



II NATIONAL CONGRESS  
TURIN 30 September - 2 October 2010

# ALTITUDE TRAINING IN ENDURANCE SPORTS

***Antonio La Torre  
Facoltà Scienze Motorie  
Università Statale di Milano***

L'allenamento in quota è una pratica diffusa tra gli atleti di *endurance* con l'obiettivo di **migliorare le prestazioni**  
**a livello del mare**



Ridotta pressione parziale di ossigeno  
(ipossia)

+

**ALLENAMENTO**



# Metodologia di allenamento in quota

## ✓ **“Live high-Train high”**

*(Rusko et al., 2004; Friedmann-Bette, 2008; Millet et al., 2010)*

## ✓ **“Live high-Train low” (LHTL)**

*(Levine & Stray-Gundersen, 1997; Millet, 2010)*

## ✓ **“Intermittent hypoxic exposure”** a riposo

**(IHE)** *(Powell et al., 2000; Bartsch et al., 2008; Millet, 2010)*

## ✓ **“Intermittent hypoxic training” (IHT)**

*(Wilber, 2001; Levine, 2002; Schoffel et al., 2008; Millet et al., 2010)*

# Live high-train high

Gli atleti soggiornano e si allenano in quota  
ad un'altezza variabile tra  
i 1500 e i 3000 m  
per un periodo compreso tra  
3 e 6 settimane



# Live high-train high

## ❖ Incremento della capacità di trasporto dell'O<sub>2</sub>

*(Levine & Stray-Gundersen, 1997; Friedmann et al., 2005b; Heinicke et al., 2005)*

## ❖ Adattamenti non ematologici:

- Diminuzione della concentrazione di lattato ematico

*(Ingjer & Myhre, 1992; Bailey, 1998)*

- Miglioramento della capacità tampone

*(Mizuno, 1990; Saltin, 1995; Juel et al., 2003; Zoll et al., 2006)*



- La capacità tampone dei muscoli sembrerebbe migliorare sia a causa dell'aumento di alcuni trasportatori di lattato (MTC1 e MTC4) sia a causa dell'incremento degli enzimi carbonato deidratasi implicati nella regolazione degli ioni  $H^+$  e dei bicarbonati  $HCO_3^-$  *(Juel et al., 2003; Zoll et al., 2006)*

**Ciò si traduce in un miglioramento della velocità a livello della cosiddetta soglia anaerobica e a una maggior efficienza energetica del sistema aerobico**

# Gli adattamenti ematologici

**NON**

sono i soli  
responsabili del  
miglioramento  
prestativo dopo  
l'allenamento in  
quota



## • **Tornati a livello del mare:**

- Alcuni atleti sembrerebbero raggiungere la migliore condizione già dopo i **primi 2-4 giorni**
- La maggior parte degli atleti ottiene benefici tra i **15 e i 21 giorni** dopo l'allenamento in quota

**Tali dati sono frutto di varie esperienze “da campo” e non sono supportati da prove scientifiche**

*(Fuchs et al., 1990 Millet et al., 2010)*



# Live high-train low

- Introdotto da Levine & Stray-Gundersen (1997) consiste nel **vivere e dormire** (per circa 20 ore al giorno) a una quota naturale compresa **tra 1800 e 2500 m** e **allenarsi** generalmente **sotto i 1300 m o vicino al livello del mare**



# Live high-train low

- **Live high:** stimola i meccanismi di **acclimatazione** all'ipossia durante il riposo (adattamenti cardiovascolari, respiratori e metabolici)
- **Train low:** preserva **alte intensità** di allenamento ed evita gli effetti negativi dell'esposizione cronica all'ipossia (decremento della massima potenza aerobica, perdita di massa muscolare)

*(Levine & Stray-Gundersen, 2008; Mollard et al. 2007)*

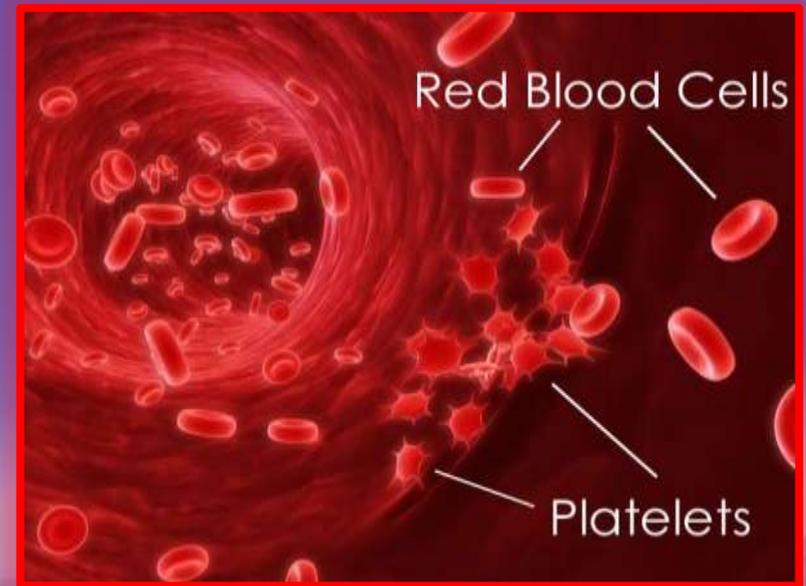
# Live high-train low

## ➤ **Adattamenti ematologici**

migliora la *performance* a livello del mare associata ad un **incremento della massa eritrocitaria e del VO<sub>2</sub>max**

e il mantenimento di **alte intensità di allenamento**

*(Levine & Stray-Gundersen, 2008)*



# Live high-train low

## ➤ **Adattamenti NON ematologici**

migliora la *performance* a livello del mare associata a un miglioramento dell'economia del gesto a causa di:

- diminuzione del costo della ventilazione
- una maggior quantità di carboidrati utilizzati per la fosforilazione
- miglioramento dell'efficienza mitocondriale

*(Schmitt et al., 2006; Saunders et al., 2007; Gore et al., 2007; Millet et al., 2010)*

# Intermittent hypoxic exposure a riposo

Nasce dalla possibilità di **manipolare artificialmente la pressione atmosferica** all'interno di stanze particolari (camere ipobariche) o **modificare il volume di ossigeno presente nell'aria** respirando miscele di gas a ridotta concentrazione di ossigeno



# Intermittent hypoxic exposure

## a riposo

- **Consiste nel respirare alternativamente:**
  - aria ad alterato volume di ossigeno
  - aria a normale concentrazione di O<sub>2</sub>
- **Esposizione all'ipossia:**
  - da alcuni secondi a diverse ore al giorno
  - si possono raggiungere altezze molto elevate (4500 m) o estreme (6000 m)

# Intermittent hypoxic exposure a riposo

Dopo l'IHE sono stati notati **adattamenti respiratori** tipici dell'acclimatazione in quota

*(Ricart et al., 2000)*



# Intermittent hypoxic exposure a riposo

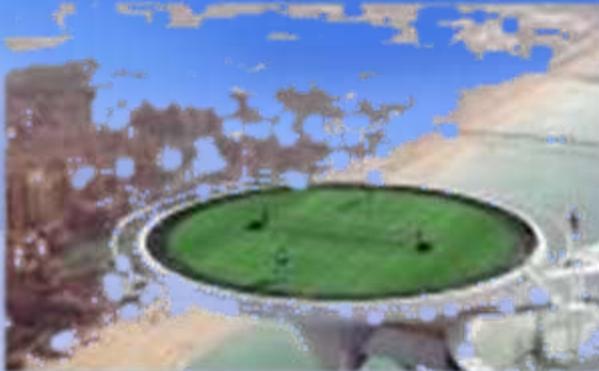
Il fatto che l'IHE a riposo **non migliori la performance** a bassa quota dimostra che il fattore principale delle modificazioni fisiologiche e metaboliche **NON È L'IPOSSIA IN SÉ,** **ma l'effetto sinergico tra ipossia e allenamento,** laddove l'allenamento svolge sempre un ruolo principale



# Intermittent hypoxic training

- L'IHT sembra portare **benefici maggiori alla prestazione rispetto all' IHE**
- I meccanismi non sono ben chiari ma sembrerebbero riconducibili ad **adattamenti a livello del tessuto muscolare**
- **Nessun aumento del  $\dot{V}O_{2\max}$**

*(Hoppeler e Vogt, 2001; Wilber, 2007; Millet et al., 2010 )*



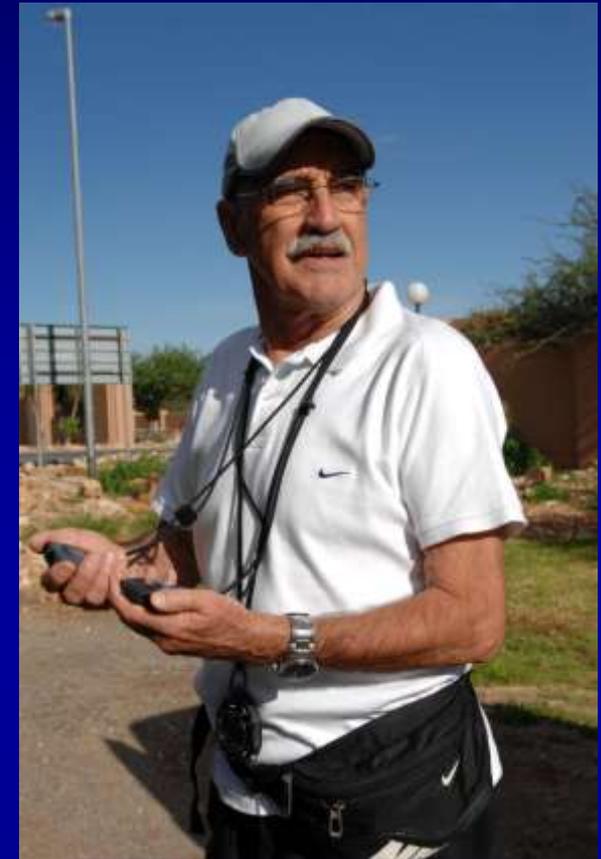
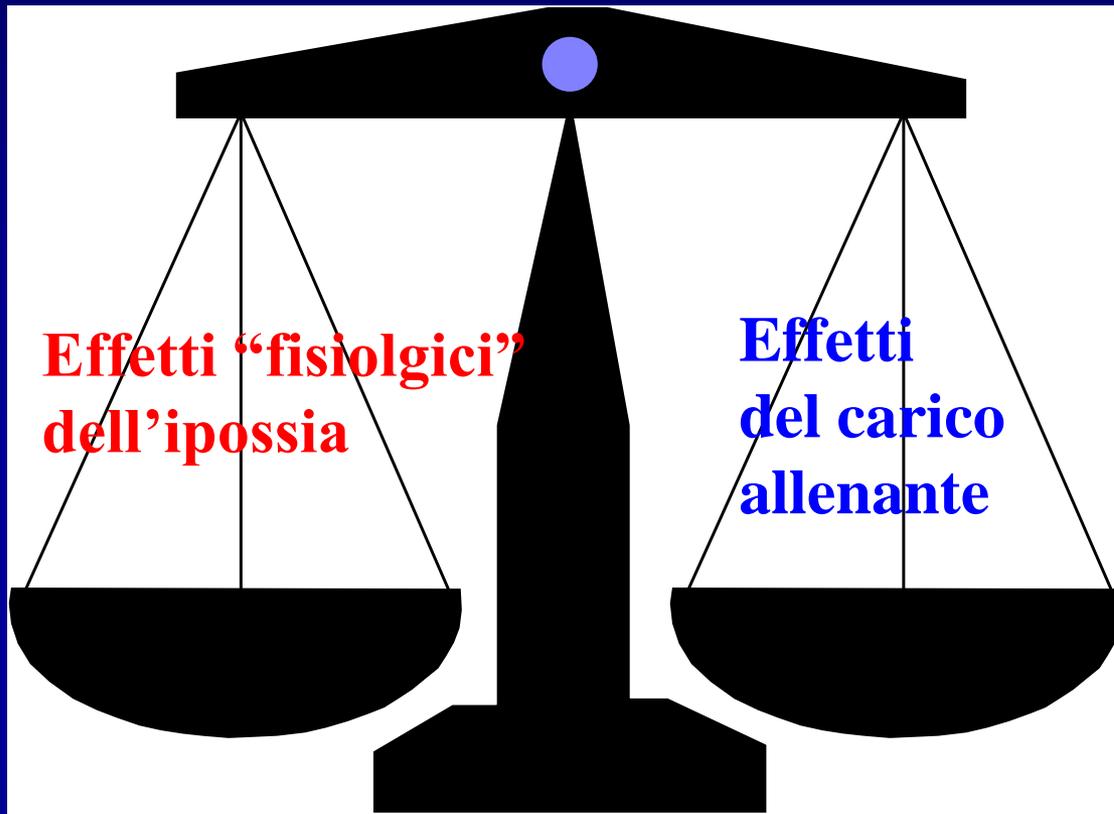
# IN QUALI SPORT SI RICORRE ALL'ALLENAMENTO IN ALTITUDINE

- ★ Corridori di specialità di resistenza e marciatori
- ★ Nuotatori
- ★ Ciclisti
- ★ Canoisti
- ★ Trihatleti
- ★ Pattinatori su ghiaccio (velocità)
- ★ Bihatleti
- ★ Sciatori di fondo



# ... il difficile compito del tecnico

...



# Il controllo dell'allenamento

Controllo attento e continuo del carico allenante

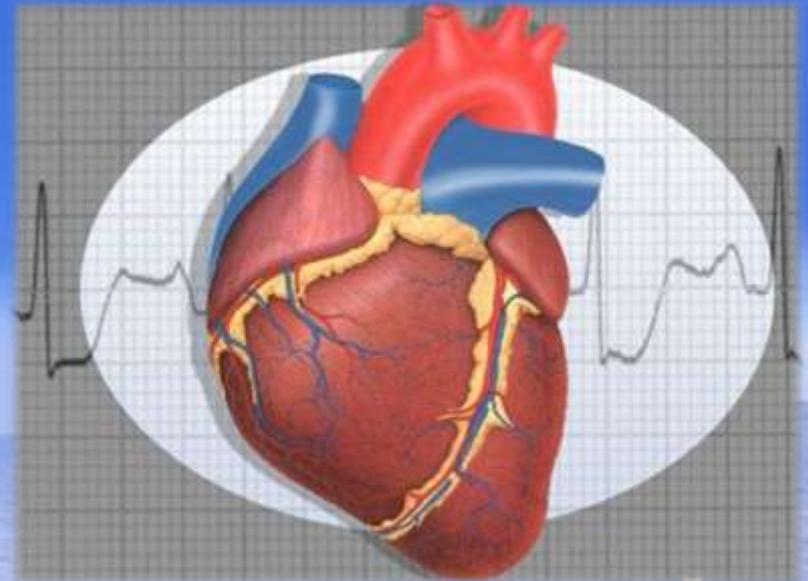
- **I principali markers fisiologici**

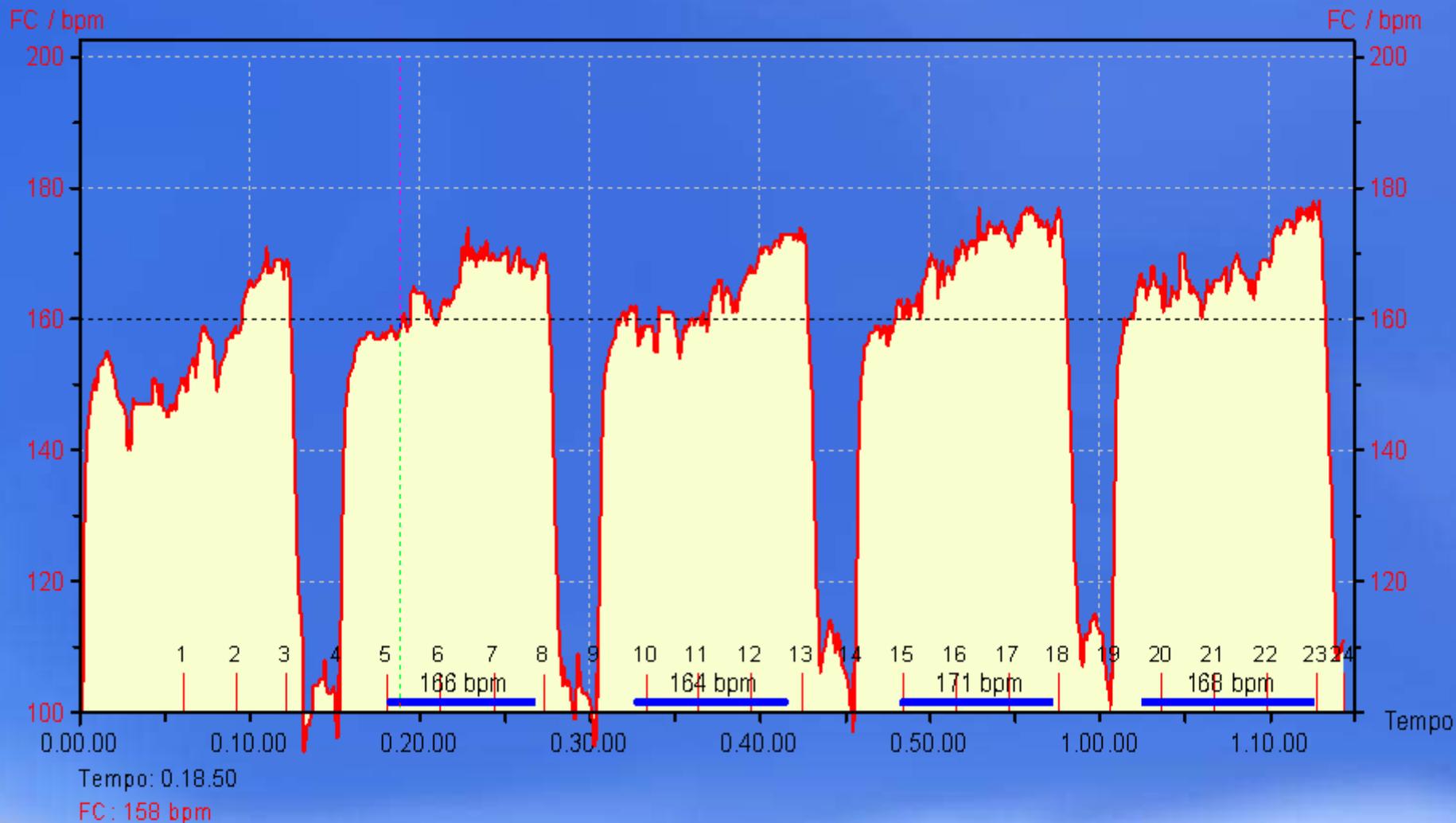
- Frequenza cardiaca
- Massimo consumo di ossigeno
- Lattato ematico
- Catecolamine plasmatiche e urinarie
- Azoto ureico
- Creatinchinasi
- Altri ormoni



# Frequenza cardiaca

- ✓ Riduzione di circa il 3-5% della FCmax
- ✓ A carichi submassimali la FC aumenta a parità di carico nel periodo di acclimatazione
- ✓ Subisce influenze ambientali (es. la temperatura)
- ✓ Minor sensibilità alle velocità inferiori a quella della soglia anaerobica





Utente	Stefano Baldini	Data	21/07/2004	FC media	167 bpm	Zona 1	80 - 160
Esercizio	St Moritz 5x4000 mt	Ora	9.34.48	FC max	178 bpm	Zona 2	80 - 160
Sport	Corsa	Durata	1.14.21.6			Zona 3	80 - 160
Nota	5x3000+1000 (3000 r.m.+1000 + forte) rec.3'			Selezione	0.18.10 - 1.13.00 (0.38.05.0)		



No	Esercizio	Dati	Cursore FC	FC	Durata	Nota
1. —	28/07/2004 10.00	28/07/2004	70	163 / 174	0.43.09.2	13.560 - condizioni ottimali - media 3'04"
2. —	28/07/2004 16.36	28/07/2004	98	167 / 178	0.43.05.5	13.560 - molto vento - media 3'03"8

# Il massimo consumo di ossigeno

- ✓ Individuare il **VO<sub>2</sub>max** degli atleti in quota
- ✓ Determinare i **carichi di lavoro**

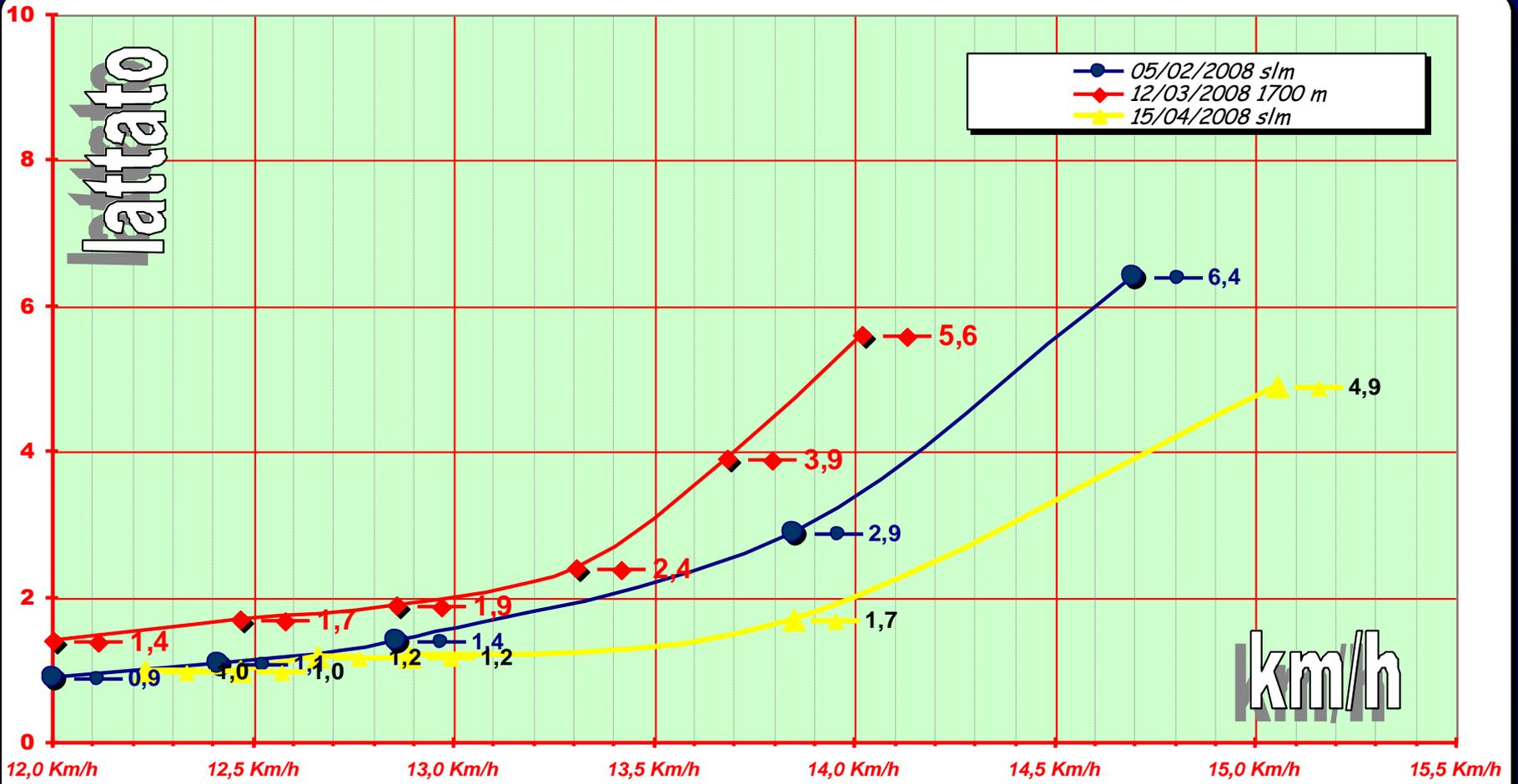


# La curva lattato-velocità

- ✓ Facile esecuzione
- ✓ Informazioni sulla cinetica della FC e del lattato a varie velocità
- ✓ Determinazione dei carichi di lavoro
- ✓ Precise indicazioni circa la riduzione della velocità di corsa
- ✓ Controllo pre e post allenamento in quota

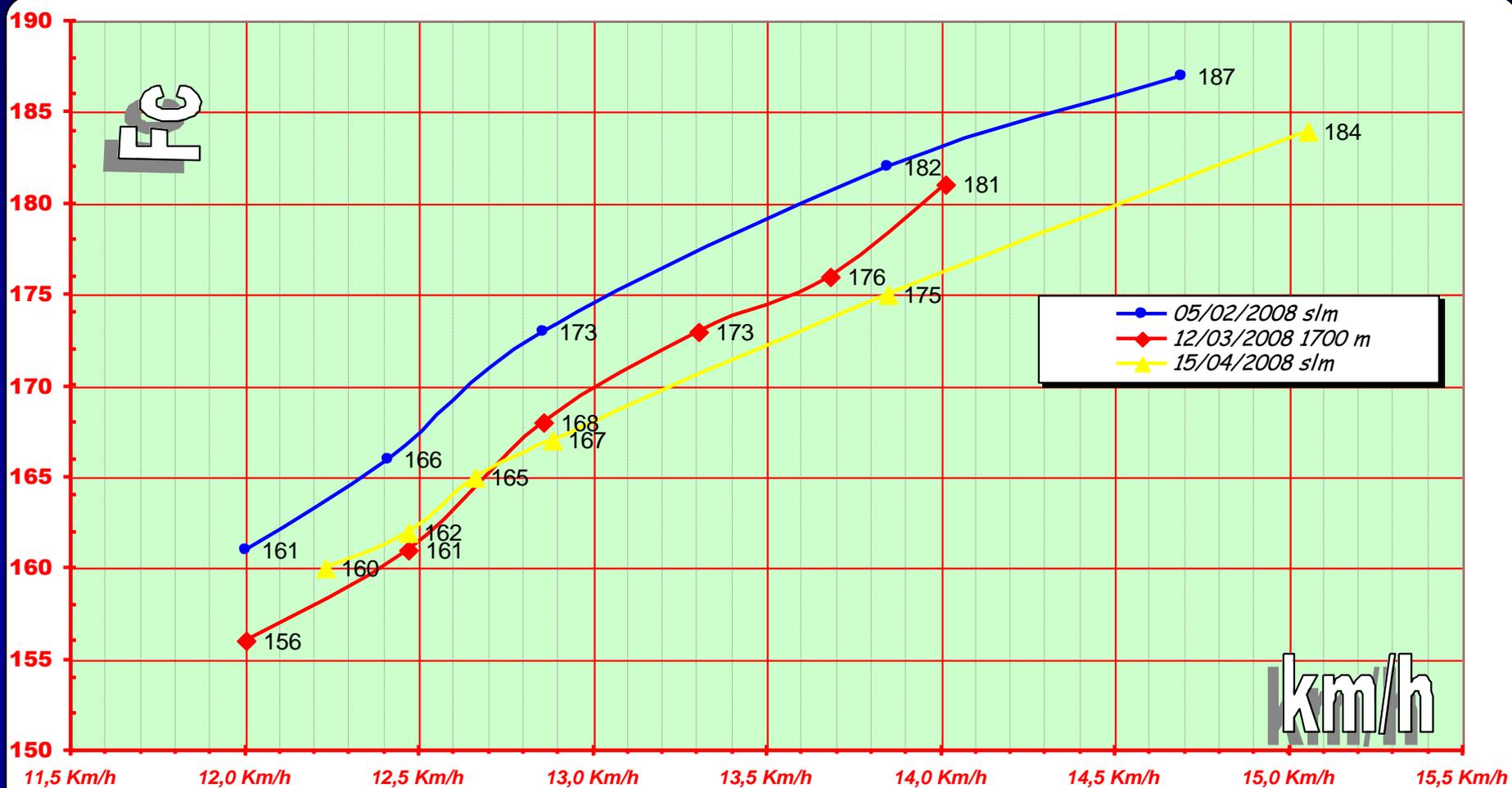


lattato

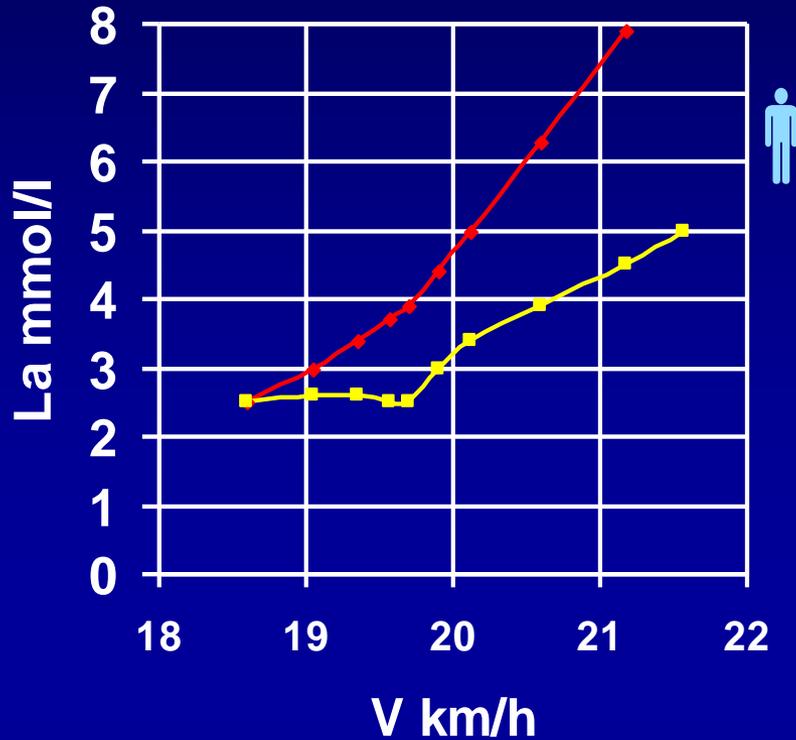


km/h

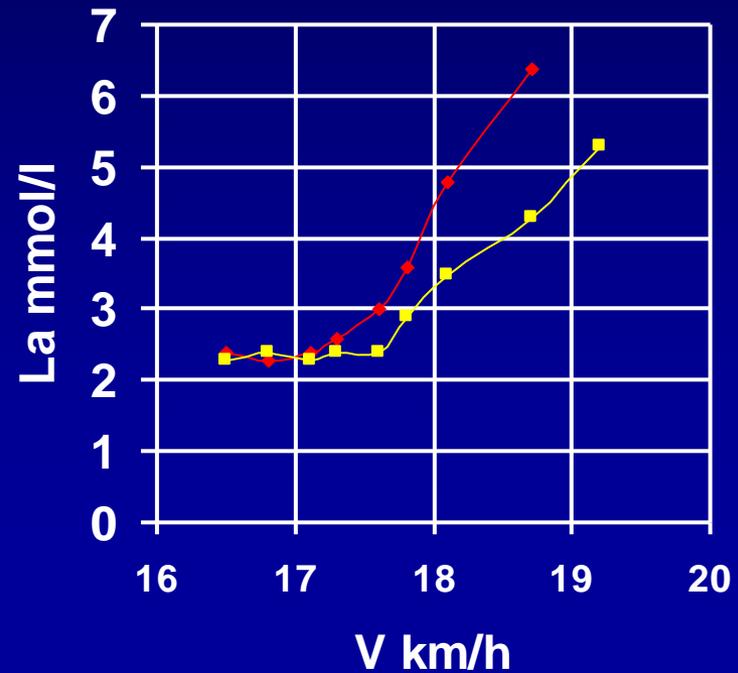
# Il controllo dell'allenamento: FC vs La



# VARIAZIONE DELLA CURVA $La/V$ IN DUE MARATONETI PRIMA E DOPO 28 GG. DI ALLENAMENTO A 1800 M.



—♦— prima —■— dopo

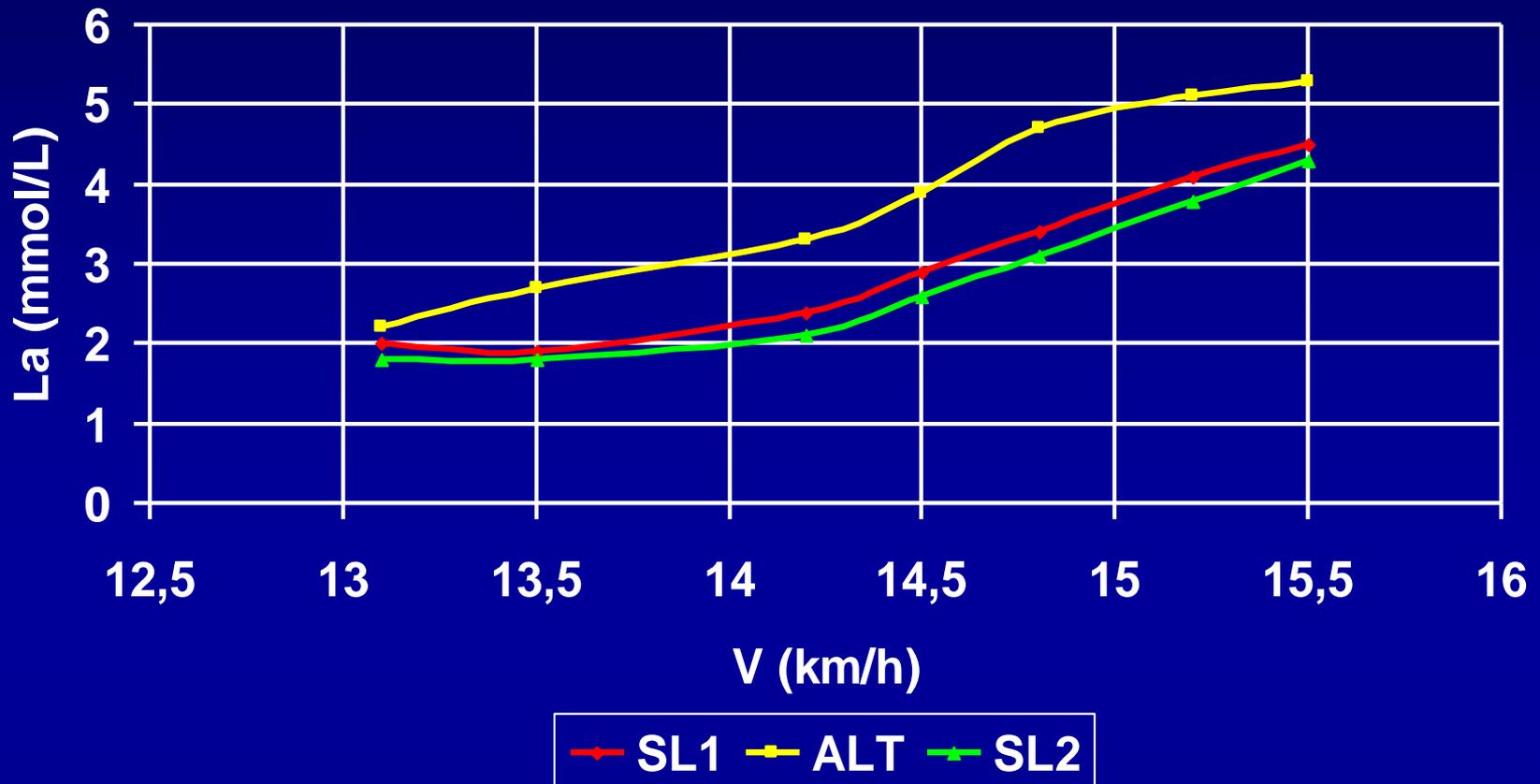


—♦— prima —■— dopo

# VARIAZIONE DELLA CURVA LA/V IN UN MARCIATORE DELLA 20 KM PRIMA E DOPO 28 GG. DI ALLENAMENTO A 2100 M.



# VARIAZIONE DELLA CURVA LA/V IN UN MARCIATORE DELLA 20 KM PRIMA E DOPO 28 GG. DI ALLENAMENTO A 2100 M.



# L'esperienza "da campo"



**I principi dell'allenamento in quota  
non si discostano dai principi  
applicati a livello del mare**

# L'esperienza "da campo"

- ✓ Approccio scientifico
- ✓ Intuito personale
- ✓ Conoscenza dell'atleta
- ✓ Capacità di osservazione





# SESTRIERE

## I LAVORI PIU' SIGNIFICATIVI

Lavoro	Tempo	Min al Km
<b>10000 m (1° giorno)</b>	<b>44'30</b>	<b>4'27</b>
<b>2 X 7,5 al Km</b>	<b>34'21 – 33'11</b>	<b>4'34 – 4'25</b>
<b>+ 1 X 5000</b>	<b>21'31</b>	<b>4'18</b>
<b>5000 m (200-200)</b>	<b>20'53</b>	<b>4'10</b>
<b>5000 m</b>	<b>20'07</b>	<b>4'01</b>
<b>3 vv 20 Km</b>	<b>Media 1h30</b>	<b>4'30</b>
<b>2 vv 10000 m</b>	<b>Media 43'</b>	<b>4'18</b>
<b>12 Km</b>	<b>56'</b>	<b>4'40</b>
<b>25 Km</b>	<b>1h58'45</b>	<b>4'45</b>

# L'esperienza “da campo”

- Dagli **atleti di alto livello** viene **privilegiata** la metodologia **“live high-train high”**
- Combinare il soggiorno a quote moderate (intorno a 2200 m) con periodi a quote più basse (1600-1800 m)
- Mantenere livelli di **intensità e volume** di allenamento simili a quelli a livello del mare

# L'esperienza "da campo"

- Un'altra possibilità per gli atleti d'*elite* che hanno già svolto numerosi stage di allenamento in quota potrebbe essere quella di **soggiornare ancora più in alto** (circa 3000 m) e **allenarsi a quote più basse**, comprese tra 1600 e 2000 m



# Per riassumere...

- ✓ Conoscere gli **effetti fisiologici dell'altitudine**
- ✓ Conoscere la **risposta dell'atleta** all'ipossia
- ✓ Scegliere la **metodologia di allenamento** più adatta
- ✓ **Individualizzare e controllare** i carichi allenanti
- ✓ Mantenere livelli di **intensità e volume** simili a quelli che si realizzerrebbero a livello del mare



A blue sky with light clouds over a blue ocean with a sun reflection.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**

# Live high-train low

## ➤ **Adattamenti NON ematologici:**

- Regolazione del **pH** e **miglioramento della capacità tampone**
- Incremento dei trasportatori **MCT1 e MCT4**
- **Enzimi carbonato** deidratasi
- Miglioramento dell'attività della **pompa Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>**

*(Gore et al., 2001, 2007; Aughey et al., 2005; Zoll et al., 2006 Millet et al., 2010)*



# Live high-train low

- **Per ottenere adattamenti ematologici:**

- ✓ Soggiornare ad altezze di **2100-2500 m**
- ✓ **4 settimane**
- ✓ Esposizione all' **ipossia di 20-22 ore al giorno**

*(Millet et al., 2010)*



# Per riassumere...

- ✓ Monitorare lo **stato di salute** degli atleti
- ✓ I **periodi di allenamento** in quota devono essere programmati con largo anticipo
- ✓ Focalizzare il training su **un aspetto principale**
- ✓ **Combinare il soggiorno** a quote alte (oltre i 2200 m) con l'allenamento a quote più basse (1600-1800 m)

