# Modello predittivo le massime prestazioni

**(corsa-mezzo fondo)**

***Fisiologia della prestazione sportiva***

**Università degli Studi di Verona**
**Scienze Motorie**
aa 2014-2015

# Il Costo Energetico della Locomozione Umana

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

**($kJ\ km^{-1}$; $J\ m^{-1}\ kg^{-1}$; $ml\ O_2\ m^{-1}\ kg^{-1}$)**
**(20.9 J = 1 $mlO_2$ se RQ = 0.96)**

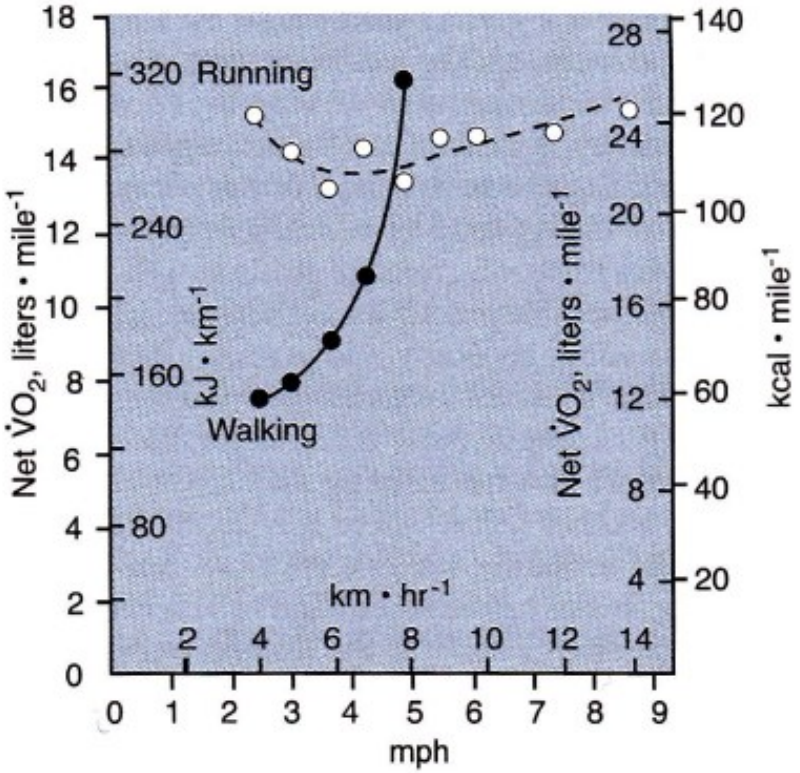
# Componenti di C

- **Locomozione umana su terreno in piano**

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

# Costo energetico della locomozione

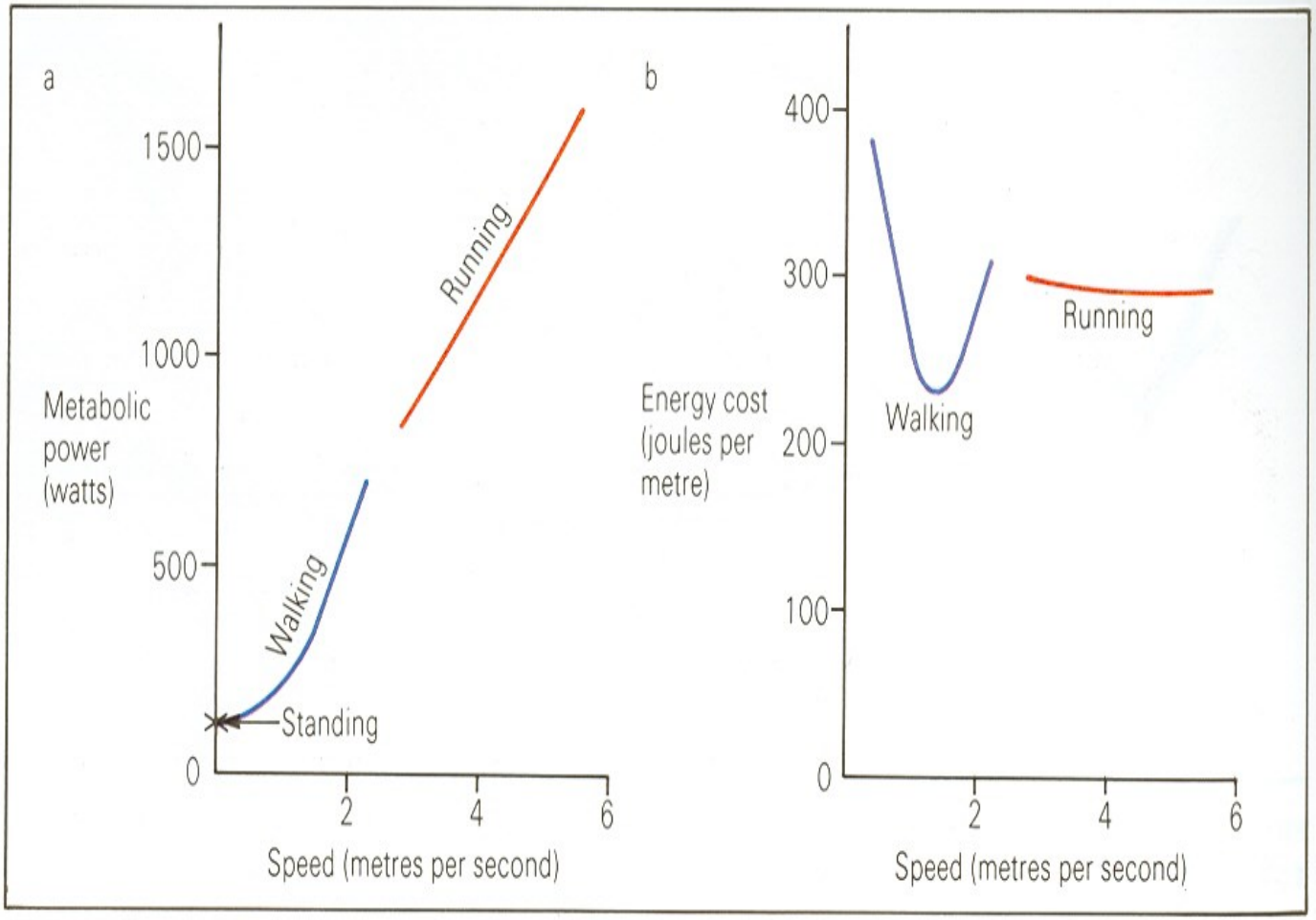
- Corsa: spesa indipendente dalla velocità
- Marcia: spesa crescente con la velocità



# Costo energetico

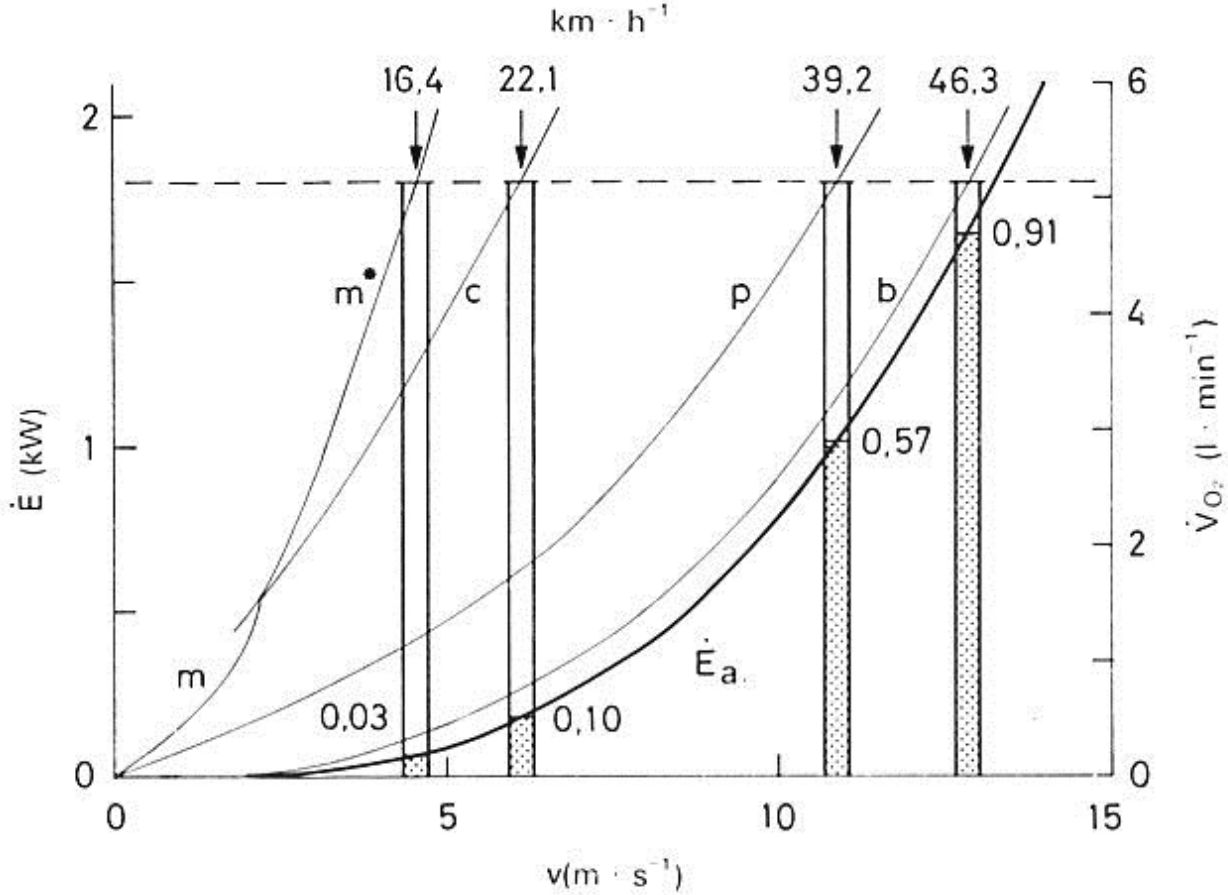
FIG. 5.9 *This woman is walking on a moving belt while her rate of oxygen consumption is measured. Photograph by Dr N.C. Heglund, Department of Animal Physiology, University of Nairobi.*

FIG. 5.10(a) *Power consumption (calculated 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' = C•v



# $E'_r$ nelle condizioni massimali

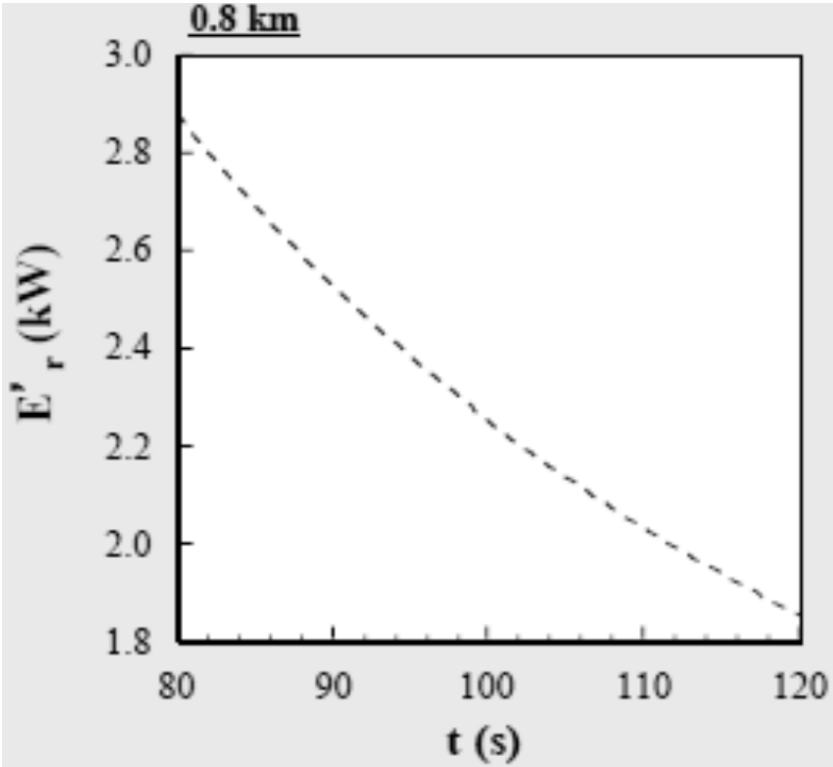
$$E'_{max} = C\, v_{max} = Cr\, d\, t_{min}^{-1}$$

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

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 $v = d\ t^{-1}$**




- $E'_r = C\ v = C\ d\ t^{-1}$
- $W\ kg^{-1} = J\ m^{-1}\ Kg^{-1}\ m\ s^{-1}$
- $E'_r = f\ (t)$

**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

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

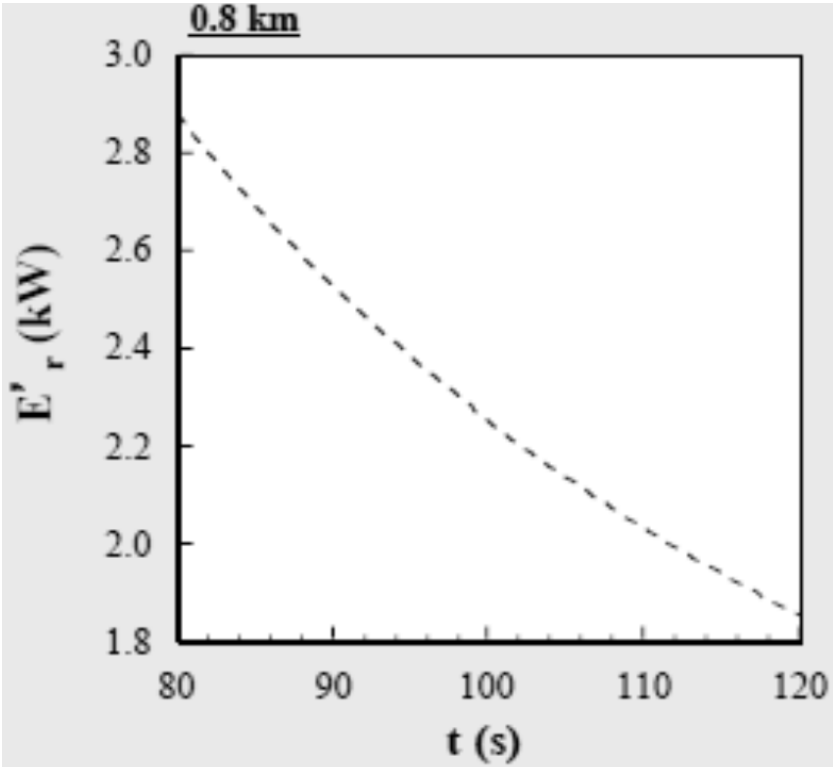
$$E'_r\ (W) = 270\ v + 0.72\ v^3 + 140\ v^2\ d^{-1}$$

poichè $v = d\ t^{-1}$

$$E'_r\ (W) = 270\ d\ t^{-1} + 0.72\ d^3\ t^{-3} + 140\ d^2\ t^{-3}$$

# Potenza metabolica richiesta

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




- $E'_r = C\ v = C\ d\ t^{-1}$
- $W\ kg^{-1} = J\ m^{-1}\ Kg^{-1}\ m\ s^{-1}$
- $E'_r = f\ (t)$

# 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*).**

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

# Potenza metabolica sostenibile

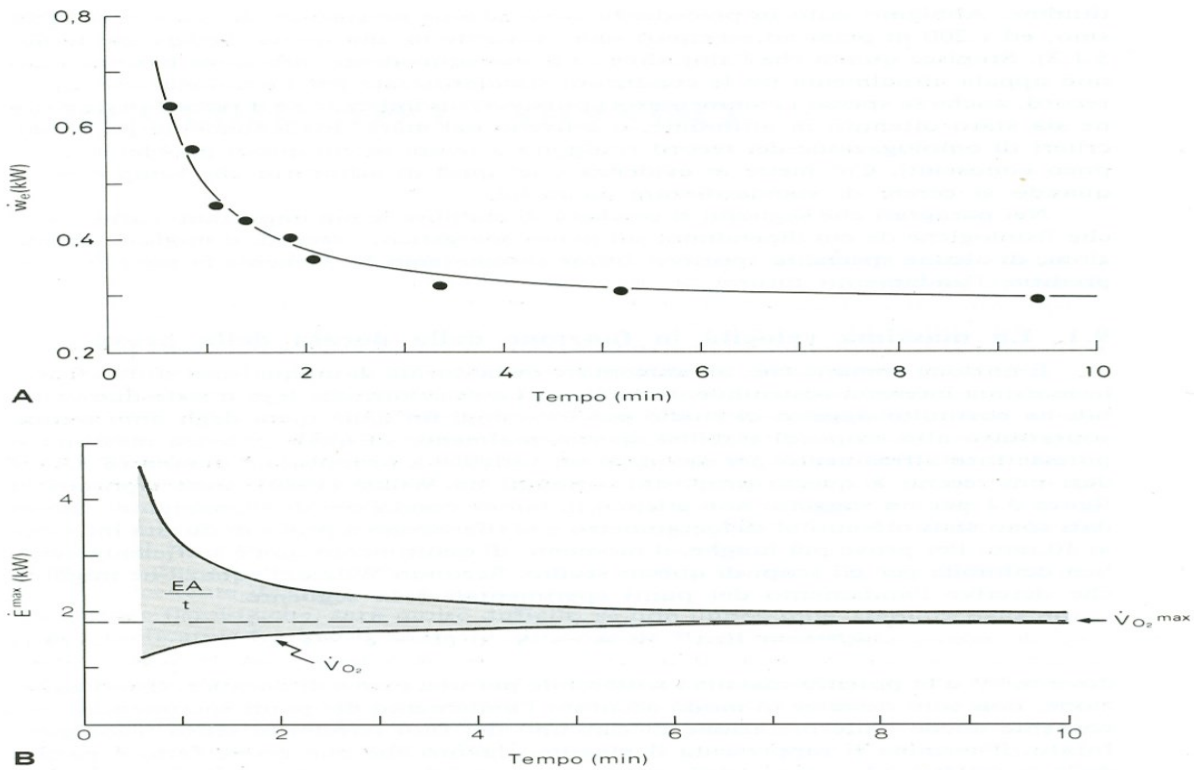



**Fig. 9.1** **A)** Potenza massima sostenibile al cicloergometro ($\dot{w}_e$, kW) in funzione della durata dell'esercizio (min). La funzione che interpola i punti sperimentali è descritta da: $\dot{w}_e = 0{,}273 + 16/t - (0{,}273/t) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$, dove $\dot{w}_e$ è in kW, t in s e $\tau = 10$ 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 $O_2$; 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 e alattacidi).

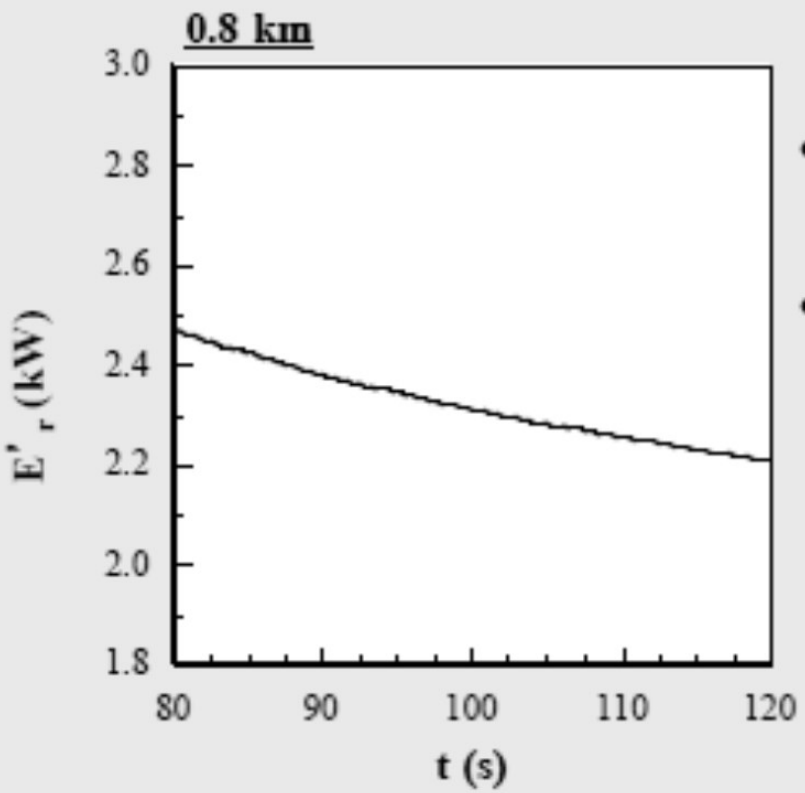
v'max= (EA*t-1+MPA-MPA*tau*(1-e-t/tau)*t-1)/C

# 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)

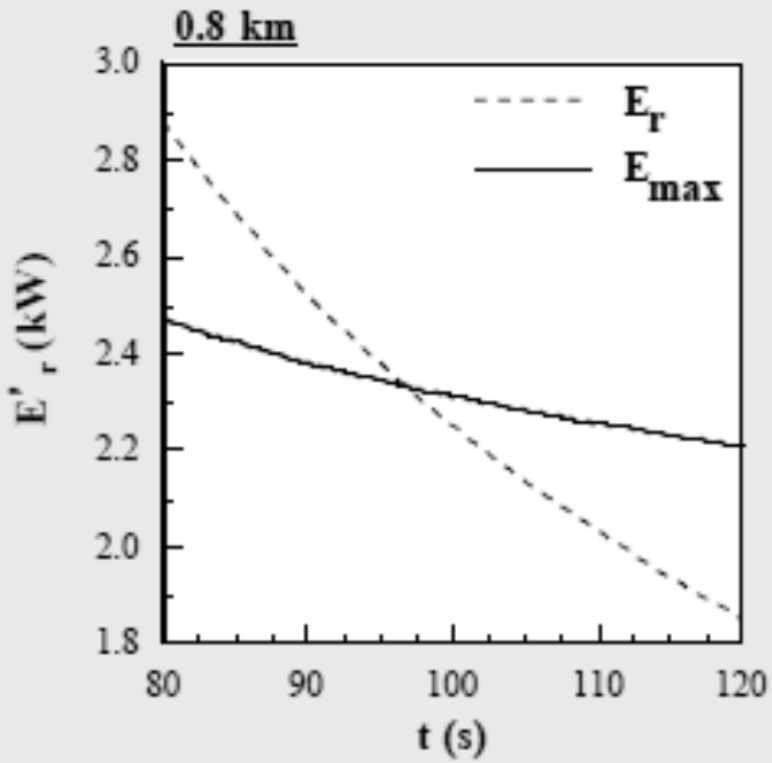
- MPA: Massima Potenza Aerobica; proporzionale a V'O2max;
- AnC: Massima quantità di energia ottenuta dal completo sfruttamento delle fonti energetiche anaerobiche (Capacità lattacida ed alattcida);
- t: Costante di tempo con la quale è raggiunto V'O2max nei muscoli all'inizio del lavoro muscolare: 24 s (Binzoni et al., *J. Appl. Physiol.* 1992).
- F:frazione di MPA sostenibile durante lo sforzo

# E'max = f (*t*)



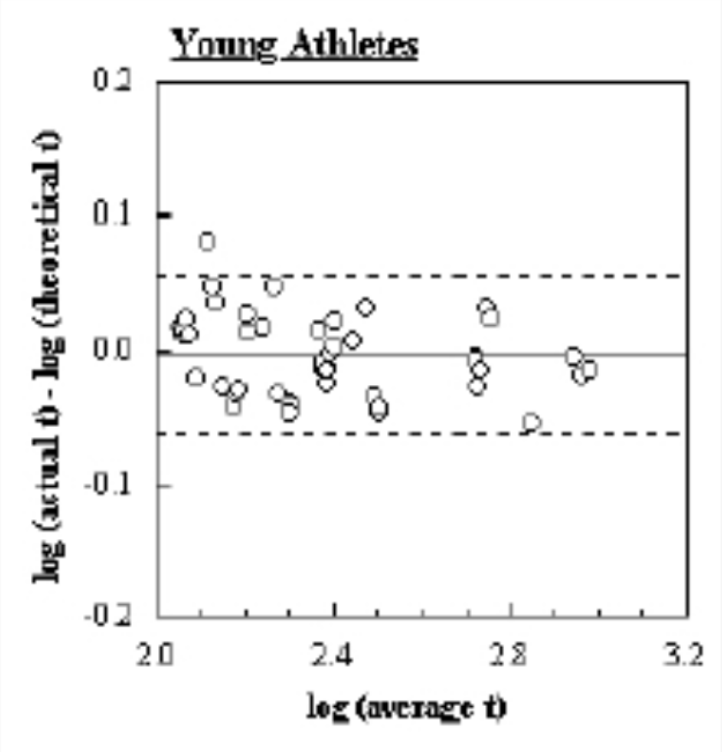

- MAP = 1.8 kW
- Ans = 100 kJ

# Calcolo del tempo record



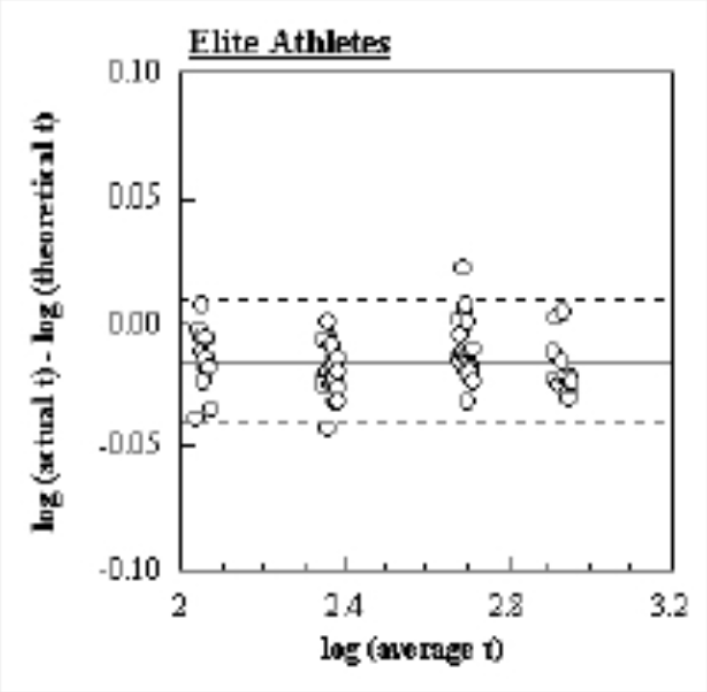

- $E'_r\, f(t) = E'_{max}\, f(t)$

# Performances teoriche e reali




- $BPT_{act}/BPT_{theor} = 0.995 \pm 0.071$;
- $BPS_{theor} = 1.15\ BPS_{tact} - 0.9$; $r^2 = 0.77$;
- $BPT_{error} = 5.9\ \%$

# Performances teoriche e reali




- $BPT_{act}/BPT_{theor} = 0.966 \pm 0.01$;
- $BPS_{theor} = 0.91\ BPS_{tact} - 0.4$; $r^2 = 0.86$;
- $BPT_{error} = 3.9\ \%$

# 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:**

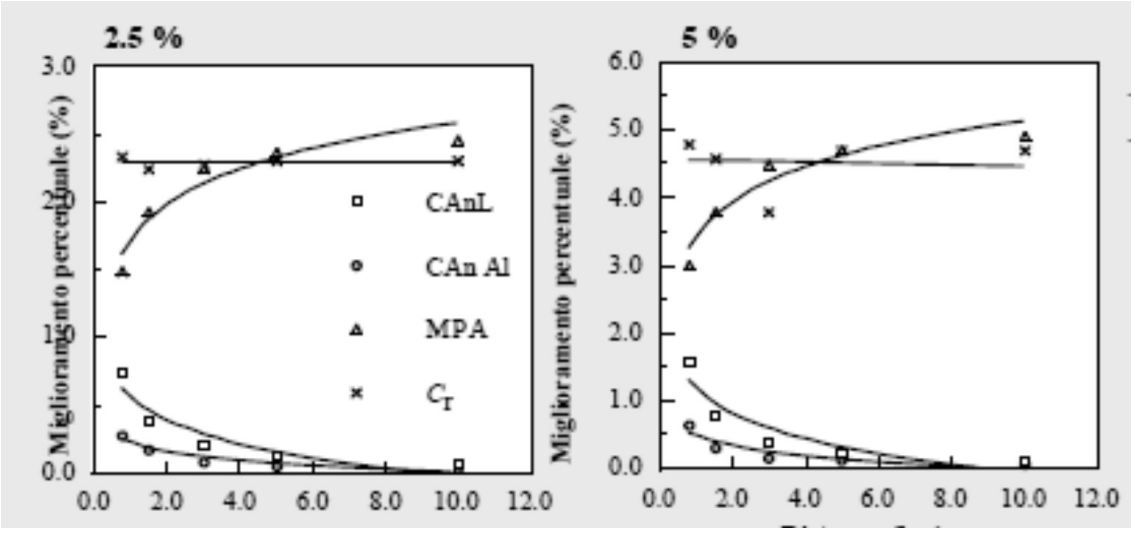
- **$BPT_0$ = f ($MAP_0$, $An_0$ and $C_0$)**

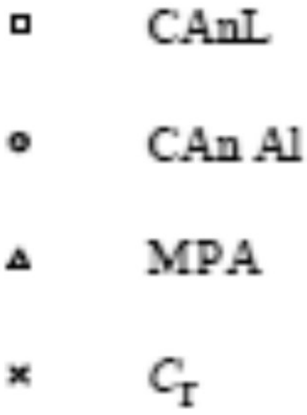
**- dove $MPA_0$, $An_0$ and $C_0$ definiscono i valori basali delle variabili di un dato soggetto e saranno assunte essere uguali a quelle di un altleta di élite**

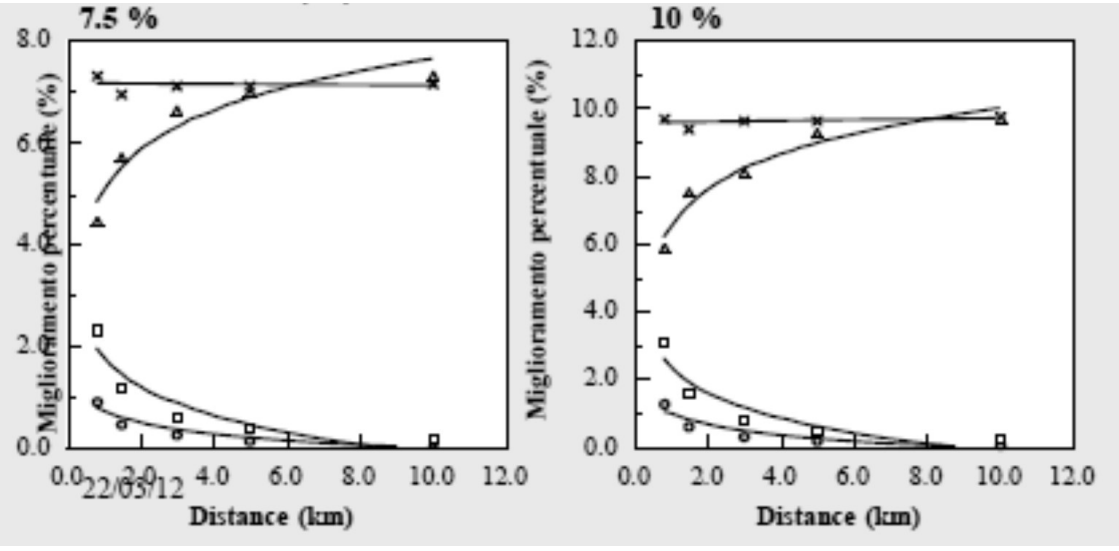
**- Mantenendo costanti, per esempio, $An_0$ and $C_0$, BPT può essere calcolato in funzione di *t* per diversi valori di $MPA_0 \pm \Delta MPA_P$**

**- 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



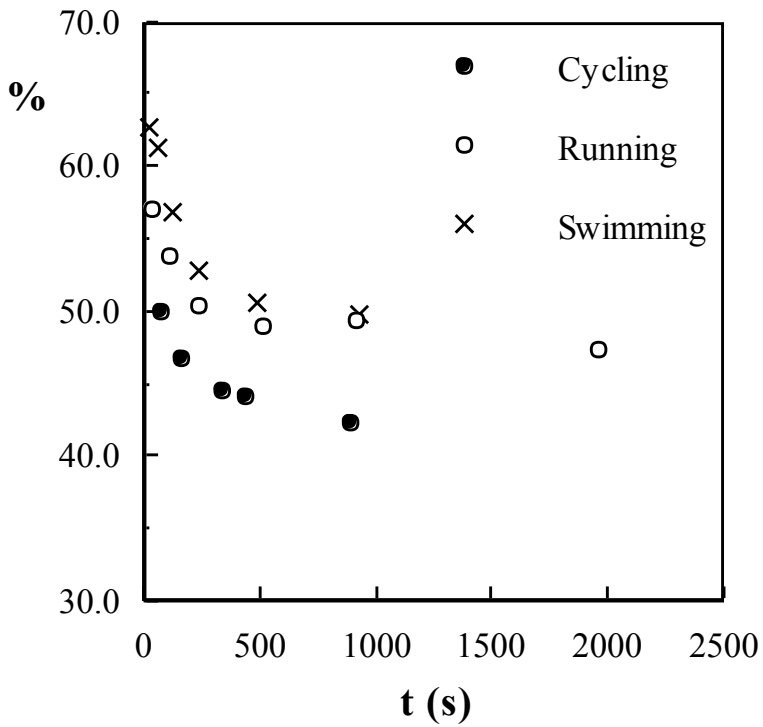



# Peculiarità del peso di C

**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 contemporaneamente 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.* **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.