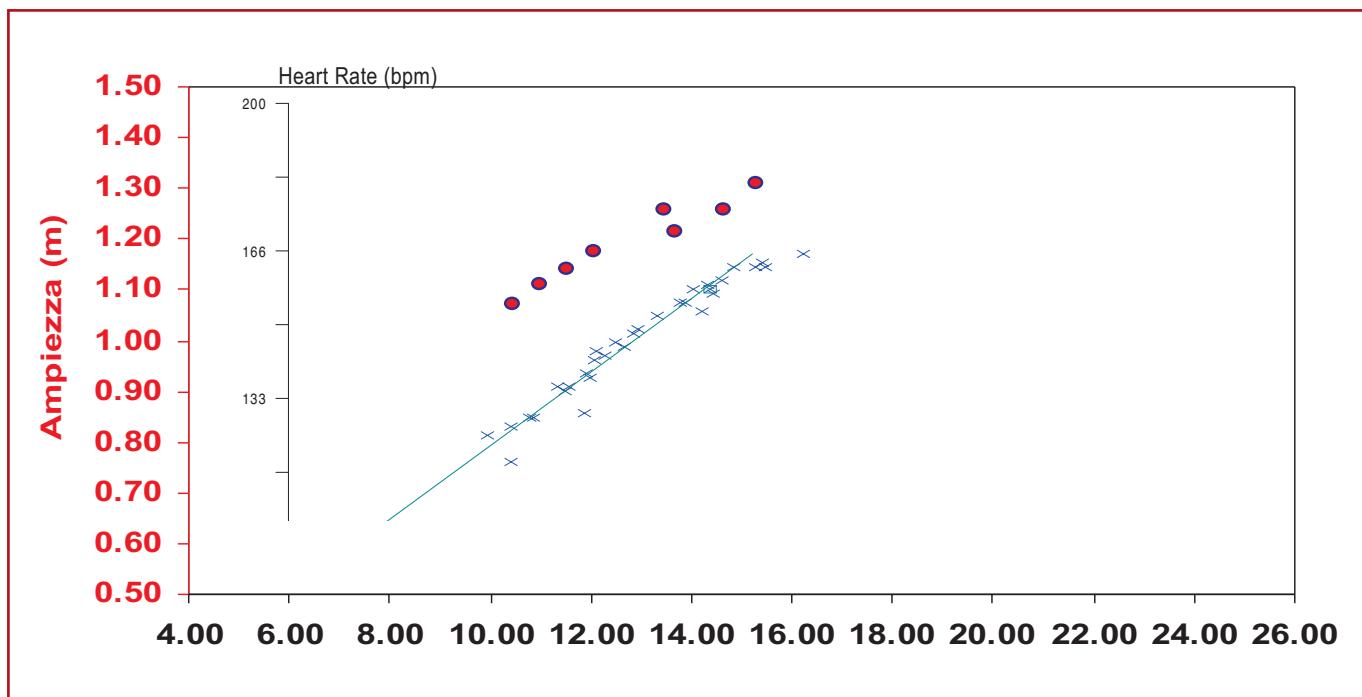


Figura 20

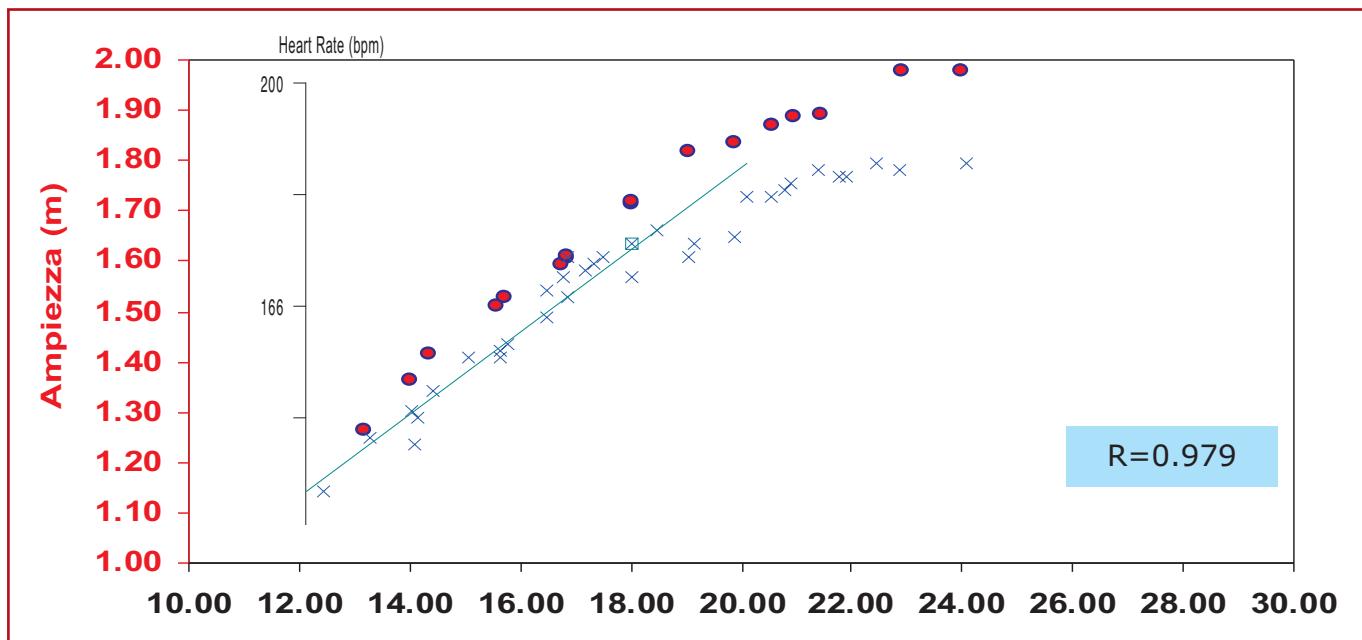


Figura 21 - Frequenza del passo di corsa e Frequenza cardiaca.

ditizia (freccia rossa) (*Figura 22*). L'ipotesi che l'atleta si trovi ancora in pieno regime aerobico, tra 18 e 21 km/h, è avvalorata dai risultati che lo stesso ha poi conseguito in gara (13'46" - 5km).

È estremamente interessante osservare come una variazione

della tecnica comporti un immediato adeguamento delle richieste fisiologiche. Una migliore combinazione tra frequenza e ampiezza del passo ha prodotto la diminuzione della richiesta energetica e, di conseguenza, un decremento della frequenza cardiaca.

Nel grafico in *Figura 23* è riportato un esempio di atleta del gruppo Top maschile, specialista del mezzofondo breve (800 e 1500m). Si evidenzia che, a differenza della maggior parte dei suoi colleghi specialisti delle distanze più lunghe e degli ama-

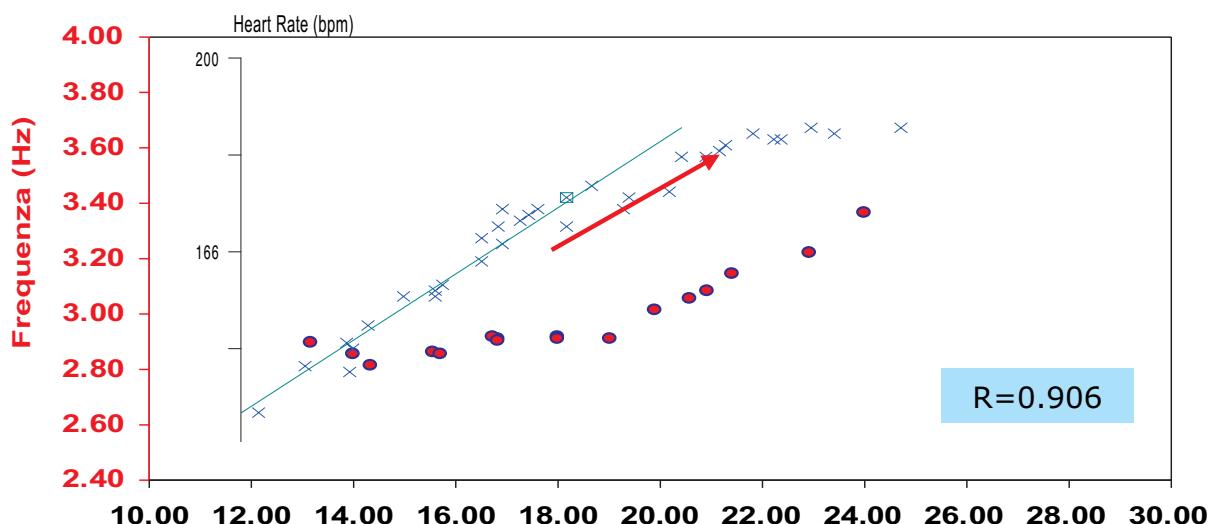


Figura 22

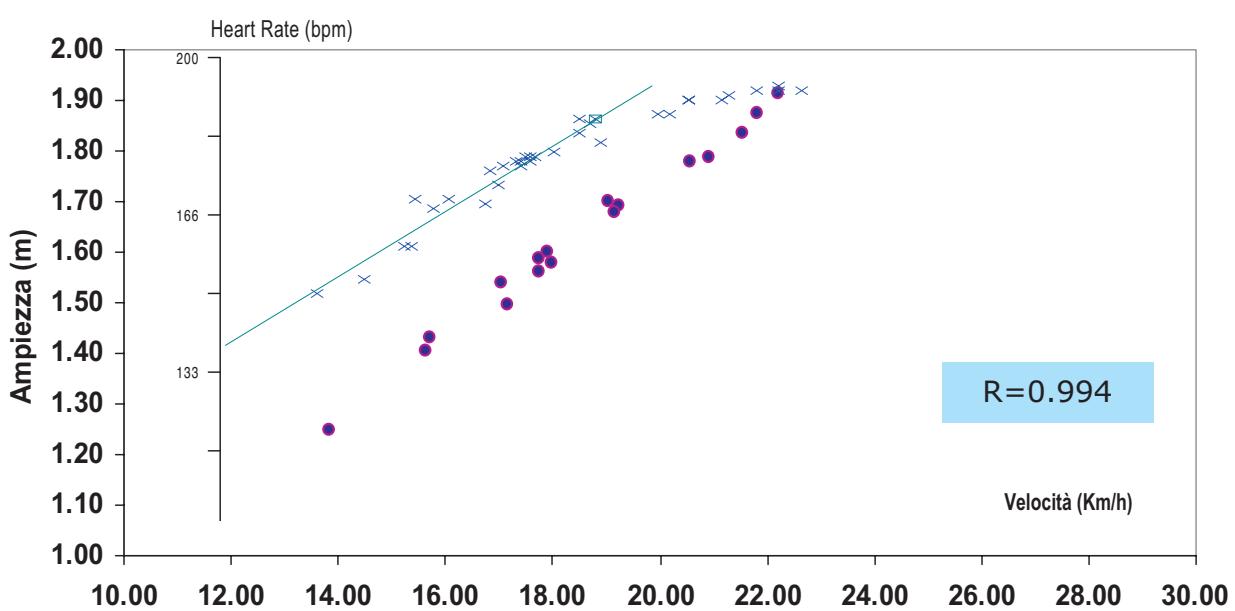


Figura 23

tori, il rapporto tra ampiezza del passo e velocità di corsa mantiene una buona correlazione (0,994 quella complessiva) anche a velocità superiori rispetto alla soglia anaerobica e alla velocità aerobica massima. Questo esempio è riportato per avvalorare l'ipotesi (nota n. 11) che gli atleti maggiormente allenati a sviluppare e mantenere velocità maggiori siano in grado di attivare meglio la muscolatura flessoria e, quindi, continuare a incrementare l'ampiezza anche a velocità tipicamente anaerobiche.

Implicazioni metodologiche, tecniche e pratiche di campo

Lontani dal voler proporre soluzioni valide per ogni circostanza, dalle risultanze acquisite sembra emergere, in ogni caso, la necessità che anche il tecnico specialista nella corsa prolungata debba prestare massima attenzione allo sviluppo del potenziale motorio dell'atleta nella direzione della coordinazione, della tecnica e della tattica. Gli interventi riguardo alla possibilità di perfezionare i parametri biomeccanici di frequenza/ampiezza posso essere:

- a) **diretti**, ossia input durante l'esecuzione del movimento globale (a tutte le intensità di corsa ma, particolarmente, alle velocità prossime a quelle specifiche di gara);
- b) **indiretti**, attraverso l'utilizzo di tutti i mezzi dell'allenamento che creano i presupposti per migliorare la prestazione: svi-

luppo ed equilibrio della forza; sincronizzazione intra e intermuscolare; fluidità/decontrazione; senso ritmico; percezione e differenziazione cinestesica.

In ogni caso, le *modificazioni e gli adattamenti più duraturi e profondi avvengono per effetto delle esercitazioni estensive e il più correlato possibile con il gesto specifico*. Alcuni studi (12) e, soprattutto, l'esperienza diretta delle metodologie utilizzate dagli atleti di altissima qualificazione nelle specialità di endurance, inducono a ritenere più produttivo utilizzare alcuni feedback per richiamare l'attenzione dell'atleta durante l'esecuzione dell'esercitazione specifica.

Con questi presupposti, gli esercizi (ad esempio) di corsa ampia e rapida (13) eseguiti per poche decine di metri si devono tenere propedeutici e/o complementari ma non specifici.

Prospettive

La corsa rappresenta la modalità più veloce di locomozione umana. L'impiego delle macchine di ogni genere ha, di fatto, azzerato la necessità di un suo utilizzo per le comuni attività, relegandola all'esclusivo mondo dello sport e del fitness. Il fenomeno dilagante di un numero sempre più cospicuo di sedentari che diventano "maratoneti" è ascrivibile a questo *richiamo* che la natura tenta di fare quando viene sopraffatta e violentata. Non di meno, rimane vivo l'interesse dell'uomo a scoprire i propri limiti attraverso il segno impresso da un record.

Il mondo della ricerca potrebbe soddisfare (aiutare) entrambe queste aspettative.

L'analisi di due parametri elementari (utilizzando strumentazioni non certo sofisticate se paragonate al laboratorio) ha fatto emergere poche certezze e molti dubbi in merito ad una serie di ragionamenti che possono essere fatti sulla corsa prolungata.

Ed è sufficiente questa riflessione per auspicare nuovi e più articolati studi che confermino o confutino le ipotesi che, in qualche modo, si è tentato di avanzare.

Ringraziamenti

Voglio dire "grazie" a tutti gli atleti, i tecnici e i medici della nazionale italiana di atletica leggera del settore mezzofondo e maratona con i quali ho collaborato negli ultimi dieci anni e, ancora, a tutti gli altri appassionati e amici della corsa che si sono pre stati ad essere "misurati" per la realizzazione di questo studio.

Un pensiero e un ricordo particolare vanno, poi, ad Alberto Mandella per avermi invogliato e guidato nella stesura di questo documento, pubblicato in lingua inglese sulla rivista della IAAF - New Studies in Athletics - poco prima della sua improvvisa e prematura scomparsa.

Note

¹ "La composizione dei movimenti ciclici (che richiedono lo sviluppo della resistenza) appare più semplice rispetto a quella delle locomozioni acicliche". Verchoshanskij, *Introduzione alla teoria e metodologia dell'allenamento sportivo*. pag. 90 - SdS Roma 2001.

² Tra gli altri McArdle, Katch, Katch.

³ È opportuno precisare subito che le modificazioni individuali che il training può produrre sono difficilmente apprezzabili ad occhio nudo. L'unità di misura sono i millimetri e i centesimi di Hz. Si tenga conto che per coprire il percorso di maratona un atleta top impiega da 25.000 a 30.000 passi, un amatore anche 40.000 e più. Non è difficile immaginare quali ripercussioni sul risultato finale possano portare impercettibili variazioni tecniche.

⁴ O. Boje: Energy production, pulmonary ventilation, and length of steps in well-trained runners walking on a treadmill. *Acta Physiol. Scand.*, 7:362, 1944.

⁵ Quota di energia chimica trasformata in energia meccanica. Il resto (80-55%) viene dispersa sottoforma di calore. Nella metodologia della ricerca viene anche distinto il rendimento netto, ossia viene sottratta la quota di energia necessaria a mantenere il soggetto in posizione eretta. Si veda Cavagna - *Muscolo e locomozione* - (Bibl. 4).

⁶ Pur essendo diversi i fattori che determinano la diminuzione o l'incremento del rendimento, si è voluto dare risalto a queste due dinamiche sulle quali convergono quasi tutte le altre componenti.

⁷ R = coefficiente di correlazione tra due variabili. P = indice di significatività della correlazione.

⁸ Alcuni studi avevano ipotizzato una in-

cidenza importante della statura (più precisamente della lunghezza degli arti inferiori) sull'ampiezza del passo di corsa (Fortner). Nell'ambito delle velocità aerobiche questo elemento sembrerebbe statisticamente poco rilevante dal momento che sia gli uomini che le donne (differenza media di statura di 10 cm) hanno mostrato un comportamento simile nella variazione dell'ampiezza a parità di velocità.

⁹ C. Vittori (Bib. n. 32) sintetizza gli interventi dei distretti muscolari che sono coinvolti nella frequenza e nell'ampiezza del passo. Nel primo caso (frequenza) è la forza dei muscoli antigravitari che migliora la stiffness e diminuisce il "cedimento" del ginocchio al momento dell'impatto del piede a terra. L'ampiezza è, al contrario, regolata dalla forza dei muscoli flessori. Come vedremo in seguito (nota n. 11) si avanza l'ipotesi che, almeno per i corridori di lunghe distanze, i muscoli antigravitari intervengano anche nella regolazione dell'ampiezza del passo.

¹⁰ In uno studio di Morgan e Craib sui corridori di equivalente potenza aerobica dei 10.000 metri risultò che, in termini statistici, almeno il 64% della variazione della prestazione è da attribuire all'economia di corsa. (*Morgan, Craib physiological aspects of running economy. Med. Sci. Sports Exerc. 24:256, 1992*).

¹¹ Una delle ipotesi che si potrebbero

"azzardare" per spiegare questo comportamento è costituito dal fatto che i corridori di lunghe distanze (a causa della gran mole di lavoro fatta ad intensità medio/bassa) allenano poco i muscoli flessori mentre hanno sempre in tensione i muscoli antigravitari. Questa loro "limitazione meccanica" cerca di essere compensata da una maggior frequenza di movimento quando le velocità diventano superiori. Naturalmente a costi più alti. In definitiva si potrebbe sostenere, contraddicendo solo in parte l'affermazione di Vittori (nota 9), che nella corsa prolungata gli atleti sfruttano la forza dei muscoli antigravitari anche nella regolazione dell'ampiezza del passo quando le velocità sono relativamente contenute.

¹² Conley, Daniels dimostrarono che un lungo periodo di allenamento utilizzando la corsa prolungata induce un miglioramento nell'economia di corsa. Al contrario, gli allenamenti brevi finalizzati a puntualizzare gli aspetti tecnici della corsa in modo segmentario, produrrebbero effetti trascurabili sul rendimento. *Krahenbuhl, Pangrasi: Characteristics associated with running performance in young boys. Med. Sci. Sports Exerc., 5:488, 1983*.

¹³ Una scuola di pensiero sostiene che le esercitazioni brevi sulla tecnica producano effetti diretti sull'economia della corsa prolungata, considerandolo un mezzo di allenamento specifico.

Bibliografia

- 1) Carrier D. The Energetic Paradox of Human Running and Hominid Evolution *Current Anthropology*, 1984, volume 25, page 483.
- 2) Cavanagh P.R., Williams K.R. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sport Exerc* 1982 14: 30-35.
- 3) Cavagna G. A. The landing-take-off asymmetry in human running *Journal of Experimental Biology* 209, 4051-4060 (2006).
- 4) Cavagna G.A. Muscolo e locomozione - Raffaello Cortina Editore - Milano 1988.
- 5) Cavagna G.A., Heglund N.C. and Willems P.A. Effect of an increase in gravity on the power output and the rebound of the body in human running - *The Journal of Experimental Biology* 208-2005; 2333-2346.
- 6) Cavagna G.A. and m. Kaneko M. Mechanical work and efficiency in level walking and running. *J. Physiol.* (1977), 268, pp. 467-481.
- 7) Cavagna G.A., Willems P.A., Pranzetti P. and Detrembleur C. The two power limits conditioning step frequency in human running *Journal of Physiology* (1991), 437, pp. 95-108 95.
- 8) Dallam G.M., Wilber R.L., Jadelis K., Fletcher G., Romanov N. Effect of a global alteration of running technique on kinematics and economy *Journal of Sports Sciences Volume 23, Number 7 / July 2005* 757-764.
- 9) di Prampero P.E., Capelli C. Running & Science - Physiological factors affecting running performance pp. 67-84. *Institute of Exercise and Sport Sciences, 2001 University of Copenhagen*.
- 10) Ferris D.P., Liang K., Farley C.T Runners adjust leg stiffness for their first step on a new running surface *Journal of Biomechanics* 32 (1999) 787-794.
- 11) Fortner J. Tall vs. Short Runners <http://www.thefinalsprint.com/2006/09/tall-vs->

- short-runners/ sept. 2006.
- 12) He J. P., Kram R. and McMahon T.A. Mechanics of running under simulated low gravity *Journal of Applied Physiology*, Vol 71, Issue 3 863-870, 1991.
 - 13) Hreljac A, Parker D., Quintana R., Abdala E., Patterson K, Sison M. Energetics and perceived exertion of low speed running and high speed walking *Physical education and sport vol. 1, no 9, 2002, 27-35.*
 - 14) Incalza P. Le zone di intensità aerobica nelle discipline cicliche di durata. *SdS - Rivista di Cultura Sportiva, Roma, n. 52.*
 - 15) Kyrolainen H.; Belli A.; Komi P. Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine & Science in Sports & Exercise. 33(8): 1330-1337, August 2001.*
 - 16) Kyröläinen H, Pullinen T., Candau R., Avela J., Huttunen P., Komi P.V. Effects of marathon running on running economy and kinematics *European Journal of Applied Physiology Volume 82, Number 4 / July, 2000 1439-6319.*
 - 17) Lepers R., Pousson M.L., Maffiuletti N.A., Martin A., Van Hoecke J. The Effects of a Prolonged Running Exercise on Strength Characteristics. *Int. J. Sports Med. 2000, vol. 21, n° 4, pp. 275-280.*
 - 18) McArdle W., Katch F., Katch V. Exercise Physiology - Energy, Nutrition, and Human Performance, Fourth Edition. *Williams & Wilkins 1996.*
 - 19) Morgan D., Martin P., Craib M., Caruso C., Clifton R. and Hopewell R. Effect of step length optimization on the aerobic demand of running.
 - 20) Noakes T. Lore of running. *Oxford University press - Fourth edition 2001 pp. 61-66.*
 - 21) Novacheck T. The biomechanics of running *Gait and Posture 7 (1998) 77-95.*
 - 22) Nummela A., Paavolainen L., Sharwood K., Lambert M., Noakes T. and Rusko H. Neuromuscular factors determining 5 km running performance and running economy in well-trained athletes. *European Journal of Applied Physiology - Volume 97, Number 1 / May, 2006.*
 - 23) Ransdell L.B., Wells C.L Sex Differences In Physical Performance Women in sport and physical activity journal - Spring 1999 - Arizona State University.
 - 24) Saibene F., Minetti A.E. Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans *European Journal of Applied Physiology - Volume 88, Numbers 4-5 / January, 2003.*
 - 25) Saibene F., Rossi B., Cortili G. Fisiologia e psicologia degli sport EST Mondadori 1986 Milano.
 - 26) Saunders P.U.; Pyne D.B.; Telford R.D.; Hawley J.A. Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners *Sports Medicine, Volume 34, Number 7, 2004, pp. 465-485.*
 - 27) Sharwood K., Lambert, Gibson A., Noakes T. Changes in oxygen consumption during and after a downhill run in masters long-distance runners - *Clinical Journal of Sport Medicine. 12(5):308-312, September 2002.*
 - 28) Slawinski, J.; Billat V. Difference in Mechanical and Energy Cost between Highly, Well, and Nontrained Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise. 36(8): 1440-1446, August 2004.*
 - 29) Sol C., Mitchell K., Banks S., Torok D., Graves S., Welsh R. Impact Forces at the Knee Joint - A Comparative Study on Running Styles *Medicine and Science in Sports and Exercise (USA) May 2001 Vol. 33:5 supplement.*
 - 30) Schepens B., Willems P.A. and Cavagna G.A. The mechanics of running in children. *J. Physiol. 1998; 509: 927-940.*
 - 31) Thompson D., Nicholas C.W., Williams C. Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of sports sciences 1999, vol. 17, n° 5, pp. 387-395.*
 - 32) Vittori C. L'allenamento del giovane corridore dai 12 ai 19 anni. *Atletica Studi - supplemento 1-2/97 pp. 51-85 - Fidal Roma.*
 - 33) Weyand P.G. and Bundle M.W. Energetics of high-speed running: integrating classical theory and contemporary observations. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol 288: 956-965, 2005.*
 - 34) Weyand P.G, Sternlight D.B., Bellizzi M.J, and Wright S. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements - *J Appl Physiol 89: 1991-1999, 2000; Vol. 89, Issue 5, 1991-1999, November 2000.*
 - 35) Willems P.A., g. A. Cavagna G.A. and n. Heglund C. External, internal and total work in human locomotion. *The Journal of Experimental Biology 198, 379-393 (1995).*