



Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

SUPERMARATONA DELL'ETNA: EFFETTI SUL COSTO ENERGETICO E SULLA BIOMECCANICA DELLA CORSA

EDIZIONI 2012-2013

PROMOTORI DEL PROGETTO

- Università degli Studi di Udine
- Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche (UD)
- Corso di Laurea in Scienze Motorie di Gemona del Friuli (UD)
- U.S. Mario Tosi - Tarvisio

Responsabili Scientifici

- Prof. Guglielmo ANTONUTTO
Università degli Studi di Udine - Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche
Tel: (39) 0432-494334 - Fax: (39) 0432-983409 - E-mail: guglielmo.antonutto@uniud.it
- Dott. Stefano LAZZER
Università degli Studi di Udine - Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche
Tel: (39) 0432-494333 - Fax: (39) 0432-983409 - E-mail: stefano.lazzer@uniud.it

Collaboratori scientifici

- Dott. Paolo TABOGA (E-mail: paolo.taboga@uniud.it)
- Dott. Nicola GIOVANELLI (E-mail: nicola.giovanelli@uniud.it)



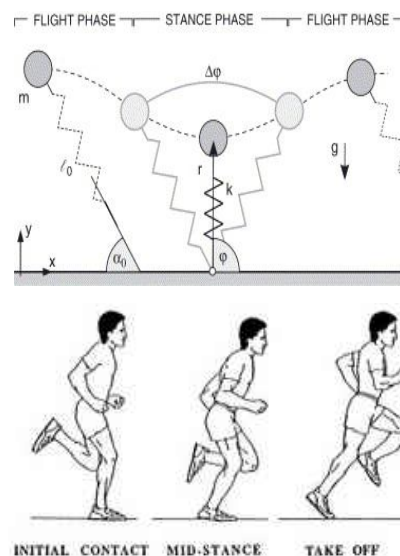
Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Premessa

Il costo energetico della corsa (Cr), insieme al massimo consumo di ossigeno ($V'O_{2max}$) e alla frazione di esso mantenuta durante la gara (F), rappresenta uno dei principali fattori determinanti la prestazione nelle gare di ultraendurance. Il Cr è la quantità di energia necessaria a percorrere una distanza unitaria e solitamente si esprime, normalizzandolo per la massa del soggetto, in $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$ o in $\text{kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$.

Il Cr rimane costante a diverse velocità ma aumenta con il passare dei km nelle gare di endurance (in una maratona aumenta di circa il 5% tra l'inizio e la fine). Tali variazioni del Cr sono associate principalmente a fattori biomeccanici e di controllo muscolare. Possiamo infatti paragonare il nostro corpo ad una massa (tronco, arti superiori, testa) posizionata su una molla (arti inferiori). Le strutture mio - tendinee degli arti inferiori infatti si comportano come una molla, immagazzinando una certa quantità di energia elastica durante la prima fase dell'appoggio, e restituendo tale energia successivamente, nella fase di spinta e quindi di avanzamento (fig. 1). Tale meccanismo permette di avere a disposizione una certa quantità di energia praticamente a "costo zero".

Fig. 1: il sistema "gamba-molla" permette di recuperare una parte di energia elastica ed ottimizzare quindi il gesto della corsa





Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Risulta quindi chiaro che maggiore è l'efficienza della "gamba – molla" e migliore sarà l'assorbimento e la restituzione di energia elastica durante la corsa. Se pensiamo infatti ad una molla "morbida" possiamo capire come questa risponda ad un carico comprimendosi, ma successivamente non restituirà in modo ottimale l'energia elastica (in un atleta che corre questo vuol dire avere delle oscillazioni marcate del centro di massa, che tenderà ad abbassarsi/rialzarsi di molto ad ogni passo). Se pensiamo, al contrario, ad una molla troppo rigida, è facile intuire come essa sarà difficilmente comprimibile e di conseguenza non potrà restituire molta energia elastica (immaginiamo un atleta che corre con le gambe tese). Risulta quindi fondamentale, per un corridore, avere una "gamba-molla" della rigidità ottimale, per poter ottenere una restituzione adeguata di energia elastica e poter così risparmiare preziosa energia proveniente da altre fonti. Questa rigidità, o più correttamente stiffness (k_{vert} o k_{leg} a seconda che si tratti della stiffness dell'intero "sistema" o del solo arto inferiore) è uno dei fattori che influenzano l'economia della corsa: una stiffness ideale permette di avere un costo energetico della corsa ridotto. Naturalmente la stiffness non è l'unico aspetto importante legato alla biomeccanica della corsa, ma altri sono i fattori che influenzano il comportamento del corridore: la frequenza del passo (f), il tempo di volo (t_v), il tempo di contatto (t_c), la velocità (v) e ad altri parametri che possono essere calcolati: forza verticale di reazione al suolo (F_{max}), spostamento verticale del centro di massa (Δz), variazione della lunghezza dell'arto inferiore (ΔL).

Ricerca

Edizione 2012

Per studiare questi parametri e come essi influenzano il costo energetico in una gara estrema come la Supermaratona dell'Etna il gruppo di ricerca in Fisiologia dell'Esercizio dell'Università di Udine ha raccolto dati su 14 partecipanti all'edizione 2012.

Il giorno prima della gara gli atleti si erano sottoposti ad alcuni test, grazie ai quali sono state determinate le caratteristiche antropometriche, la potenza degli arti inferiori (P) e il Cr . Inoltre, durante una corsa a 12 km/h sono stati misurati t_c , t_v e f . Da queste misure sono stati successivamente calcolati F_{max} , Δz , ΔL , k_{vert} e k_{leg} .

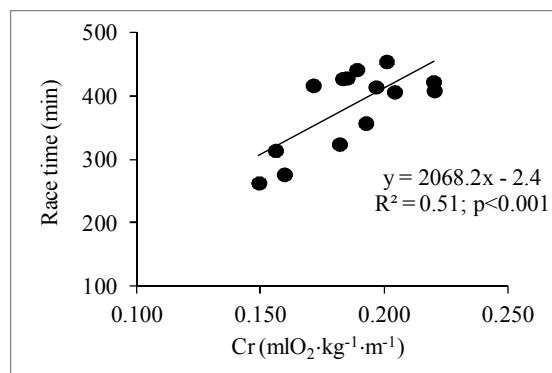


Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Immediatamente dopo l'arrivo a quota 3.000 m è stato chiesto agli atleti di ripetere i test e successivamente abbiamo confrontato i dati pre- con i dati post-gara.

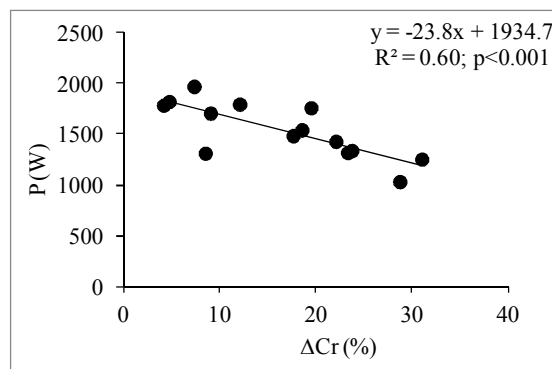
Dai risultati ottenuti abbiamo visto che i soggetti con un minor Cr sono quelli che hanno ottenuto i risultati migliori in gara (fig. 2).

Figura 2: Relazione tra tempo di gara e Cr prima della gara: gli atleti con Cr più bassi hanno ottenuto i risultati migliori



Inoltre, il Cr è aumentato del 17.9% (Δ Cr), indicando che i soggetti spendono molta più energia dopo diverse ore di gara rispetto a quanto non avvenga all'inizio. Abbiamo anche visto che i soggetti con la P più elevata prima della gara hanno fatto registrare un minor aumento del Cr durante la gara (fig. 3), evidenziando che la P è un fattore importante e da tenere in considerazione per l'allenamento.

Figura 3: Relazione tra potenza degli arti inferiori e variazione del costo energetico (Δ Cr): gli atleti più potenti hanno fatto registrare minor aumento del Cr durante la gara



SEGRETERIA AMMINISTRATIVA



Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Inoltre, i soggetti dopo la gara hanno fatto registrare t_a , f , F_{max} , k_{vert} e k_{leg} inferiori mentre t_c e Δz erano superiori rispetto a prima della partenza. Questi risultati indicano che gli atleti, quando sono affaticati, tendono a spingere con minor forza e, avendo una stiffness (k_{vert} e k_{leg}) inferiore, riescono a recuperare meno energia elastica, il che richiede un maggior consumo energetico per l'avanzamento (fig. 4); infine risulta che il centro di massa, in condizioni di stanchezza, ha delle oscillazioni (Δz) più ampie e quindi anche questo contribuisce ad un maggior consumo energetico (fig. 5).

Figura 4: Relazione tra stiffness verticale (k_{vert}) e costo energetico della corsa (Cr): gli atleti con una stiffness maggiore hanno Cr inferiore

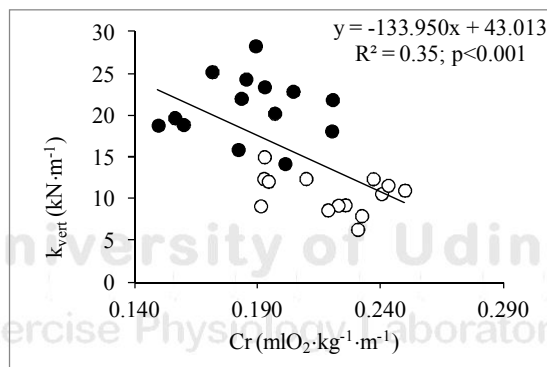
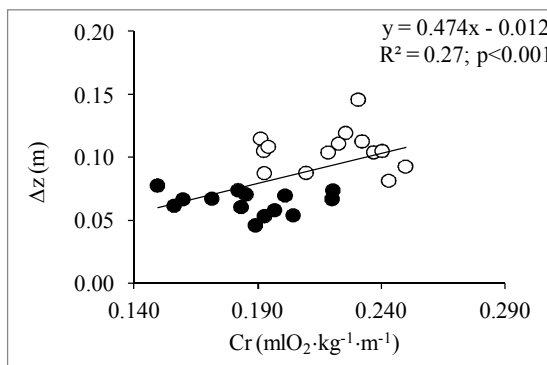


Figura 5: Relazione tra spostamento verticale del centro di massa e costo energetico della corsa (Cr): gli atleti con minor oscillazione verticale del centro di massa hanno Cr inferiori





Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Edizione 2013

Sulla base dei risultati registrati nel 2012, e grazie alla rinnovata collaborazione con l'U.S. Mario Tosi di Tarvisio, il gruppo di ricerca in Fisiologia dell'Esercizio dell'Università di Udine ha preso parte anche all'edizione 2013, con un nuovo progetto in continuità al progetto precedente.

In questo caso, l'obiettivo dello studio era quello di studiare i cambiamenti nella biomeccanica della corsa e nel comportamento della "gamba-molla" *durante* la gara,



quindi non solamente un confronto tra il prima e il dopo come fatto nel 2012. Inoltre, grazie alla tecnica della tensiomiografia (TMG), è stata valutata la risposta del muscolo ad uno stimolo elettrico prima e dopo la gara.

Diciotto atleti si sono prestati al nostro studio. Prima della gara sono state registrate le loro caratteristiche antropometriche, è stata valutata

la potenza esplosiva degli arti inferiori tramite una serie di salti sul tappeto di Bosco e sono stati sottoposti alla TMG per valutare i tempi di reazione, contrazione, recupero e la deformazione del muscolo vasto laterale. Tale tecnica consiste nel misurare i tempi di risposta del muscolo e la sua deformazione in seguito ad uno stimolo elettrico. Gli stessi test sono stati realizzati alla fine della gara.

Inoltre, durante la gara gli atleti sono stati filmati al km 3,14,30 e 43 e da una successiva analisi video sono stati misurati: t_v , t_c , f e v . Da questi dati è stato poi possibile calcolare:

F_{max} , ΔZ , ΔL , k_{vert} e k_{leg} .

I risultati sulla biomeccanica della corsa hanno confermato quanto era stato visto nell'edizione 2012, cioè un aumento di t_c e Δz durante la gara; una diminuzione di t_v , f , k_{vert} e F_{max} . Queste variazioni si sono registrate per la maggior parte a partire dal km 30, il che starebbe a significare che fino a questo punto lo "stile" di corsa degli atleti non era

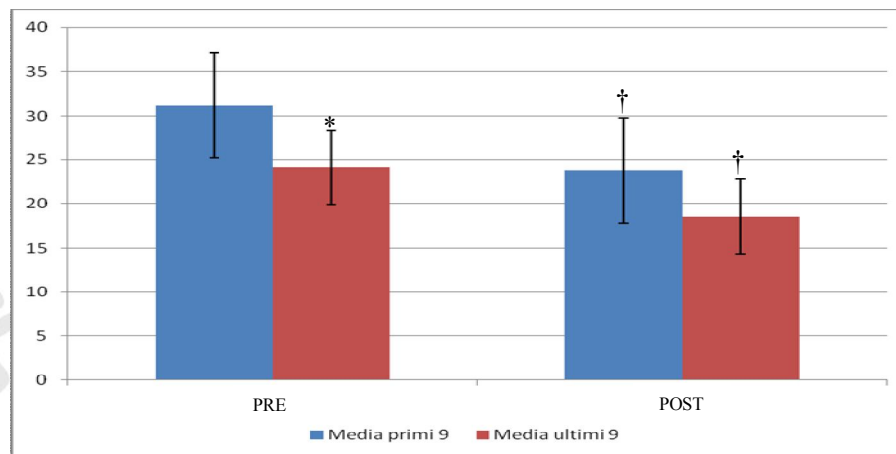


Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

condizionato dalla fatica. Inoltre, nel confronto tra prima e dopo la gara abbiamo registrato una diminuzione della P del 23.4%.

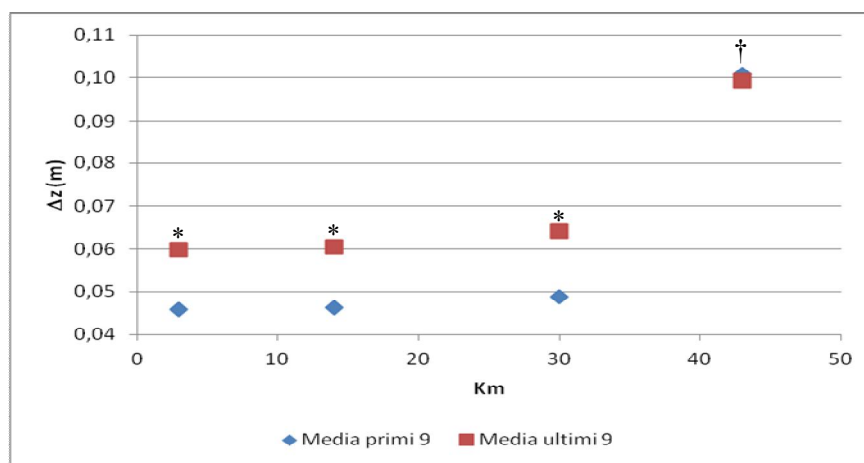
Nell'edizione 2013 abbiamo voluto confrontare i primi 9 soggetti arrivati con gli ultimi 9 e abbiamo visto come negli atleti più forti la P sia maggiore prima della gara (fig. 6). Durante la gara invece, attraverso l'analisi video, abbiamo visto come gli atleti più forti abbiano k_{vert} , $t_{v,v}$ più alte, mentre t_c e Δz (fig. 7) più basse degli atleti più lenti.

Fig. 6: Potenza esplosiva degli arti inferiori (W/kg), valutata prima e dopo la gara. Confronto tra i primi 9 atleti (blu) e gli ultimi 9 (rosso).



* P<0.05 confronto tra primi 9 e ultimi 9; † P<0.05 confronto tra pre e post

Fig. 7: Spostamento verticale del centro di massa (Δz , in m) nei diversi punti presi in considerazione (km 3, 14, 30, 43). Confronto tra i primi 9 atleti (blu) e gli ultimi 9 (rosso).



* P<0.05 confronto tra primi 9 e ultimi 9; † P<0.05 confronto tra km 43 e altri km

SEGRETERIA AMMINISTRATIVA



Università degli Studi di Udine
Dipartimento di Scienze Mediche e Biologiche

Questo conferma quanto detto precedentemente, ovvero che per ottenere una prestazione migliore è utile avere una alta P e k_{vert} e un basso Δz .

Per quanto riguarda la P e k_{vert} è possibile migliorarle attraverso allenamenti di forza e di potenza, come abbiamo visto in uno studio condotto su 25 atleti di ultraendurance, che in seguito a un protocollo di allenamento per la forza e potenza degli arti inferiori hanno migliorato il loro costo energetico della corsa di circa il 4%. Non è invece ancora del tutto chiaro come si potrebbe intervenire per cercare di migliorare Δz .

Per quanto riguarda la TMG i primi risultati hanno dimostrato che una gara di questo tipo provoca un affaticamento non solo a livello centrale (nervoso) ma anche periferico (all'interno del muscolo). Tuttavia i dati sono ancora oggetto di analisi.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti in queste due edizioni della Supermaratona dell'Etna possiamo sostenere che gli atleti caratterizzati da una P maggiore sono quelli che hanno un Cr minore e ottengono quindi le prestazioni migliori; inoltre, questi atleti hanno fatto registrare un minor aumento del Cr durante la gara, il che permette loro una performance più elevata. Quindi sembrerebbe utile consigliare agli atleti di ultraendurance di affiancare al normale allenamento per la corsa anche un allenamento di forza e potenza che si rifletterebbe su un miglioramento di k_{vert} e quindi del Cr , con conseguente miglioramento della prestazione finale.