Modello predittivo le massime prestazioni

(corsa-mezzo fondo)

Fisiologia della prestazione sportiva

Università degli Studi di Verona Scienze Motorie aa 2013-2014

Il Costo Energetico della Locomozione Umana

Quantità di Energia Metabolica spesa per Unità di distanza per avanzare ad una determinata velocità

```
(kJ km<sup>-1</sup>; J m<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>; ml O_2 m<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup>)
(20.9 J = 1 mlO_2 se RQ = 0.96)
```

Componenti di C

• Locomozione umana su terreno in piano

$$\bullet \quad \mathbf{C} = \mathbf{C}_{\mathbf{N}\mathbf{A}} + \mathbf{C}_{\mathbf{A}\mathbf{E}}$$

•
$$\mathbf{C} = \mathbf{C}_{NA} + \mathbf{k}' v^2$$

•
$$k' = A C_x (0.5 \rho) \eta^{-1}$$

•
$$C = C_{NA} + A C_x (0.5 \rho v^2) \eta^{-1}$$

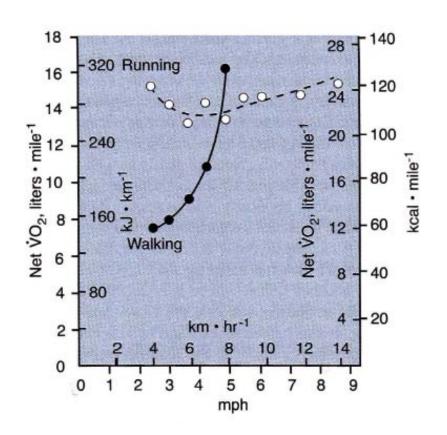
Componenti di C - nella realtà

	Corsa	Ciclismo
k' (J s ² m ⁻³ /m ²)	0.40	0.48
$C_{\rm a}$ (J m ⁻¹)	$0.74 v^2$	$0.89 v^2$
$C_{ m d}$	1.10	0.592
$C_{\rm na} ({\rm J \ m^{-1} \ kg^{-1}})$	3.86	0.31
C (J m ⁻¹)	$289 + 0.74 v^2$	$26 + 0.89 v^2$

PB = 760 mm Hg; T = 20 ° C; MC = 75 kg; St: 175 cm; UR = 50%

Costo energetico della locomozione

- Corsa: spesa indipendente dalla velocità
- Marcia: spesa crescente con la velocità





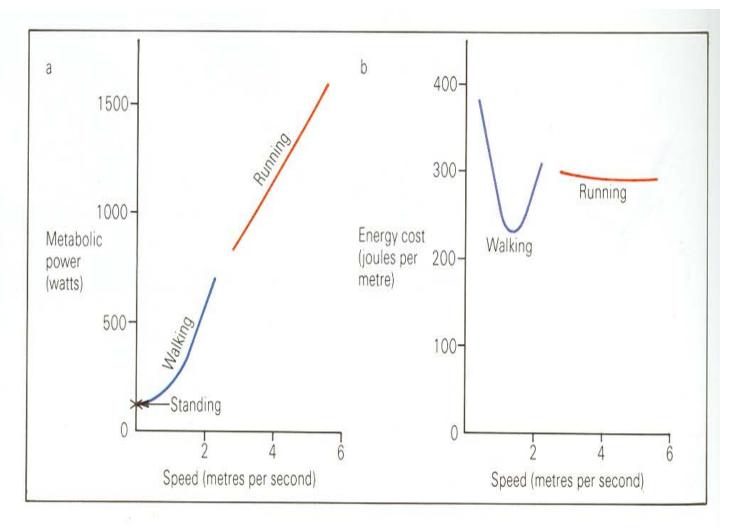
Costo energetico

FIG. 5.9 This woman is walking on a moving belt while her rate of oxygen consumption is measured. Photograph by Dr N.C. Heglund, Department of Animal Physiology, University of Nairobi.

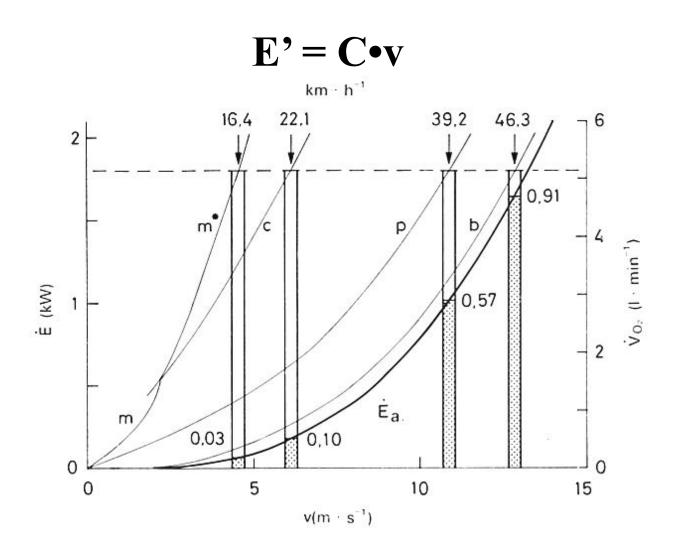
FIG. 5.10(a) Power consumption (calculated for

FIG. 5.10(a) Power
consumption (calculated from
oxygen consumption)
against speed for men
walking and running, from
the data of R. Margaria
(1976) Biomechanics and
Energetics of Muscular
Exercise. Clarendon, Oxford.
(b) Energy used per metre

travelled (same data).



Potenza metabolica, C e top performances



E', nelle condizioni massimali

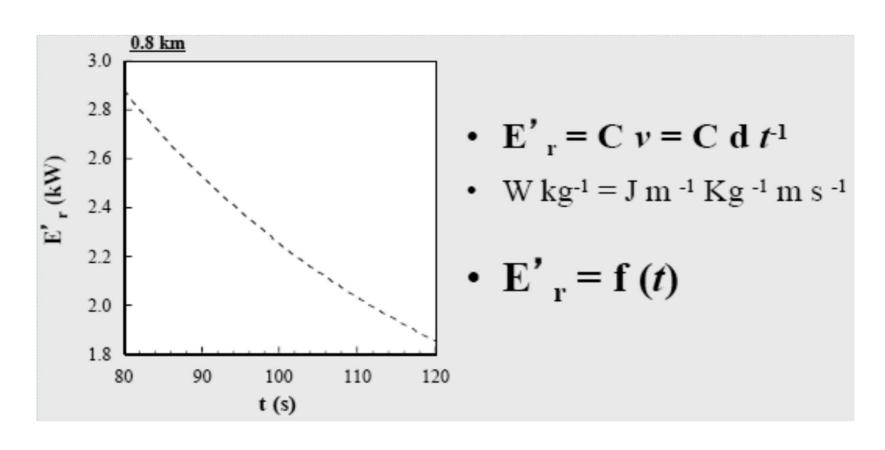
$$\mathbf{E'}_{\text{max}} = \mathbf{C} \, \mathbf{v}_{\text{max}} = \mathbf{Cr} \, \mathbf{d} \, \mathbf{t}_{\text{min}}^{-1}$$

$$v_{\text{max}} = d t_{\text{min}}^{-1} = E'_{\text{max}} C^{-1}$$

Dove E'_{max} è la massima potenza metabolica che il soggetto può sostenere ad un livello costante nell'arco di tutta la gara sino al tempo limite t.

Potenza metabolica richiesta

Potenza metabolica richiesta (E'_r) per coprire una data distanza nel tempo t alla velocità $v = d t^{-1}$



Quindi, per ogni soggetto, il tempo record (velocità) su una determinata distanza d sarà raggiunto quando la massima potenza metabolica (E'_{max}) sostenibile per tutta la durata dell'evento e la potenza metabolica richiesta per coprire d sono uguali.

Potenza metabolica richiesta partendo da fermo

$$E'_{r}$$
 (W kg⁻¹) = $Cr v = C_{NA} v + 0.4 BS v^{3} BM^{-1} + 2 v^{2} d^{-1}$

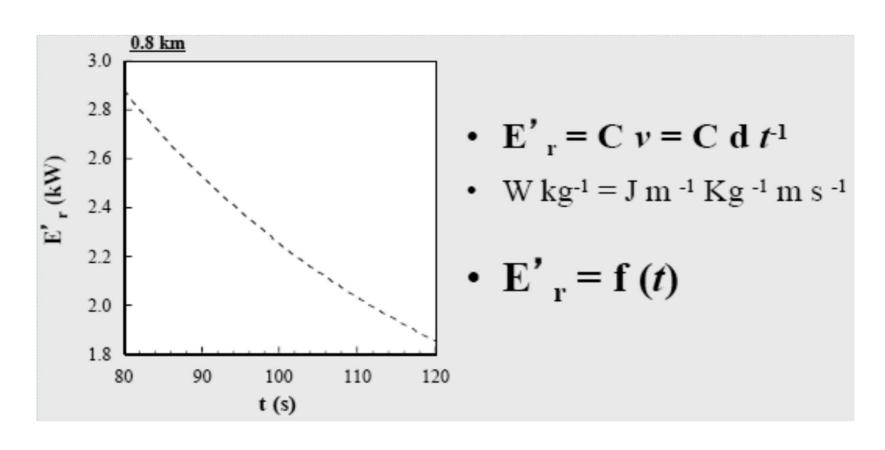
$$E'_r(W) = 270 v + 0.72 v^3 + 140 v^2 d^{-1}$$

poichè $v = d t^{-1}$

E'_r (W) = 270 d
$$t^{-1}$$
 + 0.72 d³ t^{-3} + 140 d² t^{-3}

Potenza metabolica richiesta

Potenza metabolica richiesta (E'_r) per coprire una data distanza nel tempo t alla velocità $v = d t^{-1}$



La massima potenza metabolica

E'max, i.e. la massima potenza sostenibile ad un livello costante per tutta la durata dell'evento è una funzione decrescente del tempo di esaurimento (t).

$$\mathbf{E'}_{\max} = \mathbf{f}(t)$$

Potenza metabolica sostenibile

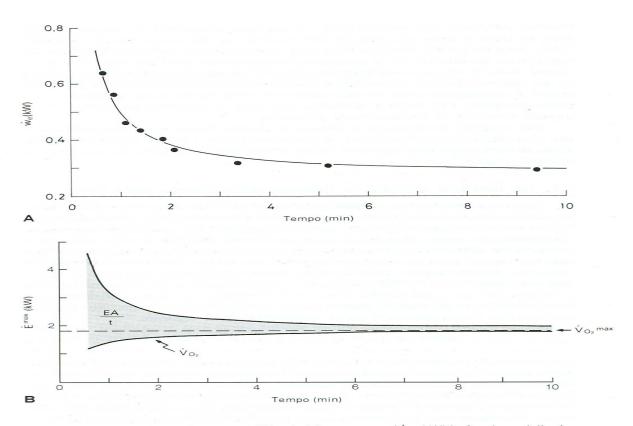
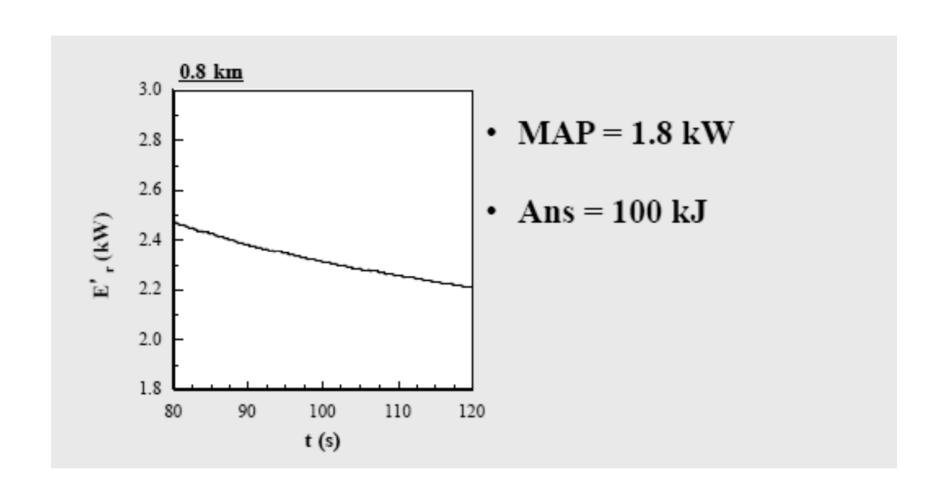


Fig. 9.1 A) Potenza massima sostenibile al cicloergometro (\dot{w}_e , kW) in funzione della durata dell'esercizio (min). La funzione che interpola i punti sperimentali è descritta da: \dot{w}_e = 0.273 +16/t — (0.273/t)·(1 — $e^{-t/7}$), dove \dot{w}_e è in kW, t in se τ = 10 s (da Wilkie 1980). B) Massima potenza metabolica sostenibile (\dot{E}^{max} , kW), in funzione della durata della prova al cicloergometro (min) in un atleta di alto livello. La linea tratteggiata indica la potenza corrispondente al massimo consumo di O₂; la curva inferiore, la potenza media effettivamente sostenuta sulla base dei processi ossidativi. La distanza verticale tra la curva superiore e quella inferiore rappresenta quindi la potenza dovuta ai meccanismi anaerobici (lattacidi).

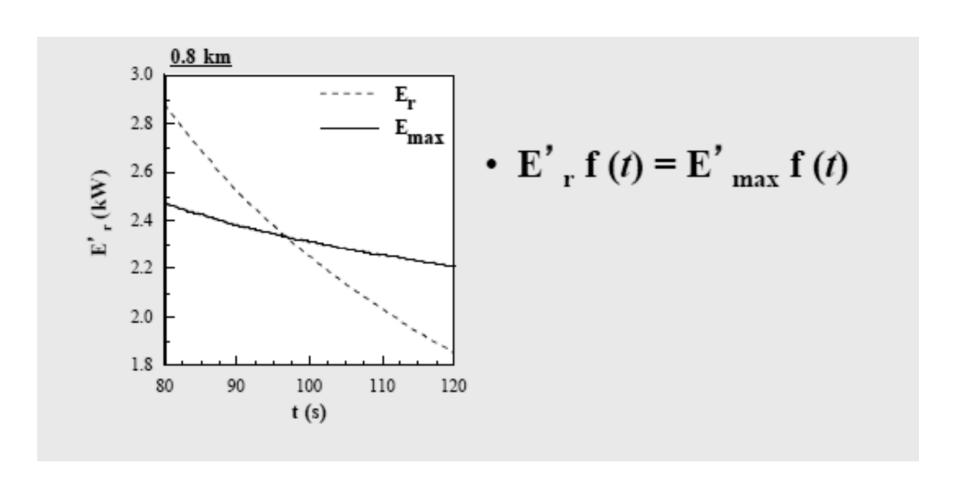
La massima potenza metabolica

- E'max = F MPA +AnS t^{-1} F MPA t $(1-e^{-t} \tau^{-1})t^{-1}$ (Modified from Wilkie D. R., 1980)
- MPA: Massima Potenza Aerobica; proporzionale a V'O2max;
- AnC: Massima quantità di energia ottenuta dal completo sfruttamento delle fonti energetiche anaerobiche (Capacità lattacida ed alattcida);
- t: Costante di tempo con la quale è raggiunto V'O2max nei muscoli all'inizio del lavoro muscolare: 24 s (Binzoni et al., *J. Appl. Physiol.* 1992).
- F:frazione di MPA sostenibile durante lo sforzo

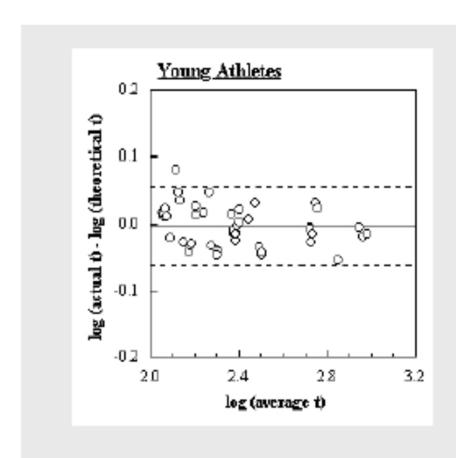
E'max = f(t)



Calcolo del tempo record

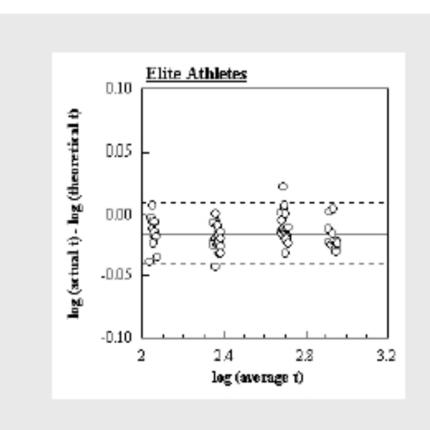


Performances teoriche e reali



- BPT_{act}/BPT_{theor} = 0.995 ± 0.071;
- BPS_{theor} = 1.15 BPS_{tact} 0.9;
 r² = 0.77;
- BPT_{error} = 5.9 %

Performances teoriche e reali



- BPT_{act}/BPT_{theor} = 0.966 ± 0.01;
- BPS_{theor} = 0.91 BPS_{tact} 0.4; r²
 = 0.86;
- BPT_{error} = 3.9 %

Determinanti fisiologici delle prestazioni

Quantificare il peso relativo dei fattori fisiologici:

(MPA, An, C)

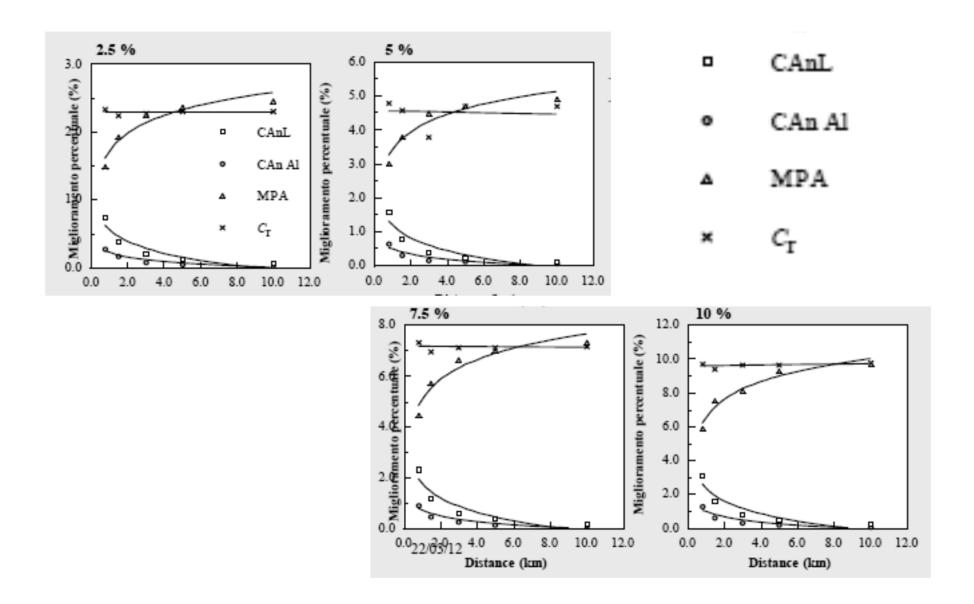
che condizionano la prestazione.

Analisi di sensibilità

Per ogni distanza d:

- BPT₀ = $f(MAP_0, An_0 \text{ and } C_0)$
- dove MPA_0 , An_0 and C_0 definiscono i valori basali delle variabili di un dato soggetto e saranno assunte essere uguali a quelle di un altleta di élite
- Mantenendo costanti, per esempio, An_0 and C_0 , BPT può essere calcolato in funzione di t per diversi valori di $MPA_0 \pm \Delta MPA_P$
- Questa procedura è ripetuta di volta in volta per tutti le variabili fisiologiche che determinano BPT in modo da ottenere la variazione percentuale di BPT (BPT $_i$ /BPT $_0$, %) quando una variabile è modificata indipendentemente dalle altre.

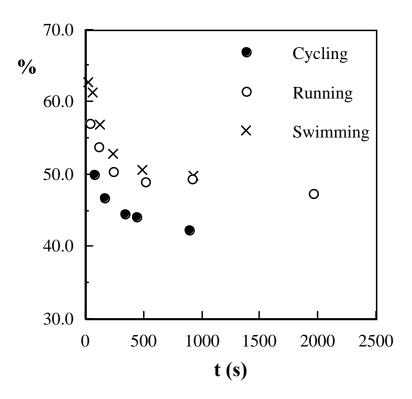
Fattori e distanza



Peculiarità del peso di C

Il peso di C nel determinare le prestazioni record è pressochè indipendente dalla potenza metabolica.

Prevalenza del peso di C



A prescindere dalla velocità, le modificazione di BPT (best performance time) causate esclusivamente dalle variazioni di C spiegano da sole il 50 % delle variazioni di BPT quando tutte le altre variabili (MPA, AnAlC, AnLC) vengono modificate contemporanemente della stessa percentuale

Bibliografia

- di Prampero PE, Capelli C, Pagliaro P, Antonutto G, Girardis M, Zamparo P, Soule RG. Energetics of best performances in middle-distance running. J Appl Physiol 74: 2318 2324, 1993.
- Capelli C, Schena F, zamparo P, Dal Monte A, faina, M, di Prampero PE. Energetics of best performances in trach cycling. Med Sci Sports Exerc. 30: 614 624, 1998.
- Olds TS, Norton KI, Craig NP. Mathematical moel of cycling performance. J Appl Physiol 75: 730 737, 1993.
- Capelli C. Physiological determinants of best performances in human locomotion. Eur J Appl Physiol 80: 298-307, 1999.
- Ferretti G e Capelli C. **Dagli Abissi allo Spazio**, edi-ermes, Milano, 2009, Cap.1.