

# Esercizio in Ambiente Montano

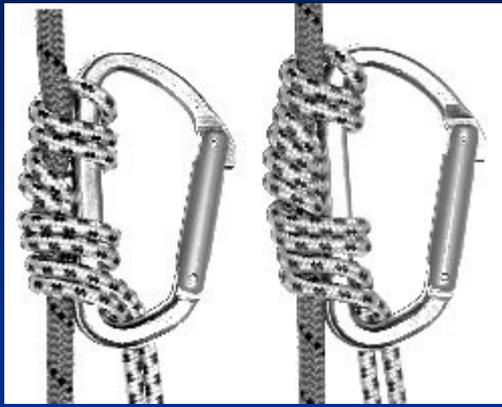


**Annalisa Cogo**  
**Centro Studi Biomedici Applicati allo Sport**  
**[annalisa.cogo@unife.it](mailto:annalisa.cogo@unife.it)**



# Informarsi sulle previsioni meteo

## Saper manovrare corda e moschettoni



## Abbigliamento adeguato (a strati)



## Conoscere bene l'itinerario (dislivello, lunghezza, difficoltà, condizioni)



## Allenarsi



## Mangiare e bere prima e durante l'escursione



# PROGRAMMA

1. **Caratteristiche del clima di montagna**
2. **Adattamenti dell' organismo**
3. **Mal di Montagna**
4. **Esercizio in altitudine**
5. **Tipologie di allenamento in altitudine e per l' altitudine**
6. **Principi di alimentazione per sport in montagna**
7. **Principi di primo intervento**





ANNALISA COGO

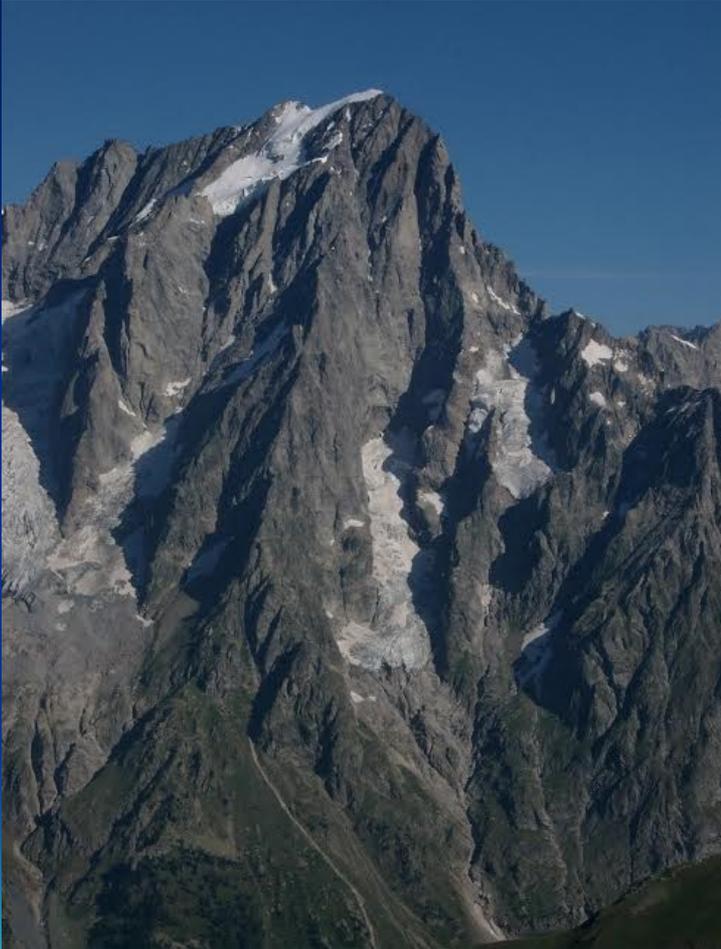
# MEDICINA E SALUTE IN MONTAGNA

Prevenzione, cura e alimentazione  
per chi pratica gli sport alpini

Seconda edizione

**HOEPLI**

# L' ambiente di Montagna



Le risposte dell' organismo

# Il Mal di Montagna



Prestazione fisica ed Altitudine

# **Altre patologie** che possono comparire in Alta Quota

**Edemi periferici**

**Disturbi del sonno**

**Tosse**

**Malattie dell'occhio**

**Disturbi intestinali**

**Trombosi**



# Le Ricerche in Alta Quota



Un po' di storia e  
un po' di attualità.  
Dove...  
Come...

# Patologie da Freddo e da Caldo



**CENNI**

+

**Suggerimenti  
per l' Abbigliamento  
In Montagna**

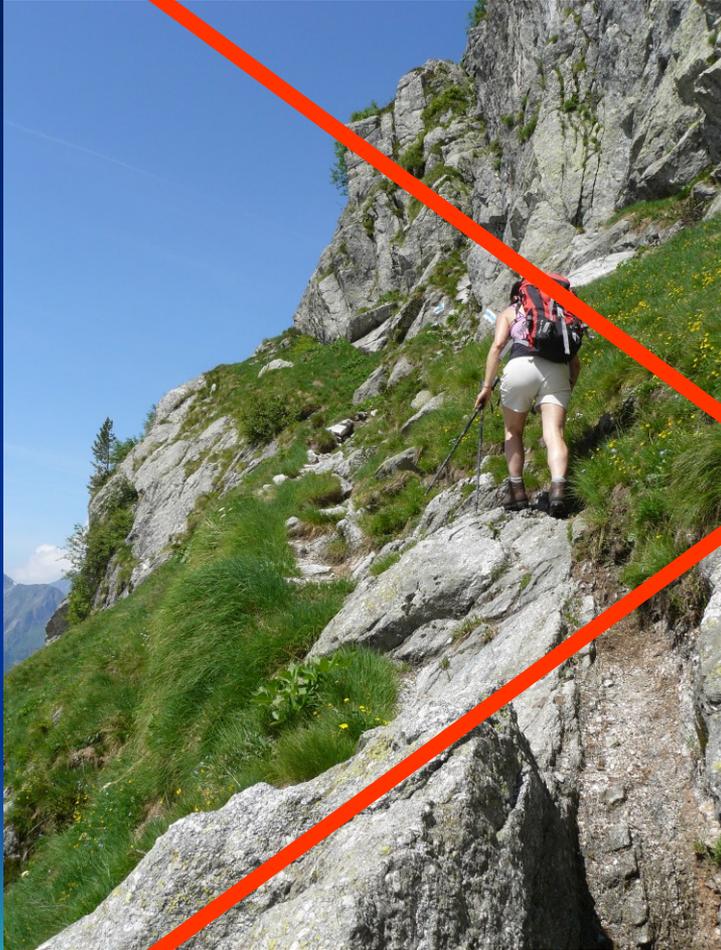
# L' Allenamento



# L' Alimentazione



Posso andare  
in Montagna se....?



I Bambini in Montagna



# Cosa fare se....



**CENNI**

Punture di insetti  
Zecche  
Vipere  
Sanguisughe  
Piccole ferite  
Ematomi sotto le unghie  
Vesciche  
Lesioni traumatiche agli arti  
Denti  
Incidenti  
Fulmini  
Preparazione di un Kit di pronto soccorso

# Uomini e Animali adattati all' Alta Quota



# Ambiente Montano



Pressione Barometrica



$PiO_2$



Densità dell'aria



Umidità



Temperatura



Allergeni



Inquinamento



Vento



# Città del Messico è sempre più inquinata

Una combinazione di leggi, macchine e benzine obsolete ha portato i livelli di smog al livello massimo da 14 anni

*di Isabella Cota e Benjamin Bain – Bloomberg*



# Pressione Barometrica(PB) e Pressione Inspiratoria dell'ossigeno (PIO<sub>2</sub>) a diverse altitudini

Quota m	PB mmHg	PIO <sub>2</sub>
0	760	159
1000	674	141
2000	596	124
3000	526	100
4000	462	96
5000	405	84

PIO<sub>2</sub> è sempre il  
20.93% della PB



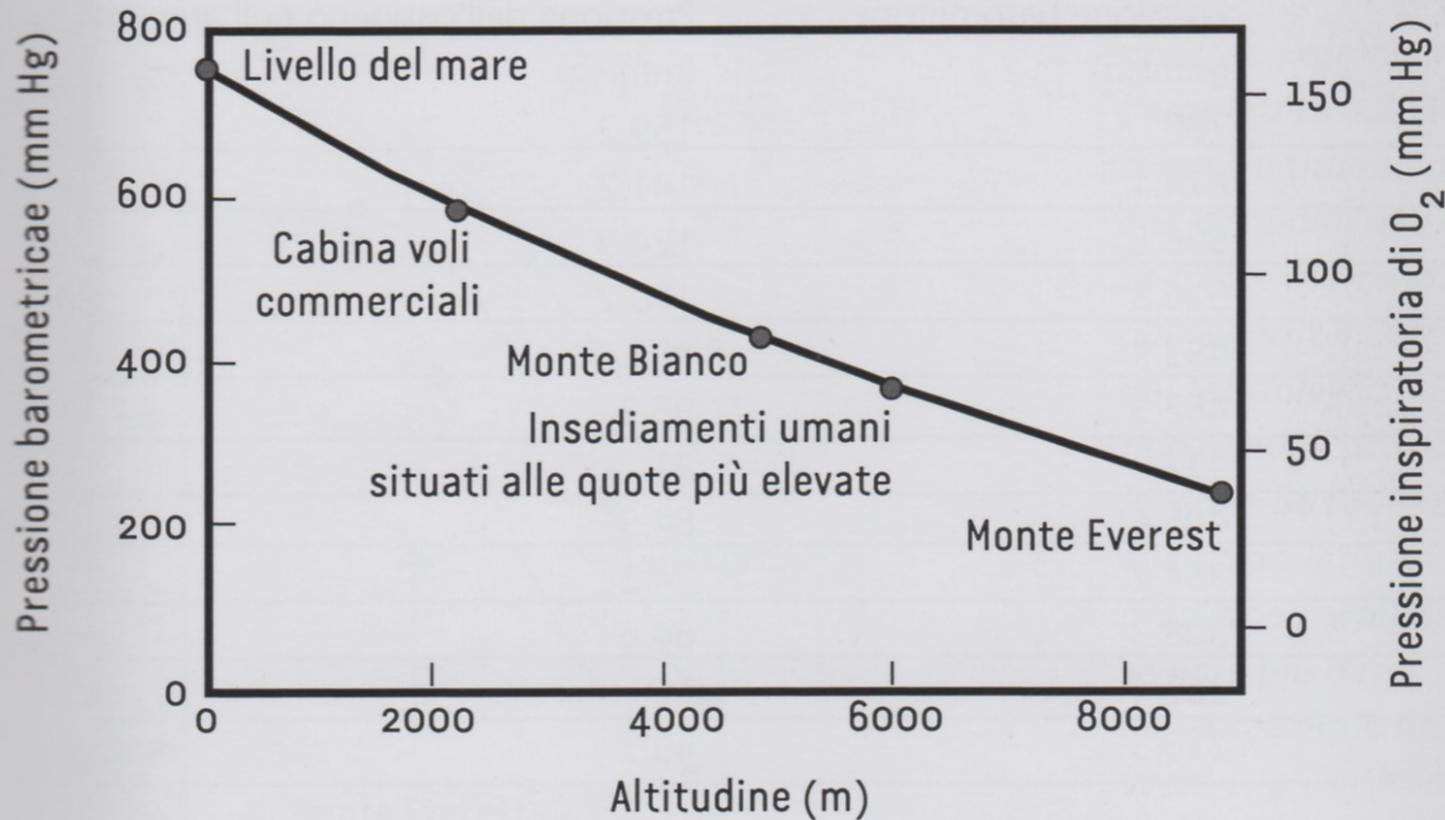
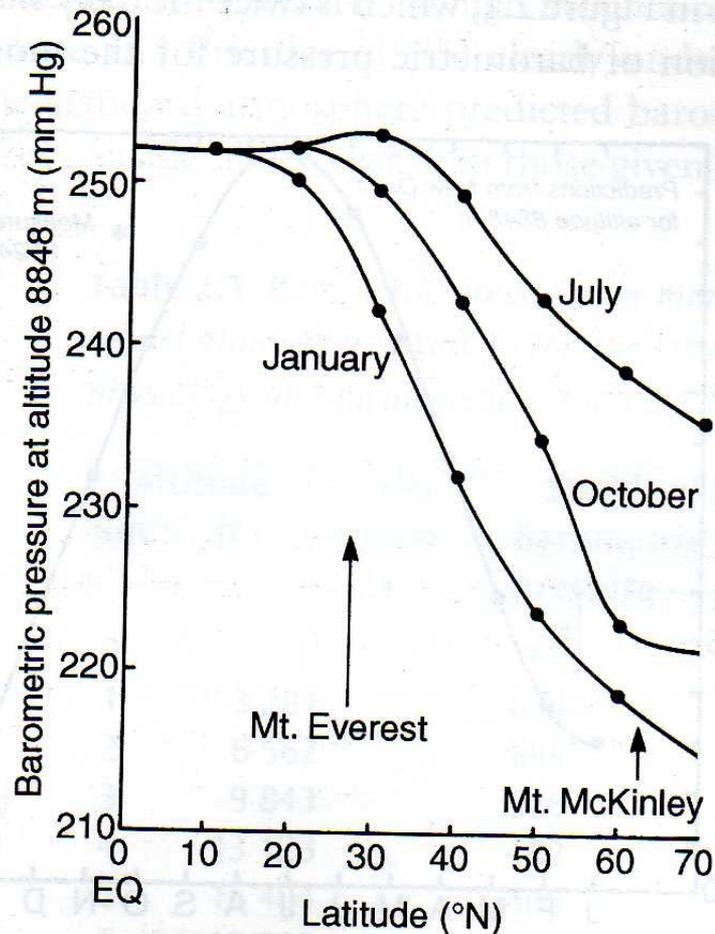


Grafico 1 1 *La riduzione della pressione barometrica e della pressione di ossigeno nell'aria col progredire della quota. Rielaborazione da D. Heath & DR Williams, "High Altitude Medicine and Pathology" Oxford Medical Publications, 1995.*



**Figure 2.3** Barometric pressure at the altitude of Mount Everest plotted against latitude in the northern hemisphere for midsummer, midwinter, and the preferred month for climbing in the post-monsoon period (October). Note the considerably lower pressures in the winter. The arrows show the latitudes of Mount Everest and Mount McKinley. (From West et al. 1983a.)

Modificazioni della pressione barometrica nelle diverse stagioni su due montagne poste a latitudini molto diverse: l'Everest, in Nepal ed il Mc Kinley in Alaska.

# The Mongol Empire





## OSSIGENO

Da quanto fin qui detto, è evidente che la frase “andare ad ossigenarsi in montagna” è solo un luogo comune cui non corrisponde una verità scientifica.

In montagna infatti c'è meno ossigeno che in pianura anche se la riduzione dell'inquinamento è comunque un elemento favorevole per l'organismo. Una migliore ossigenazione si potrà però avere al rientro in pianura, dovuta all'incremento di globuli rossi in risposta alla riduzione di ossigeno in altura (vedi paragrafo).

### Come calcolare la Pressione Inspiratoria dell'ossigeno:

bisogna conoscere la pressione barometrica, sottrarre al valore 47mmHg che corrispondono alla pressione del vapore d'acqua che satura sempre le vie aeree nelle quali viene convogliato l'ossigeno, e si moltiplica x 0.21.



## RIDOTTA DENSITA' DELL'ARIA

Ha un vantaggio aerodinamico per spostamenti rapidi quali la corsa, il lanci, i salti. Questo spiega i records in alcune discipline ottenuti durante competizioni a quote intorno ai 2000-2500m.

Migliora i flussi espiratori



**Wind chill < -10 ° C**      **Basso rischio di congelamento ma rischio di ipotermia se si resta a lungo all'esterno senza adeguato abbigliamento. Indossare abiti e calzature protettivi e impermeabili.**

**Wind chill < -28 ° C**      **Rischio anche di congelamento. La cute scoperta si può congelare in 10-30 min. Coprire bene viso ed estremità. Attenzione alla presenza di intorpidimenti e pallore al viso e alle estremità.**

**Wind chill < -40 ° C**      **Alto rischio di congelamento: la cute esposta può congelare in 5-10 min (anche più rapidamente se la velocità del vento è > 50 km/h). Non lasciare parti scoperte.**

**Wind chill < -48 ° C**      **Rischio molto alto: la cute esposta può congelare in 2-5 minuti (anche più rapidamente se la velocità del vento è > 50 km/h). Cercare di non fare attività all'aperto.**

**Wind chill < -55 ° C**      **Rischio estremamente alto: la cute si congela in < 2 min (anche più**



# FREDDO

## Estimating Wind Chill

Wind Speed (km/h)	What to Look for When Estimating Wind Speed	Temperature (°C)									
		0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
10	Si percepisce il vento sul viso; le maniche a vento cominciano a muoversi.	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57
20	Si muovono le banderuole.	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62
30	Il vento solleva la carta sparsa, fa sventolare le bandiere e scuote i rami degli alberi.	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-45	-52	-59	-65
40	Gli alberelli ondeggiando e le bandiere sventolano e sbattono con forza.	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68
50	Le chiome degli alberi ondeggiando, i fili del telefono sibilano ed è difficile tenere aperto l'ombrello.	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69
60	Gli alberi si piegano ed è difficile camminare controvento.	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71



# NWS Windchill Chart



		Temperature (°F)																	
		40	35	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
Wind (mph)	Calm	36	31	25	19	13	7	1	-5	-11	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-52	-57	-63
	5	34	27	21	15	9	3	-4	-10	-16	-22	-28	-35	-41	-47	-53	-59	-66	-72
	10	32	25	19	13	6	0	-7	-13	-19	-26	-32	-39	-45	-51	-58	-64	-71	-77
	15	30	24	17	11	4	-2	-9	-15	-22	-29	-35	-42	-48	-55	-61	-68	-74	-81
	20	29	23	16	9	3	-4	-11	-17	-24	-31	-37	-44	-51	-58	-64	-71	-78	-84
	25	28	22	15	8	1	-5	-12	-19	-26	-33	-39	-46	-53	-60	-67	-73	-80	-87
	30	28	21	14	7	0	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-55	-62	-69	-76	-82	-89
	35	27	20	13	6	-1	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-84	-91
	40	26	19	12	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	45	26	19	12	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95
	50	25	18	11	4	-3	-11	-18	-25	-32	-39	-46	-54	-61	-68	-75	-82	-89	-97
	55	25	17	10	3	-4	-11	-19	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98
60	25	17	10	3	-4	-11	-19	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	

Frostbite Times  30 minutes  10 minutes  5 minutes

$$\text{Wind Chill (°F)} = 35.74 + 0.6215T - 35.75(V^{0.16}) + 0.4275T(V^{0.16})$$

Where, T= Air Temperature (°F) V= Wind Speed (mph)

Effective 11/01/01

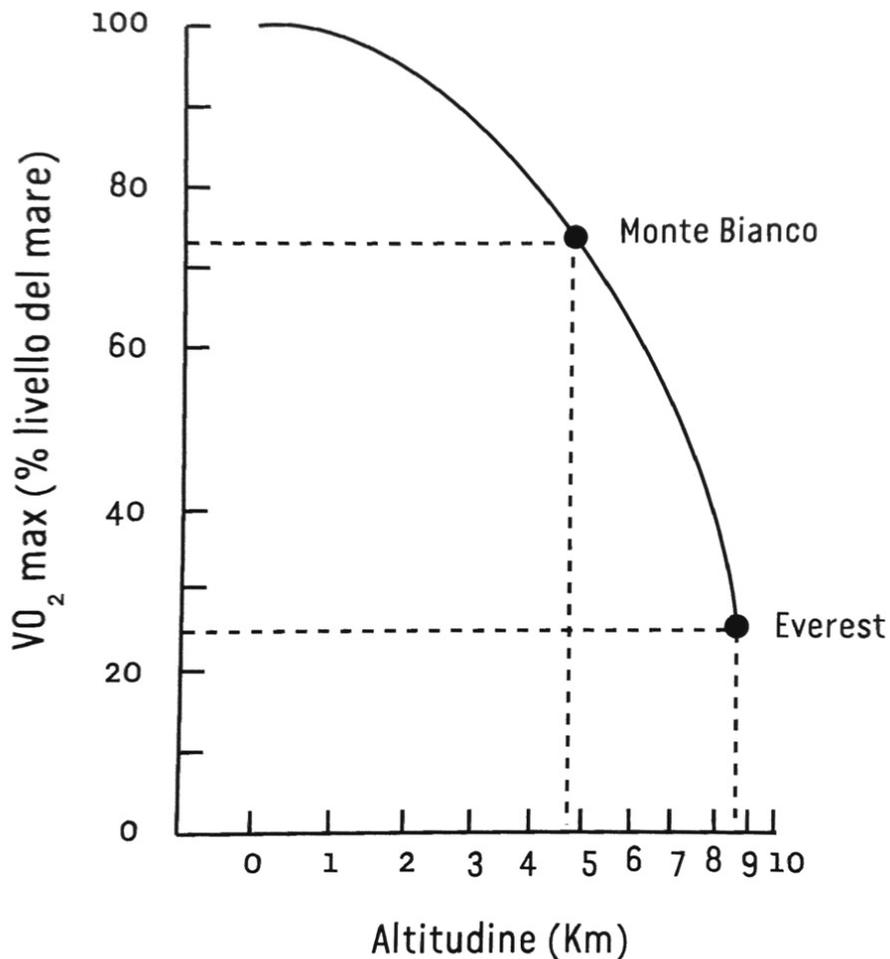


Grafico 3.1 - *Riduzione progressiva del massimo consumo di ossigeno dal livello del mare alla vetta dell'Everest. Rielaborazione da Richalet, "La Santé en Montagne", 2003.*

**Il consumo di ossigeno si  
riduce circa dell'  
1% ogni 100m ≥ 1500m**

# Definizione di Quota

*(Bartsch & Saltin Scand J Med Sci Sport 2008)*

<b>Near sea-level</b>	<b>0-500m</b>
<b>Bassa Quota</b>	<b>500-2000m</b>
<b>Media Quota</b>	<b>2000-3000m</b>
<b>Alta Quota</b>	<b>3000-5500m</b>
<b>Quota estrema</b>	<b>&gt; 5500m</b>

→ 500m le modificazioni atmosferiche sono impercettibili, non hanno alcun effetto sulla capacità di prestazione e comunque non inducono risposte di compenso nell'organismo.

500m-2000m le modificazioni cominciano ad evidenziarsi ma le risposte dell'organismo non sono ancora esasperate. Al di sopra dei 1500m soprattutto negli atleti di élite si avverte una ridotta capacità di prestazione che può comunque essere annullata da una buona acclimatazione.

2000-3000 le modificazioni ambientali diventano progressivamente più evidenti così come le risposte di adattamento dell'organismo. Dopo qualche ora di permanenza, si possono percepire disturbi del sonno o alcuni sintomi di mal di montagna. La prestazione fisica è ridotta progressivamente ma anche in questo caso una corretta acclimatazione favorisce il superamento del problema.



**3000-5500m**: è la quota alla quale un numero maggiore di soggetti non acclimatati può andare incontro ai sintomi di mal di montagna anche grave. A questa quota la capacità di prestazione è ridotta anche dopo una corretta acclimatazione.

**Quota estrema**: è quella oltre la quale non è possibile alcun insediamento umano permanente. La storia dell'alpinismo e della ricerca scientifica in alta quota ci insegnano che al di sopra di questa quota è senz'altro possibile sopravvivere anche senza ossigeno: ma un conto è sopravvivere temporaneamente, un conto risiedere e vivere in permanenza.



# OSSIGENAZIONE:

## Valori normali a livello del mare (slm)

$\text{PaO}_2 > 80\text{mmHg (10,6 Kpa)}$

$\text{SpO}_2 > 95\%$

$\text{PaO}_2$  = pressione arteriosa di ossigeno

$\text{SpO}_2$  = saturazione di ossigeno con pulsossimetria



ACCADEMIA REALE DELLE SCIENZE DI TORINO  
(ANNO 1902-1903)

I  
MOVIMENTI RESPIRATORI

DEL TORACE E DEL DIAFRAMMA

RICERCHE  
DEL DOTT.  
ANGELO MOSSO



TORINO  
CARLO CLAUSEN  
Libreria della R. Accademia delle Scienze  
1903

Il tracciato 33 rappresenta una esperienza fatta sopra Giorgio Mondo, mentre sta in posizione di 45° ed ha il pneumografo doppio intorno al torace ed un altro intorno

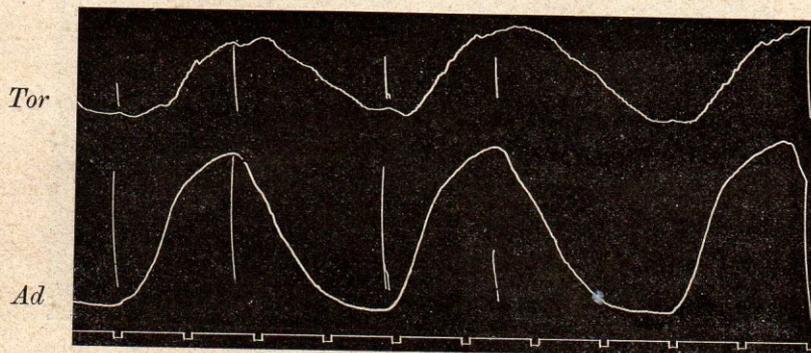


Fig. 33.

all'addome. Gli avevo messo sulla faccia la maschera di ...

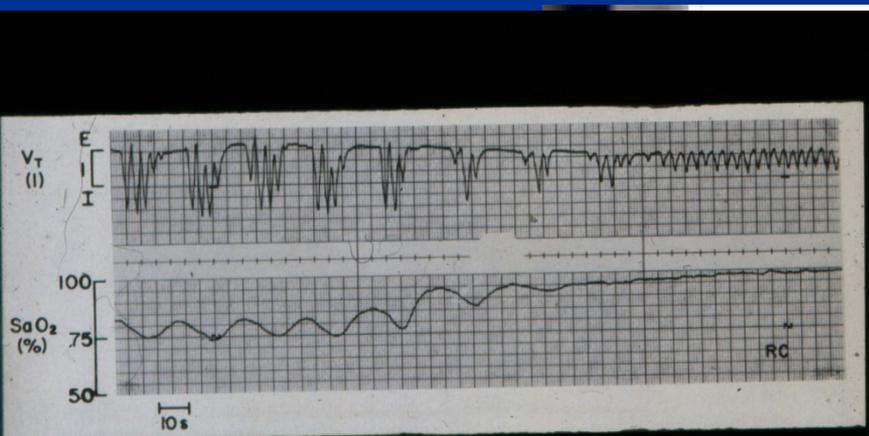
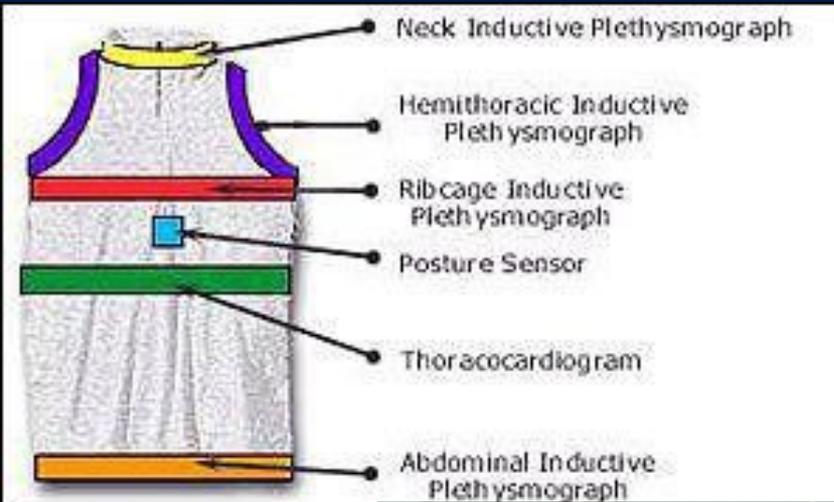
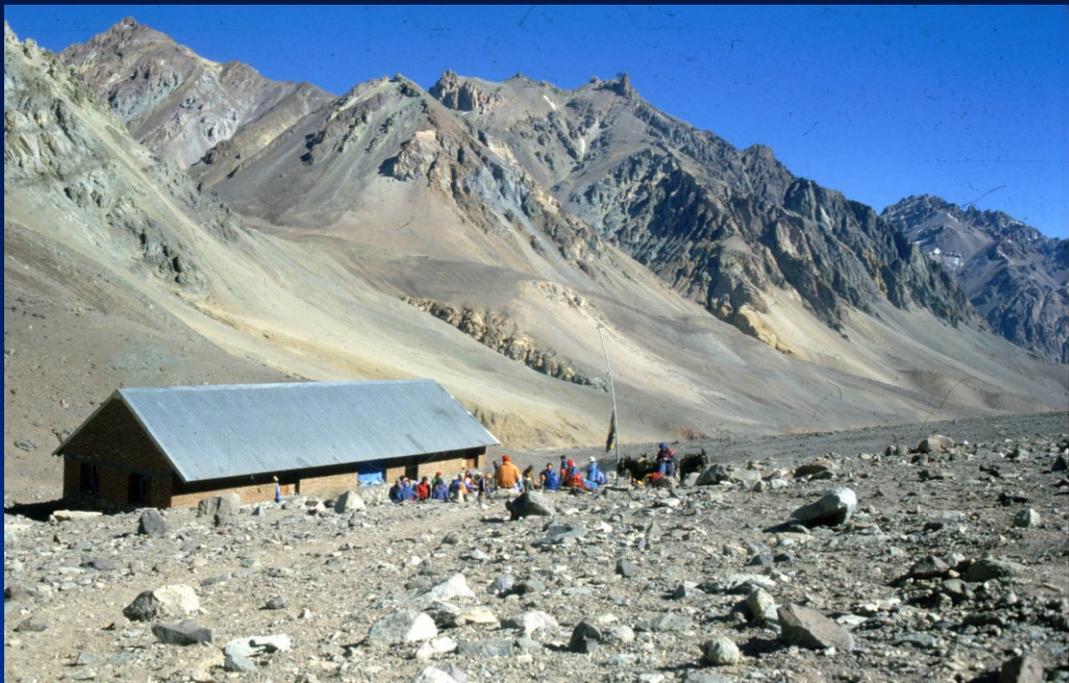


Figure 3.10. Example of periodic breathing recorded on Angelo Ugolino at the Capanna Margherita. The apneic periods lasted ... Mosso also recorded periodic breathing on his dog, Nerino. [Fro ...]

# Pletismografia Induttiva





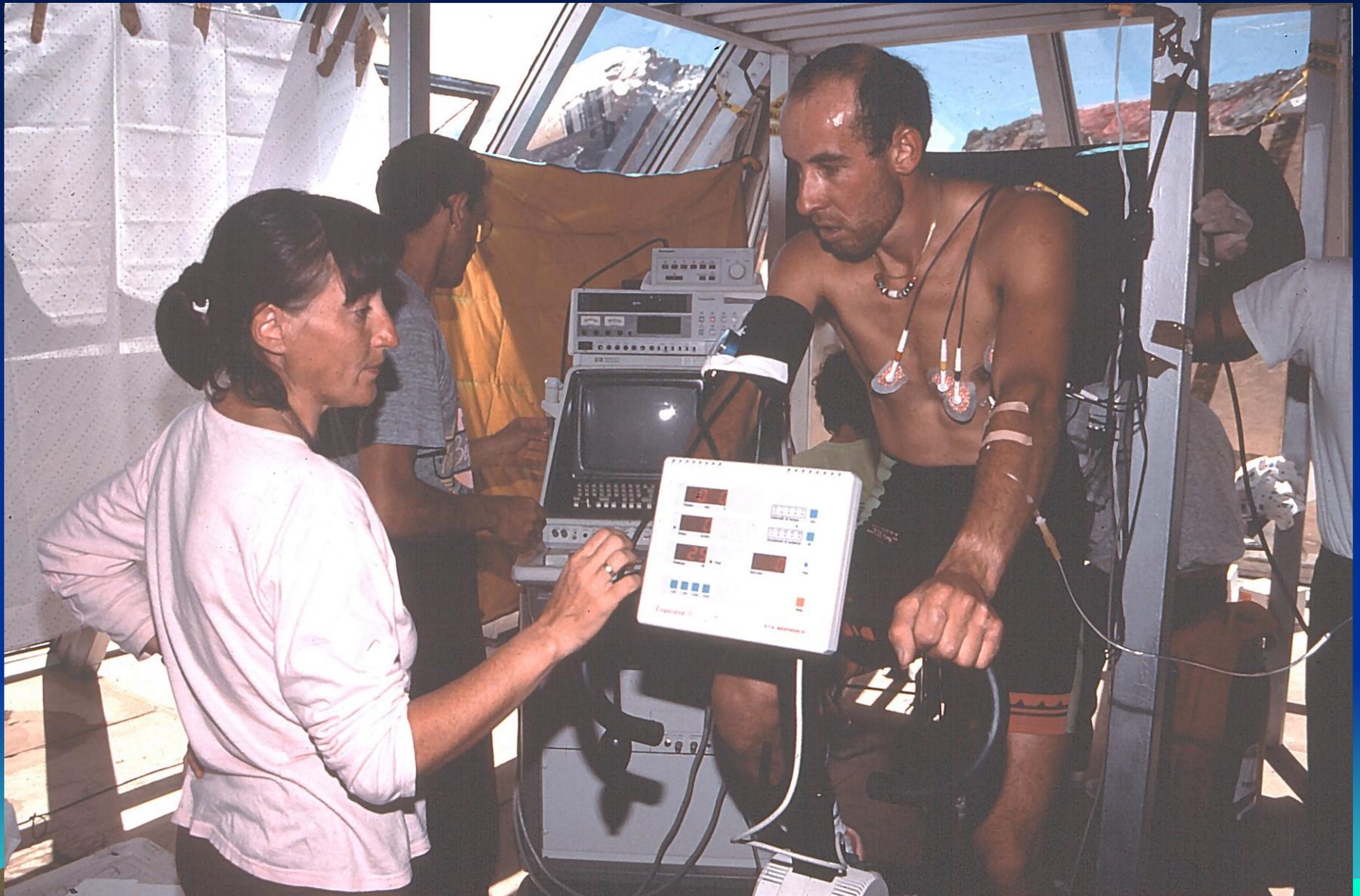






# Laboratorio Piramide, Nepal 5050m









# Ossigenazione del sangue in altitudine

Capanna Regina Margherita 4559m

Pressione di Ossigeno nel sangue

Valori normali slm >80mmHg

nelle prime ore di esposizione a

1500m	≈ 76mmHg
2000m	≈ 70mmHg
2500m	≈ 64mmHg
3000m	≈ 60mmHg



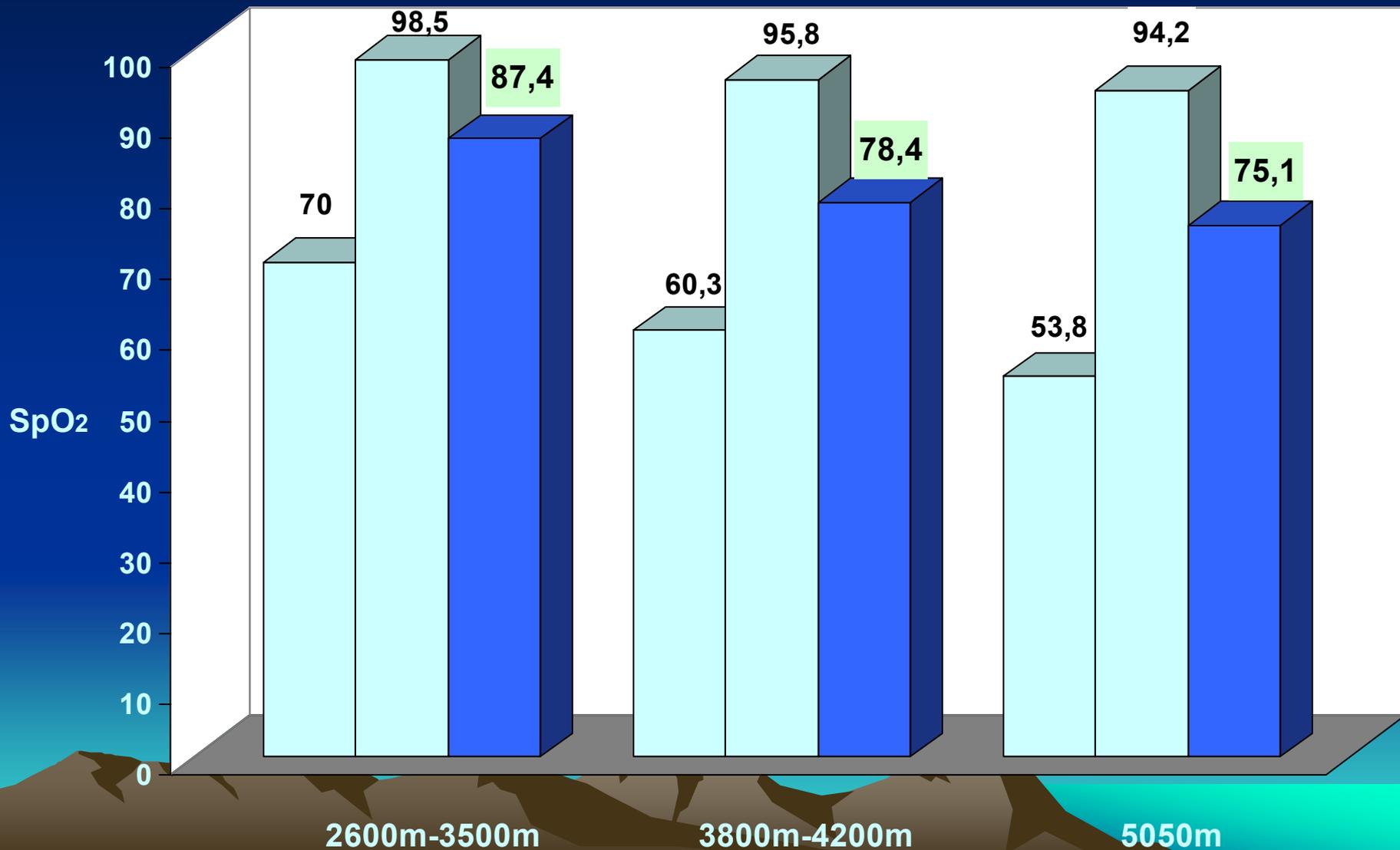
# Saturazione di O<sub>2</sub> durante un test ad intensità crescente fino a esaurimento

30-60...= Watt

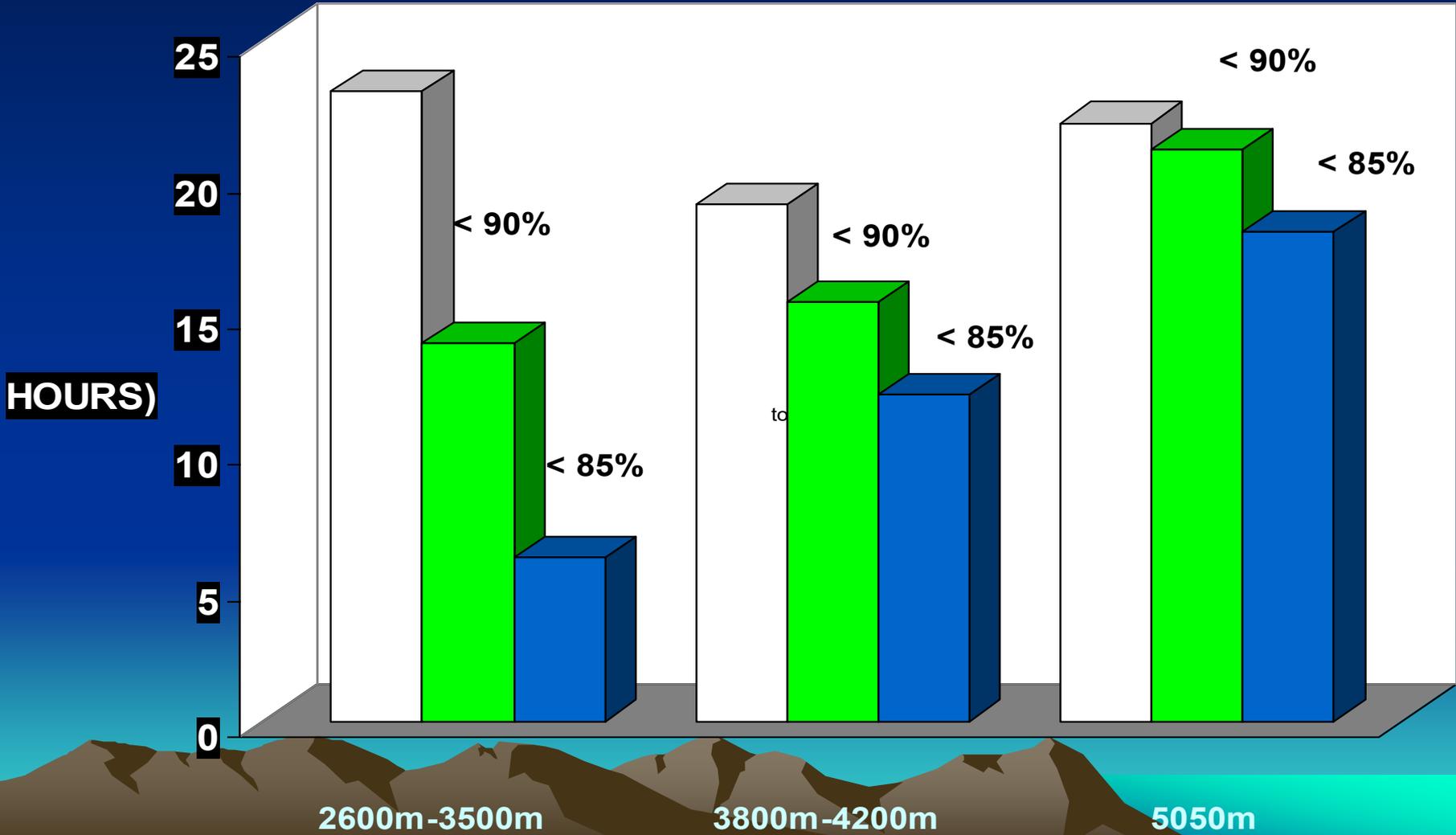
	#10				#9	#7	#2
<u>BASE</u>	<u>30W</u>	<u>60W</u>	<u>90W</u>	<u>120</u>	<u>150</u>	<u>180</u>	<u>210</u>
87	85,2	82,9	81,1	80	76,9	73	68



# Monitoraggio x 24 ore della SpO<sub>2</sub> la colonna blu indica i valori medi, le altre 2 colonne i valori minimo e massimo

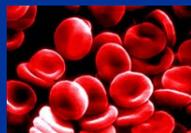
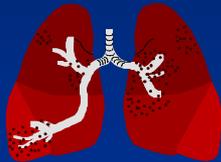


# Durata delle desaturazioni in % delle 24 ore di monitoraggio



# TRASPORTO dell'OSSIGENO

Aria



**Il polmone e' il cancello tra l'ossigeno ambientale e le funzioni metaboliche dell'organismo.**

**Insieme al cuore e' il primo organo che risponde all'ipossia ma contemporaneamente ne subisce l'effetto.**



***"I am nothing more than a single, narrow, gasping lung, floating over the mists and summits"***

***(R.Messner)***



# Apparato Respiratorio e Altitudine

L' apparato respiratorio gioca un ruolo fondamentale nel processo di acclimatazione ma può anche essere coinvolto in risposte patologiche.

Risposte Fisiologiche:

■ Risposta Ventilatoria Ipossica

Risposte Patologiche

■ HAPE (Edema Polmonare d' Alta Quota)

L' esposizione all' ipossia provoca anche

↑ **Pressione nell' arteria polmonare (PAP)**

alterazioni **nell' equilibrio idrico salino dell' organismo**

In soggetti suscettibili senza corretta acclimatazione



**Mal di Montagna**



# Alta Quota ed Apparato Respiratorio

↓ **Pressione Barometrica**



**Ipossiemia**



**Iperventilazione**

**Vasocostrizione Polmonare (= incremento della PAP)**

# ADATTAMENTI all' ALTITUDINE

## Apparato Respiratorio

Iperventilazione-Vasocostrizione

## Apparato Cardiovascolare

Tachicardia-Possibile lieve incremento dei valori pressori

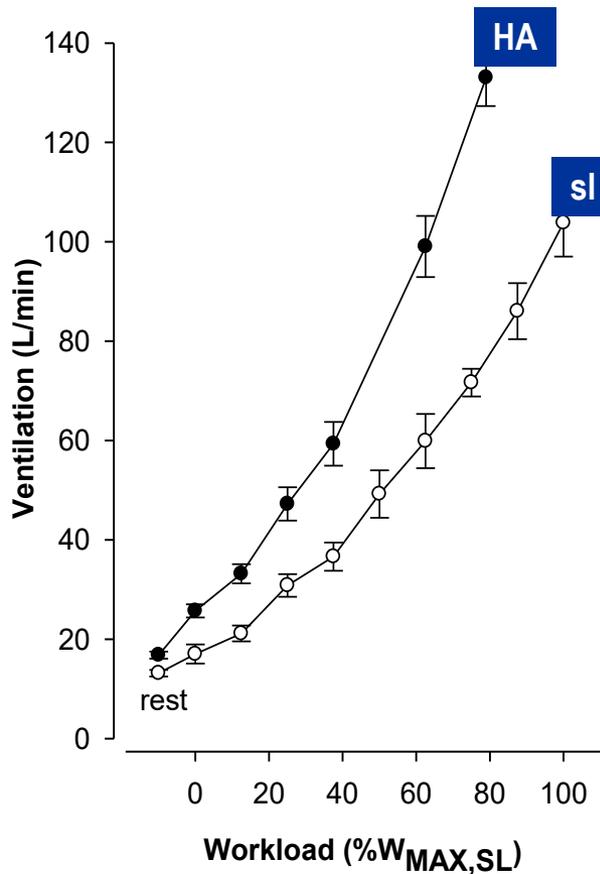
## Apparato endocrino

Incremento ormoni surrenalici

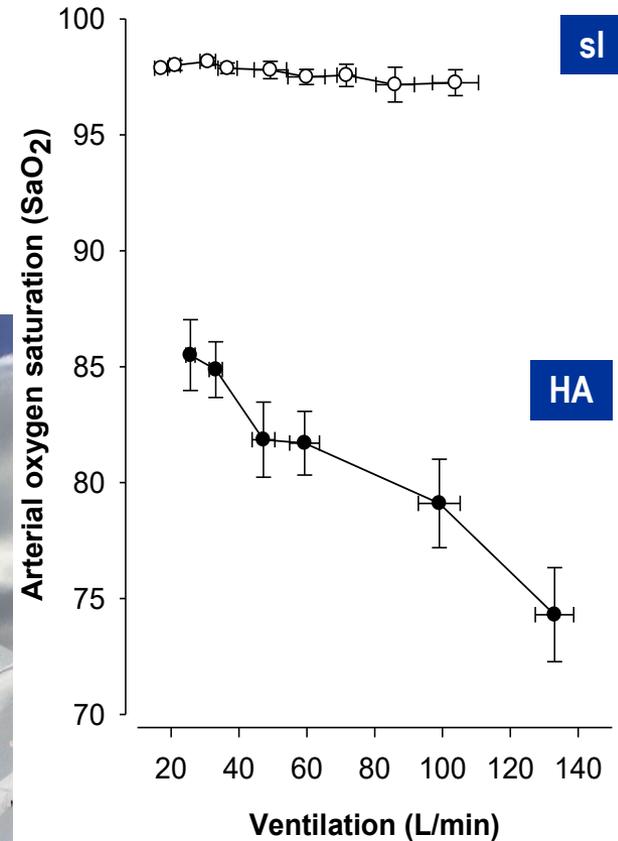
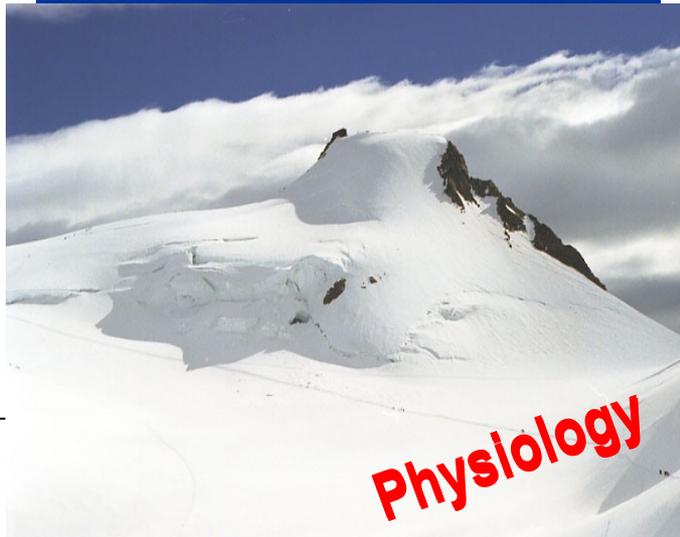


# Ventilation during Exercise at SL e HA

10 M age 25-66, 4<sup>o</sup> day at 4559m,  
Max Incremental Exercise 30watt/min

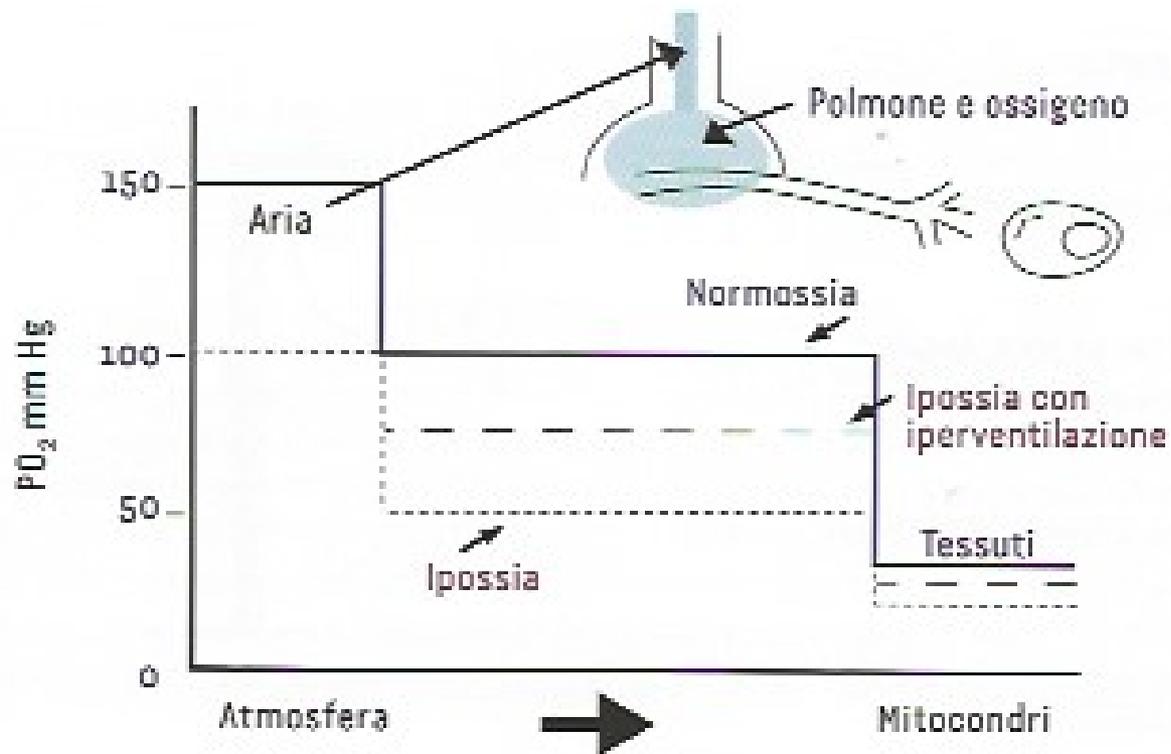


Optoelectronic  
Plethysmography (OEP  
System, BTS, Milan, Italy)  
to measure VE, TV, RR  
without mouthpiece



Nel grafico precedente si vede l'incremento della ventilazione durante un test da sforzo incrementale al cicloergometro. L'incremento di VE è molto maggiore in altitudine (HA) rispetto al livello del mare per lo stesso carico di lavoro. Il carico di lavoro è espresso come % del massimo carico di lavoro raggiunto a livello del mare





# Alta Quota e Respirazione

Ad alta quota (HA) è necessario mobilizzare elevate quantità di aria ed è quindi necessaria una perfetta risposta di tutti i sistemi che intervengono nella ventilazione:

- Drive Respiratorio
- Mobilità Gabbia Toracica
- Muscolatura Respiratoria
- Meccanica Respiratoria
- $V_a/Q_c$  = rapporto ventilazione/perfusione
- Diffusione





**Finché l'ossigenazione tessutale non è minacciata la ventilazione non si modifica in maniera significativa ed all'organismo viene evitato lo stress dovuto alla maggiore attività della muscolatura respiratoria.**

# Risposta Iperventilatoria Ipossica

- L' incremento della ventilazione è immediato e significativo quando la pressione alveolare di ossigeno ( $PAO_2$ ) è  $< 70\text{mmHg}$  ( e quindi la pressione arteriosa di ossigeno ( $PaO_2$ ) è  $< 60\text{mmHg} = 3500\text{-}4000\text{m}$ ) e persiste se si continua a salire.
- Dipende da: fattori individuali, altitudine, livello di acclimatazione.
- E' dovuta allo stimolo ipossico sul glomo carotideo.



# Iperventilazione Ipossica

- A livello del corpo carotideo la  $\downarrow$  di  $PO_2$  viene tradotta in segnali nervosi che stimolano la ventilazione.
- Cellule di tipo I del corpo carotideo rilasciano un trasmettitore  $PO_2$  dipendente che modifica il potenziale d'azione delle terminazioni post sinaptiche dei nervi del seno.

# IPERVENTILAZIONE

VE = ventilazione

TV = volume corrente

RR = frequenza respiratoria

$$\underline{VE = TV \times RR}$$

Volume Corrente ↑  
subito =

↑ profondità

↑ ampiezza degli atti  
respiratori

Frequenza Respiratoria

↑ dopo 6-7 ore fino a  
4000-4500m, subito  
> 4000-4500m.



# Altitudine ed Apparato Respiratorio

↓ Pressione Barometrica



Ipossiemia



Iperventilazione  
Vasocostrizione polmonare



**La Ventilazione e l'Attività Simpatica sono aumentate come dimostrato dall'incremento delle catecolamine urinarie.**

**Col progredire dell'esposizione ipossica (giorni e settimane) la sensibilità dei chemocettori periferici incrementa → ulteriore incremento della VE (acclimatazione ventilatoria)**



## 2-3 DPG

Il 2,3-disfosfoglicerato è presente negli eritrociti, ed ha il compito di ridurre l'affinità dell'emoglobina verso l'ossigeno. Ciò è importante ad alta quota, dove la pressione parziale dell'ossigeno è molto bassa e la saturazione di ossigeno si riduce.

Il 2,3-DPG riduce l'affinità per l'ossigeno, favorendo la cessione dell' O<sub>2</sub> dalla emoglobina.

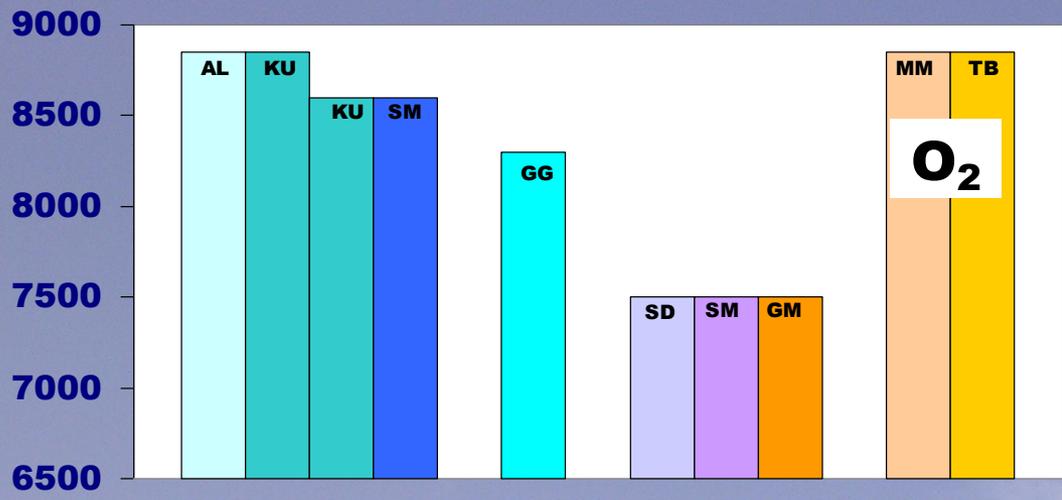


# Risposta Ventilatoria Ipossica (HVR)

- I soggetti con bassa risposta ventilatoria ipossica a riposo a livello del mare (slm), anche durante esercizio in altitudine (HA) hanno una risposta ventilatoria < ai soggetti con HVR alta a livello del mare.
- Elevata risposta ventilatoria all' esercizio → SpO<sub>2</sub> ++ → performance++.
- Però i soggetti con elevata HVR a quote estreme possono andare incontro a lavoro respiratorio+++.
- Si verifica quindi uno “scambio” tra SpO<sub>2</sub>++ e Lavoro Respiratorio ++.



ALTITUDES

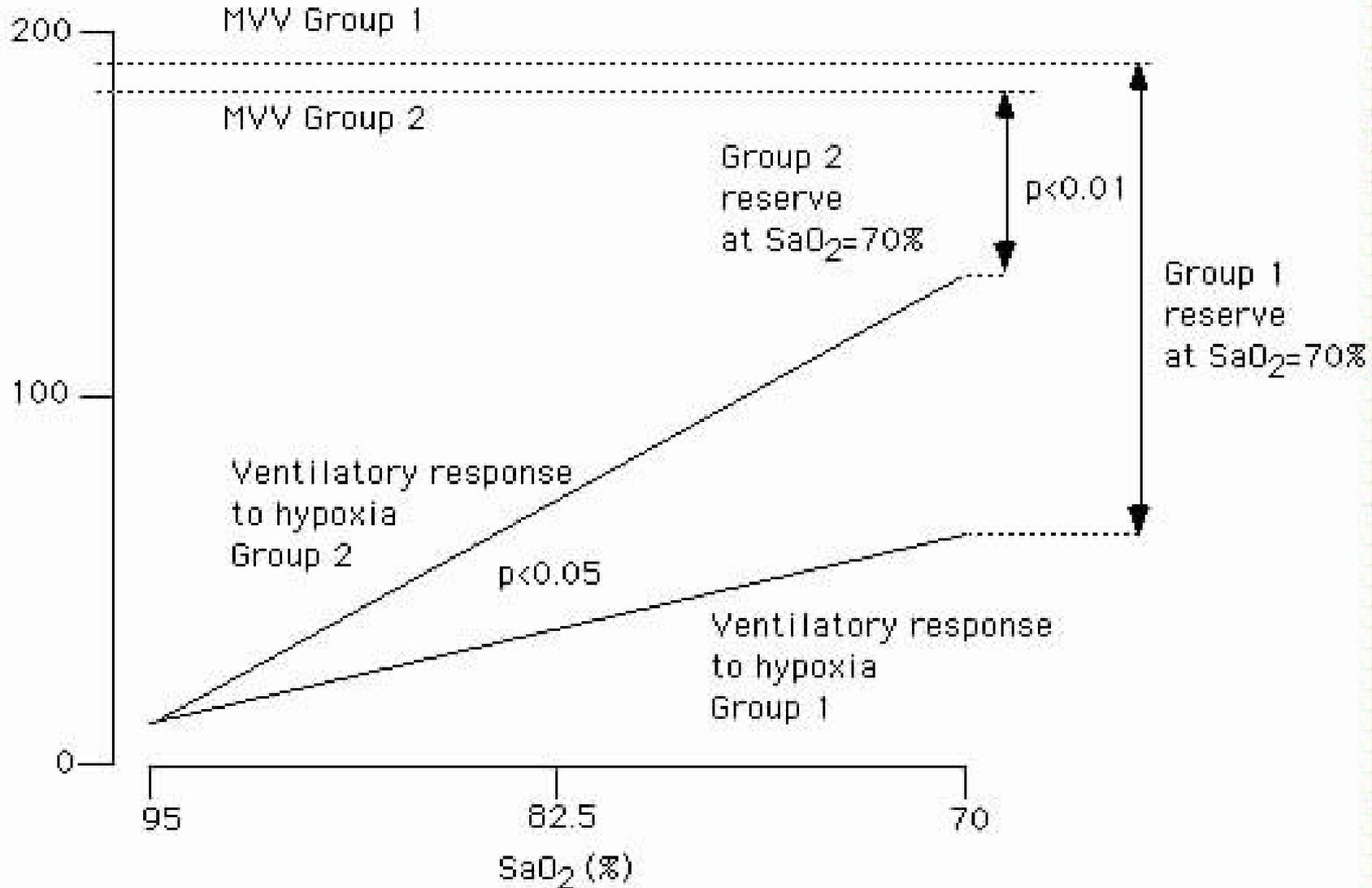


SUBJECTS



# Ventilatory Reserve

$V_m$  (L/min)



Nel grafico precedente sono riportati i dati di uno studio fatto sugli alpinisti che partecipavano alla spedizione Everest-K2 2004.

Gli alpinisti sono stati sottoposti a un test all'ipossia simulata fino a portare la saturazione di ossigeno ( $SaO_2$ ) al 70% ed è stata studiata la risposta ventilatoria.

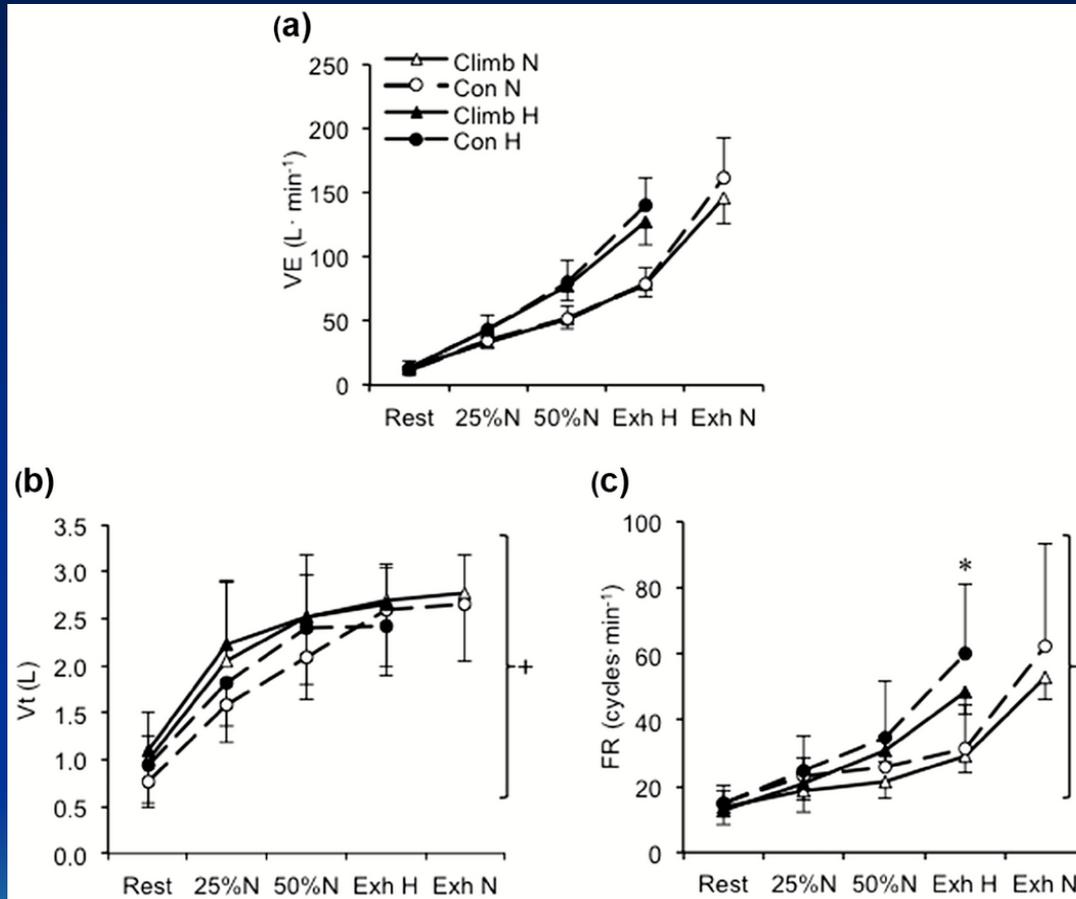
Successivamente sono stati suddivisi in 2 gruppi:

1. Hanno scalato Everest e/o K2 senza ossigeno
2. Hanno utilizzato ossigeno.

Chi ha dovuto utilizzare ossigeno o ha dovuto fermarsi a quote inferiori aveva una risposta ventilatoria elevata per cui raggiungeva quasi il proprio limite respiratorio come si evince dalla ridotta riserva ventilatoria.

Riserva Ventilatoria = differenza tra la massima ventilazione teorica e la massima ventilazione raggiunta durante esercizio. Da NON confondere con il volume residuo che è la quantità di aria che resta nel polmone al termine di una espirazione massimale

## Physiological characteristics of elite high-altitude climbers



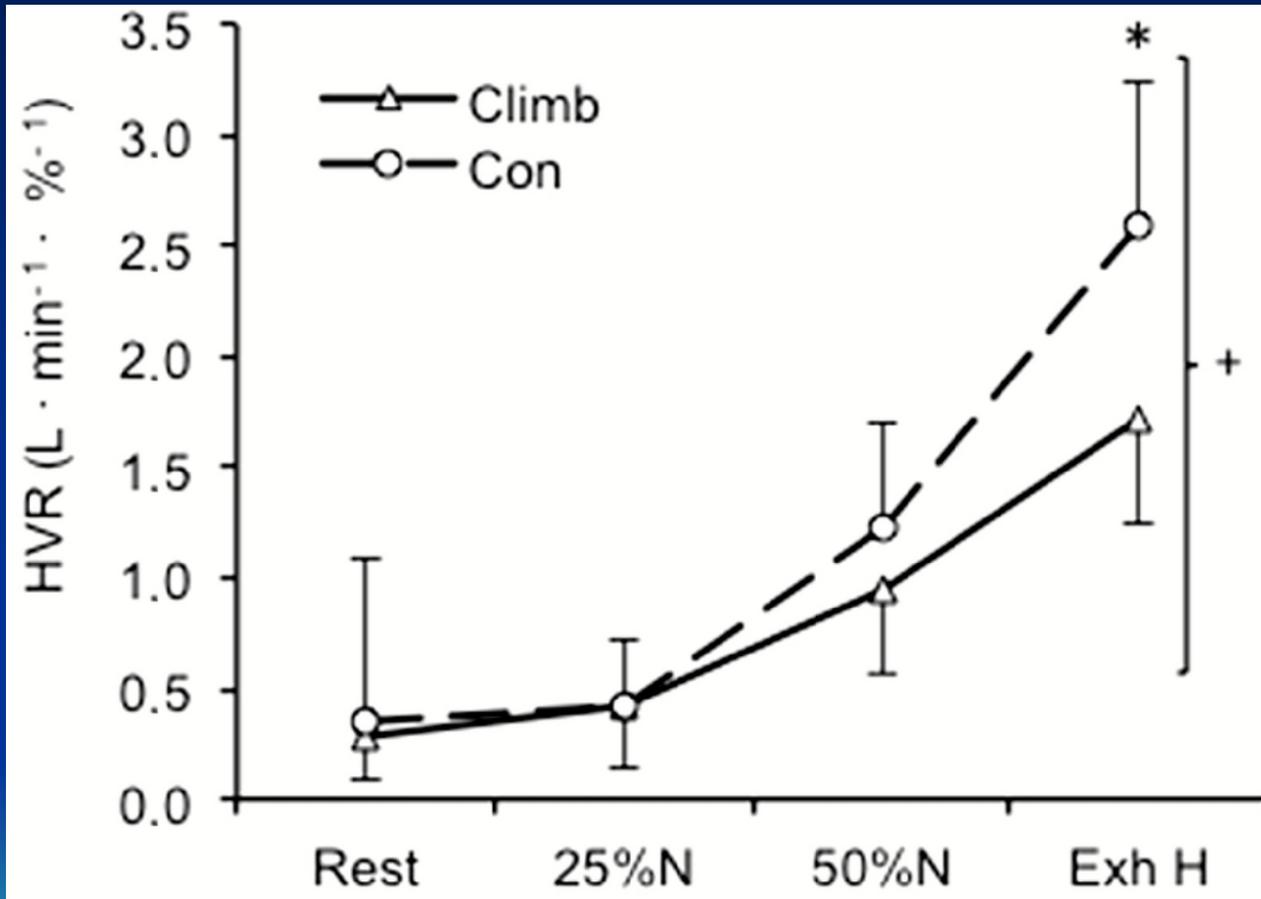
Confronto tra soggetti sani (Con) e alpinisti di elite (Climb), sottoposti a test da sforzo in normossia (N) e ipossia (H).

Si noti come l'incremento di ventilazione (VE) negli alpinisti sia < quello dei soggetti sani sia in normossia che in ipossia.

Ai carichi di lavoro più intensi, gli alpinisti di elite incrementano di meno la frequenza respiratoria e di più il volume corrente.

Nel grafico successivo si nota che la risposta iperventilatoria ipossica (HRV) è presente in ambedue i gruppi ma meno «vivace» negli alpinisti di elite.

## Physiological characteristics of elite high-altitude climbers



# Ventilatory Pattern and Thoraco-abdominal coordination



**Skyrunning involves running on mountain trails at an altitude >2000 m with ground slopes that can exceed 30%.**

**During exercise at altitude, ventilatory demands increase due to the combined effects of exercise and hypoxia.**

**We investigated the relationships between thoraco-abdominal coordination, ventilatory pattern, oxygen saturation ( $SpO_2$ ), and endurance performance in runners during high-intensity uphill exercise.**



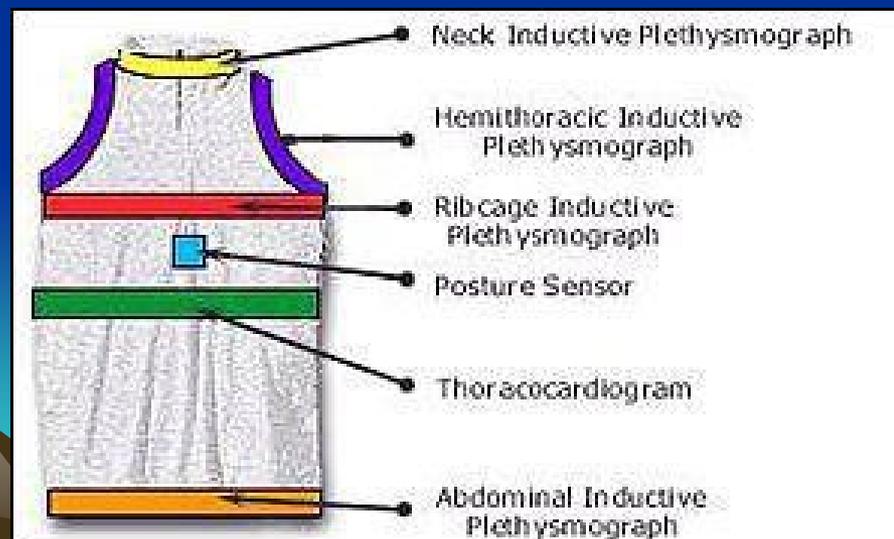


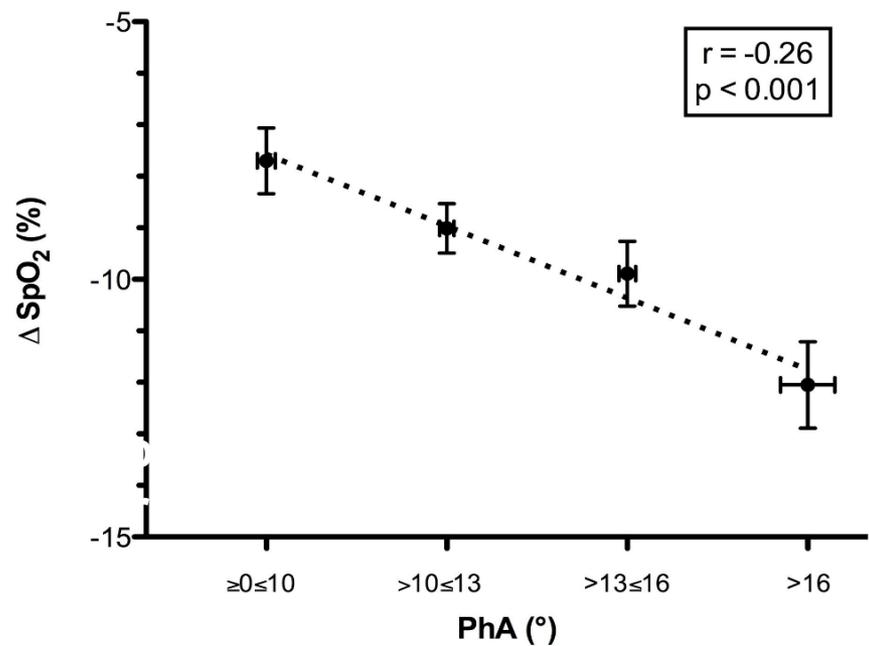
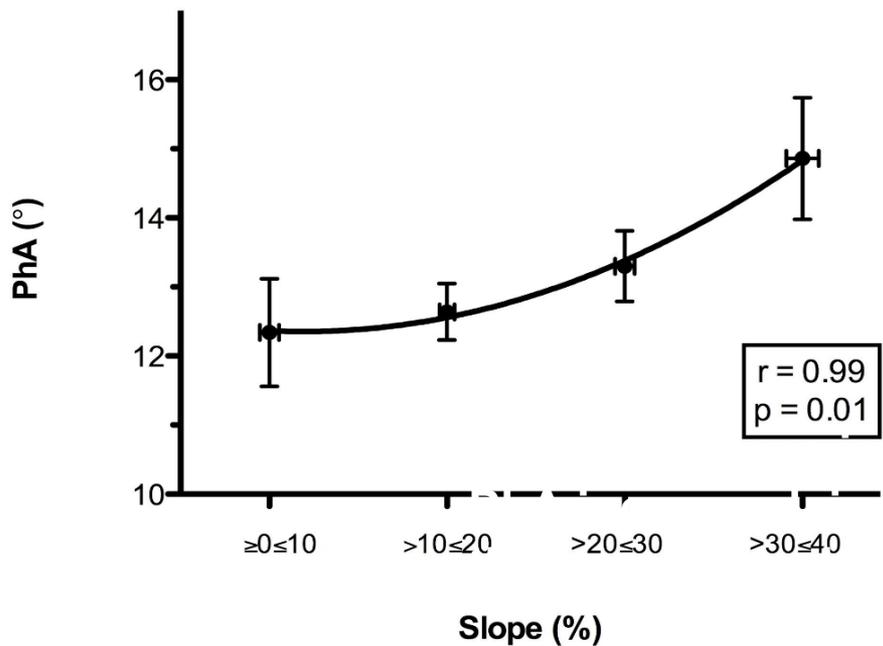
**Thirteen skyrunners (12 males, mean age  $42 \pm 9$  yrs) ran the Cervinia “Vertical Kilometre”, i.e., an uphill run involving a climb of about 1000 m with a slope greater than 30%.**

**The run was shortened to 794 m (from Cervinia, 2.030 m to a place slightly above Rifugio Oriondè, 2824 m, Italy) due to the presence of snow on the upper part of the trail. Along the route, the slopes varied from 2% up to 40% variably changing along the way. In fact, steep slopes are already situated at the beginning and not only at the end of the trail**

Athletes were outfitted with a portable respiratory inductive plethysmography system (Lifeshirt VivoMetrics; Ventura, CA) equipped with a finger pulse oximeter. The recorded data included changes in ventilatory pattern (VE, RR, VT and VE/VT ratio) and thoraco-abdominal coordination, which was expressed as the phase angle index (PhA)

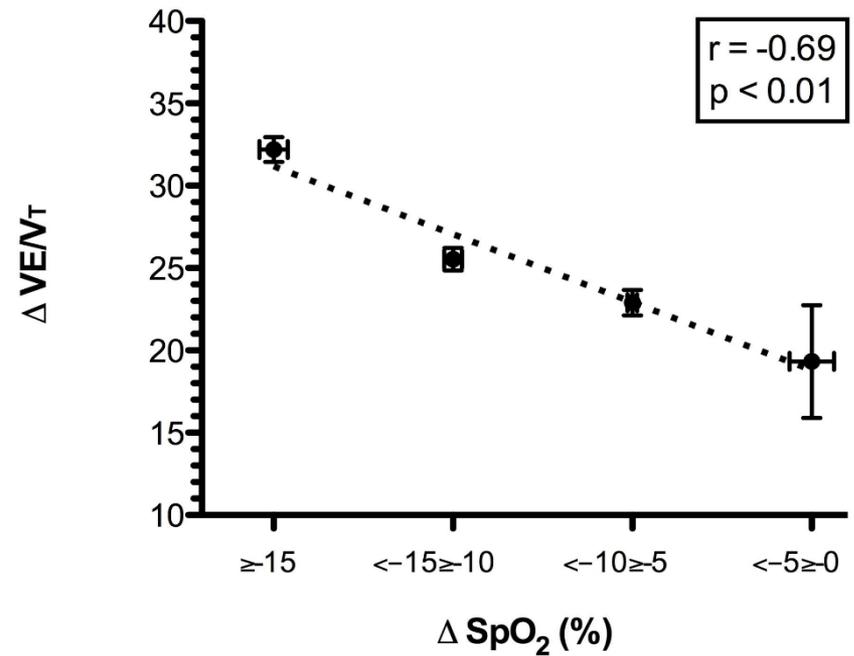
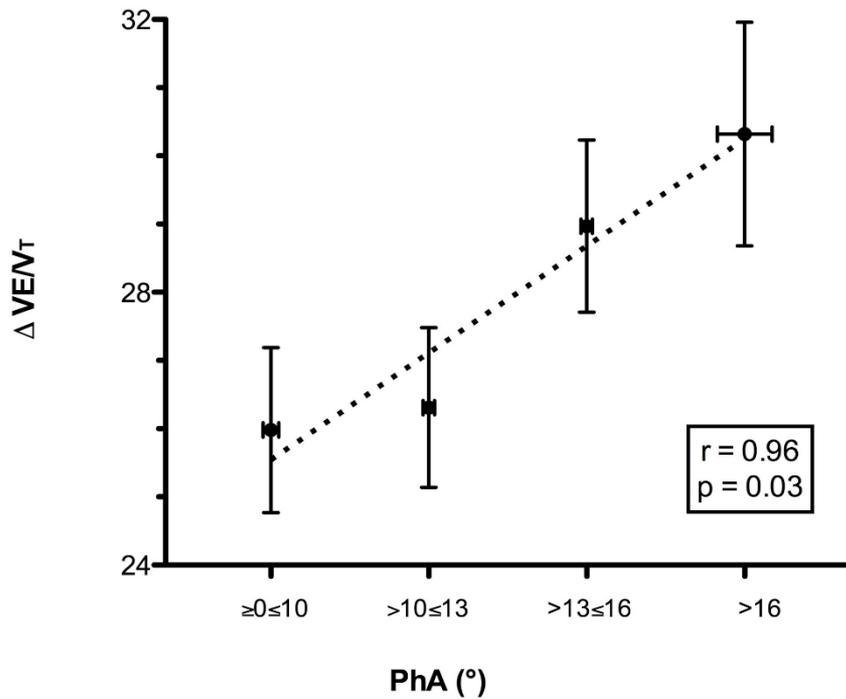
A GPS was positioned on the arm of the subjects to record the travelled path, the altitude, the slope and the horizontal speed





PhA ↑ Thoraco-abdominal coordination ↓

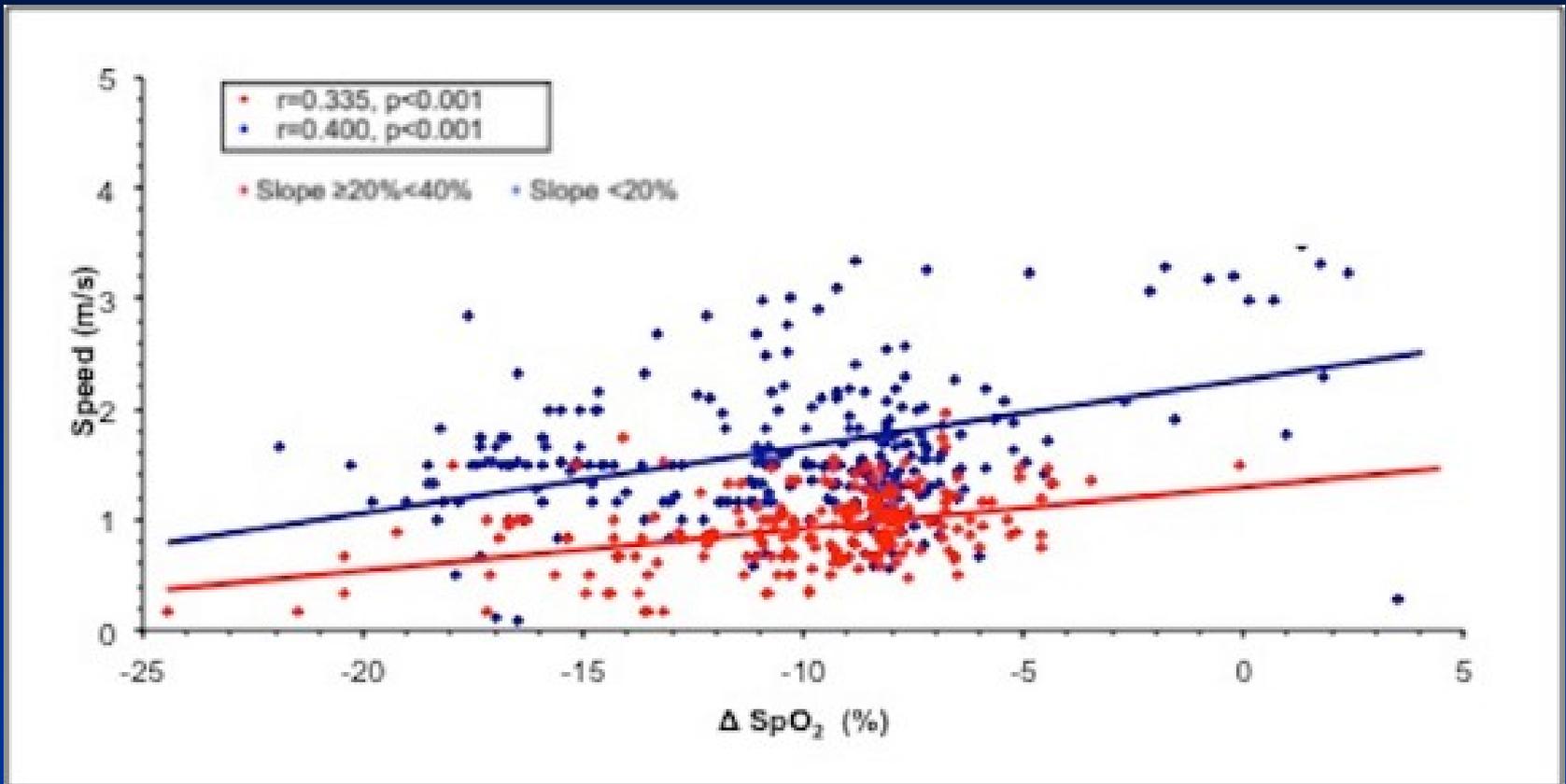
When the slope increased above 30%, PhA increased, indicating a reduction in thoraco-abdominal coordination, that was significantly related to reductions in SpO<sub>2</sub>



**VE/Vt = ventilatory pattern**

**The reduced thoraco-abdominal coordination led to reduced breathing efficiency (i.e., an increased VE/VT ratio) that was related to a decreased SpO<sub>2</sub>**





Lower  $\text{SpO}_2$  values were associated with lower speeds

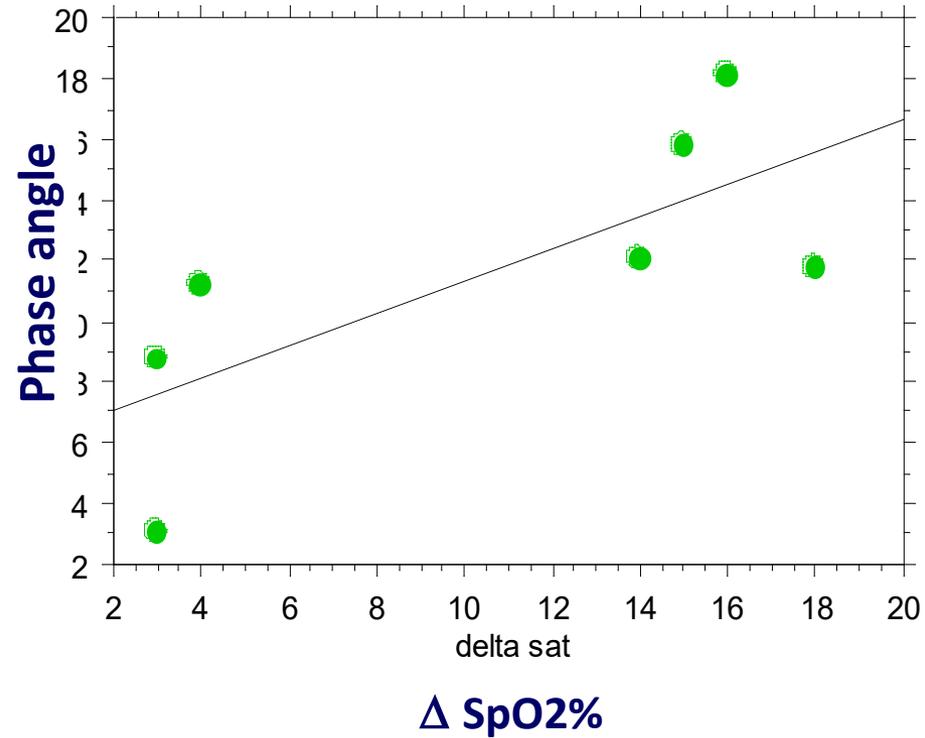
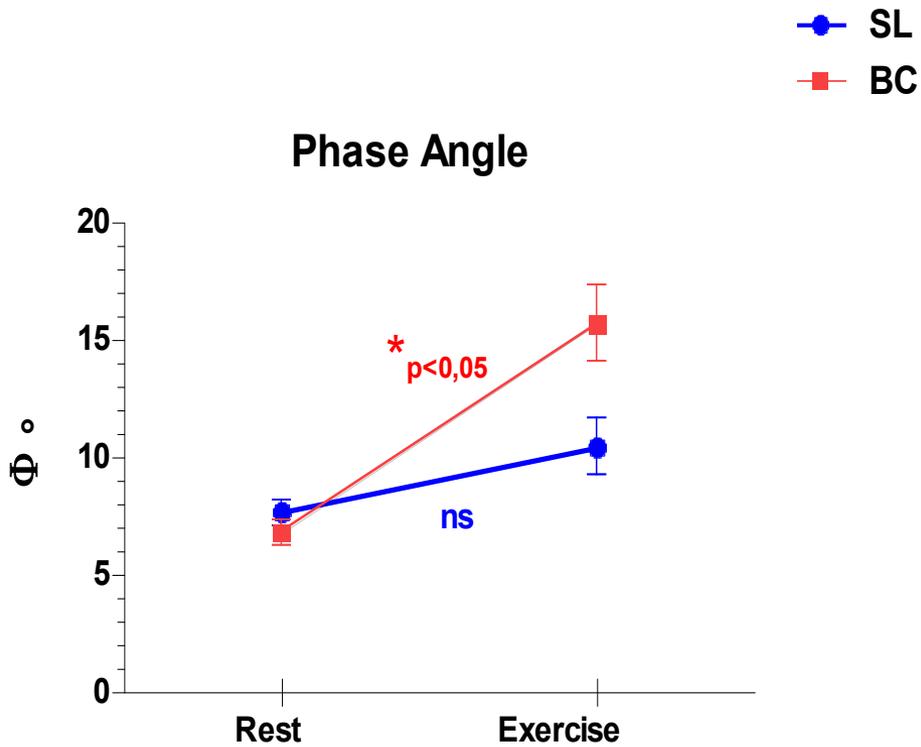
## 7 élite climbers (M age32-52)

1° day at the Everest North base Camp 5300m

They hiked along a standardized trail around the base camp. The speed, the slope and the difference in height were monitored by means of a GPS



*Pomidori L, Cogo A, work in progress*



**At HA:**  
 Significant correlation between  
 $\Phi$  and  $\Delta \text{SpO2\%}$  rest-exercise

$\Delta \text{SpO2\%} =$   
 $\text{SpO2 rest vs SpO2 exercise}$

# Conclusione

**Durante una corsa in montagna, la pendenza del terreno influisce negativamente sulla coordinazione toraco-addominale soprattutto quando la pendenza > 30%.**

**L'incremento di pendenza è correlato a una riduzione della SpO2 attraverso una modificazione del pattern ventilatorio verso un pattern meno efficiente.**

**Questi fattori influenzano negativamente la velocità.**

**DOMANDA: è possibile allenare il pattern ventilatorio?**



# Muscoli Respiratori

L' iperventilazione richiede un  $\uparrow$  lavoro della muscolatura respiratoria.

A livello del mare in soggetti sani, la fatica dei muscoli respiratori non sembra essere un fattore limitante l' esercizio (concetto attualmente in revisione).

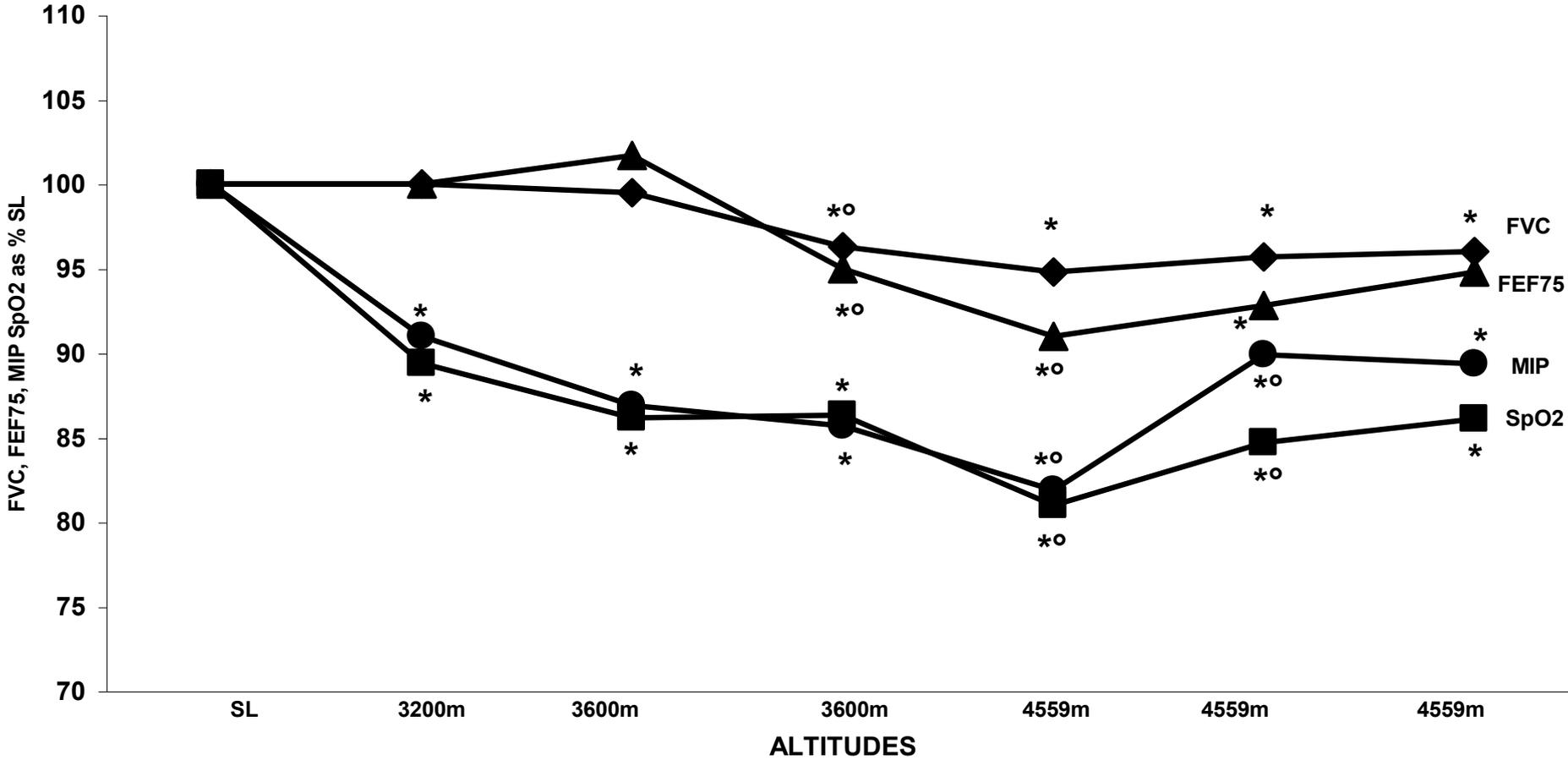
Ad HA l' esaurimento della pompa ventilatoria può essere un elemento limitante la durata di esercizio fisico intenso.

A 3300m l' ipossia accelera l' affaticamento diaframmatico da esercizio e ne rallenta il recupero (Eur Respir J 2001, 17: 674-680)



**Fig. 1 Oxygen saturation, MIP and respiratory function expressed as percentage of sea level values.**

\* p<0.05 as compared to sea level; ° p<0.05 as compared to the previous day value.



# Adattamenti Cardiovascolari



	Altitude m (feet)	Barometric pressure mmHg (Pa)	Equivalent FiO2
<b>Death Zone</b>			
	8000 (26000)	267 (36)	8%
<b>Extreme altitude</b>			
	5800 (19000)	363 (48)	10%
<b>Very High altitude</b>			
	4500 (14800)	462 (58)	12%
	3500 (11500)	493 (66)	14%
<b>High altitude</b>			
	2500 (8000)	560 (75)	15%
<b>Moderate altitude</b>			
	1500 (4900)	634 (85)	18%
<b>Low altitude</b>			
	0	760 (101)	21%

### Other environmental changes at altitude

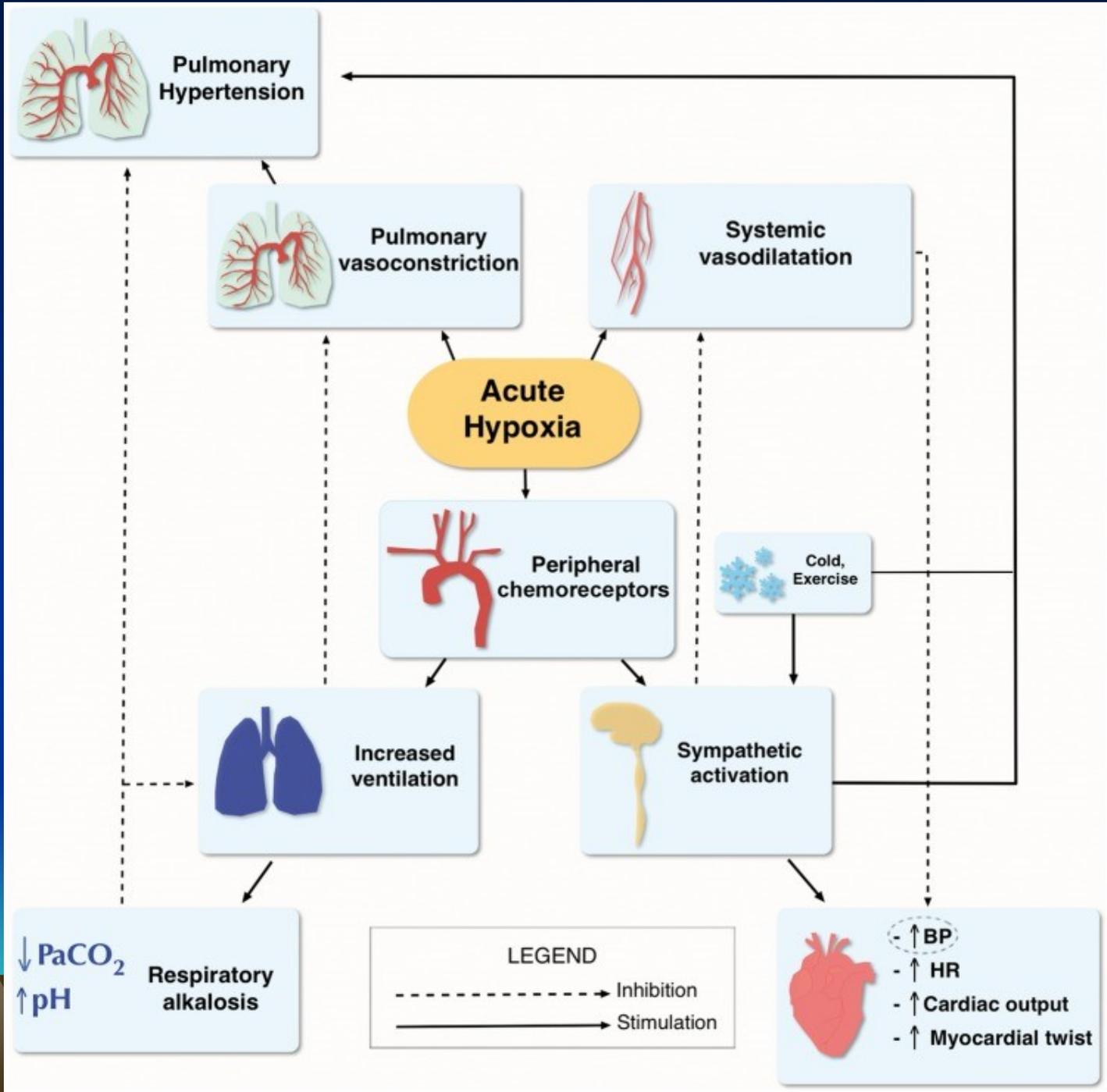
Temperature      Solar  
radiation      Air  
Humidity

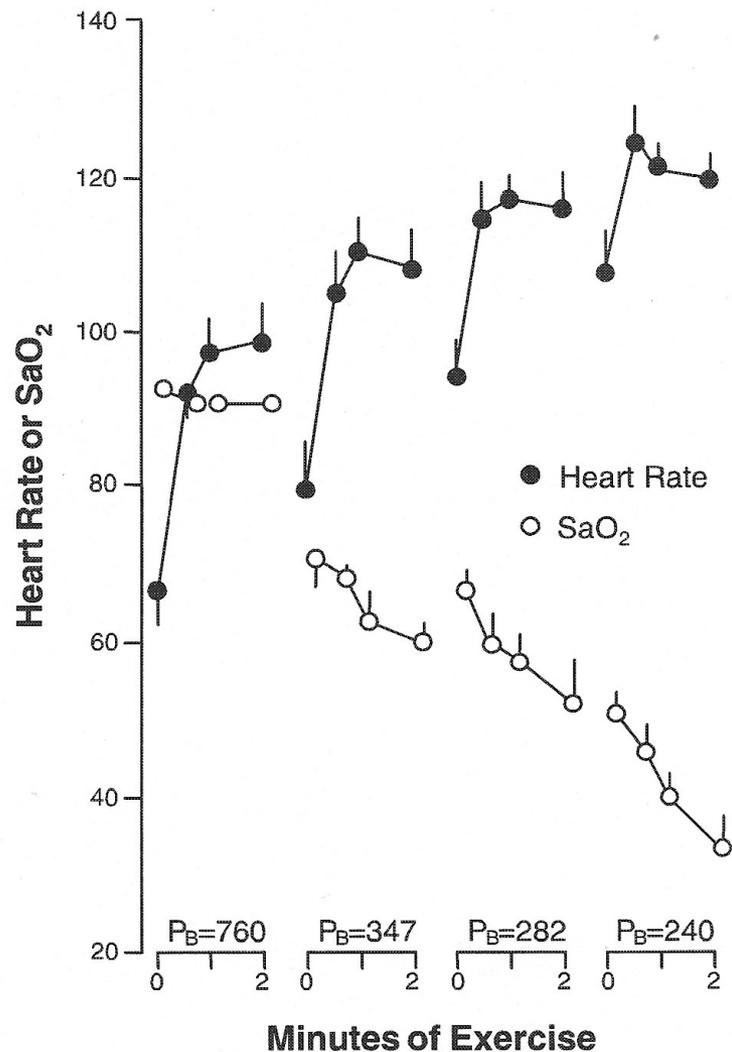
**High Altitude**

Lower      Higher      Lower

**Low Altitude**

Higher      Lower      Higher





**Figure 2.** Time course of 5 subjects at various barometric pressures of heart rate (filled circles) and O<sub>2</sub> saturation (SaO<sub>2</sub>) by ear oximeter (open circles) during exercise. Exercise intensities were 120 W for 3 subjects and 60 W for 2 subjects. Exercise intensity was reduced in 1 subject from 120 to 90 W at the highest altitude. Measurements are shown for barometric pressure (P<sub>B</sub>) 760 (sea level), 347 (6100 m), 282 (7620 m), and 240 Torr (8840 m, summit of Mount Everest). Figure adapted from Reeves et al<sup>11</sup> with permission of the American Physiological Society. Copyright 1987, The American Physiological Society.

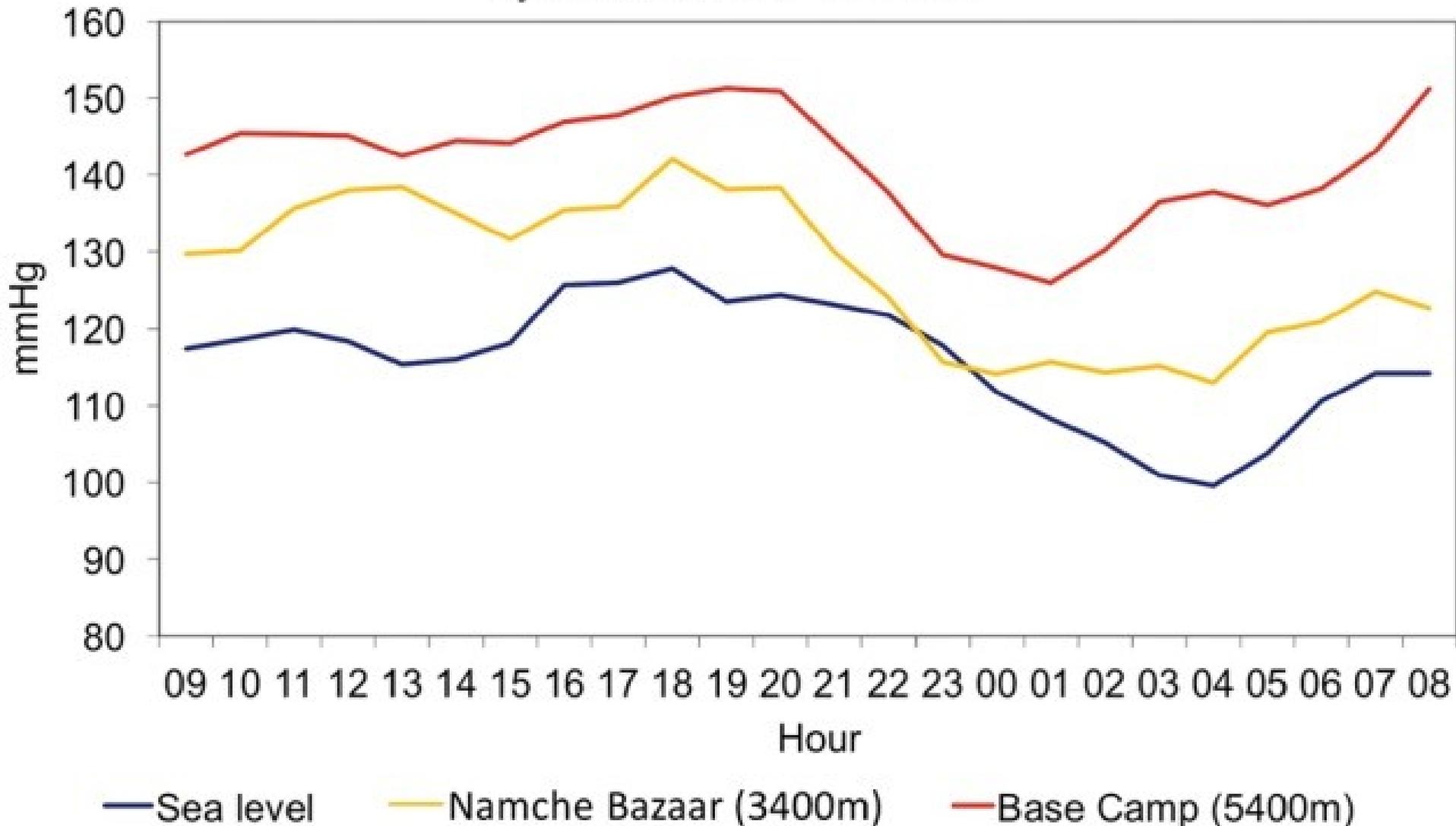
L'esposizione a ipossia acuta induce nei primi giorni un incremento:

della Frequenza Cardiaca, sia a riposo sia durante esercizio (alla stessa intensità);

della contrattilità del miocardio;

della portata cardiaca.

# Systolic Blood Pressure



— Sea level      — Namche Bazaar (3400m)      — Base Camp (5400m)

L'esposizione acuta all'ipossia produce inizialmente una vasodilatazione che può anche lievemente ridurre la pressione ma dopo poche ore questo è controbilanciato dall'incremento dell'attività simpatica. Si ha quindi un incremento della PA proporzionale all'altitudine e più evidente di notte. Si attenua quindi la riduzione della PA durante il sonno.

# PERFORMANCE in QUOTA

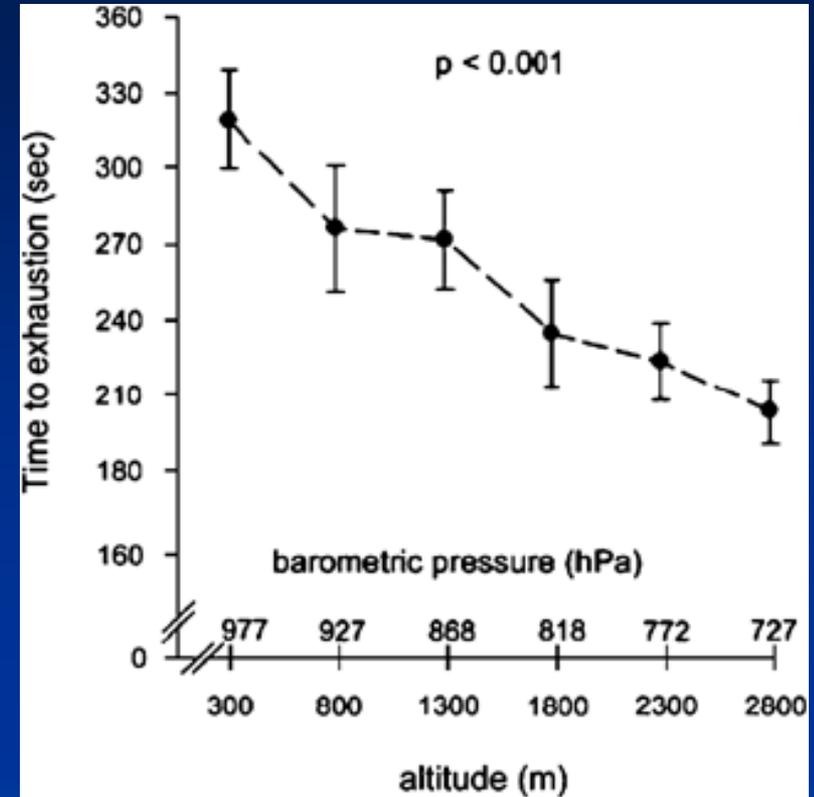
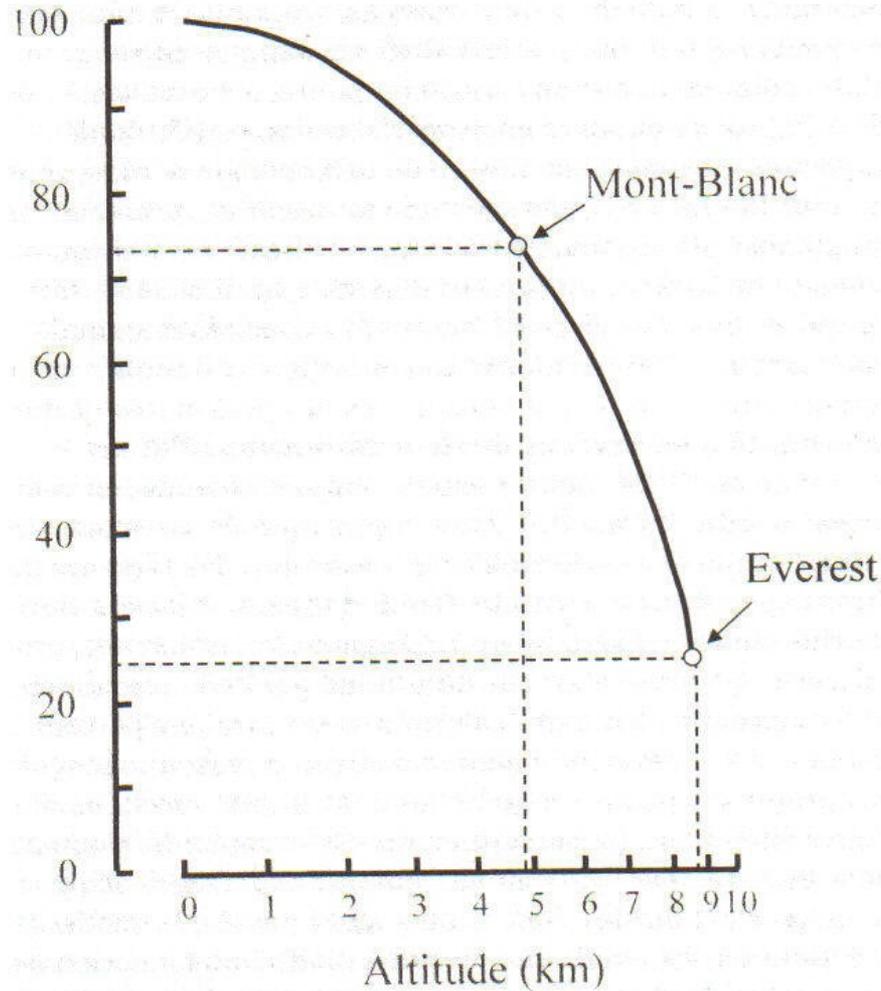
Con l'esposizione all'alta quota si ha un'immediata riduzione di  $VO_2\text{max}$ ,  $\sim 10\%$  ogni 1000m di quota a partire dai 1500-2000m.

Sulla cima dell'Everest la massima capacità aerobica è del 25% rispetto al livello del mare



*La puissance maximale aérobie (VO<sub>2</sub>max)  
diminue avec l'altitude*

VO<sub>2</sub> max (% niveau de la mer)



# PERFORMANCE in QUOTA

a 2000m almeno 2-3 giorni di acclimatazione

1500m 76mmHg

2000m 70mmHg

2500m 64mmHg

3000m 60mmHg

Perdita di VO<sub>2</sub>max

1200m -4 -10%

1800m -10 -13%



**Durante esposizione all' altitudine (acuta > cronica) per lo stesso carico di lavoro la ventilazione è maggiore, la frequenza cardiaca è maggiore ed un atleta può percepire un determinato sforzo come più faticoso.**

**Quanta acqua perdiamo con la ventilazione durante esercizio fisico in altitudine?**

**Nel 1964 Griffith Pugh (fisiologo britannico che contribuì al successo della spedizione all'Everest del 1953), calcolò che durante esercizio a 5500m perdiamo circa 2.9gr di acqua per 100 litri di ventilazione il che corrisponde a circa 200ml di acqua all'ora per un esercizio moderato.**



# VO<sub>2</sub>max in Ipossia

Camera Ipobarica

Miscele Ipossiche

Esposizione acuta “sul campo”.

Per altitudini < 3000m la riduzione percentuale di VO<sub>2</sub>max rispetto al controllo in normossia è in ipossia acuta > ipossia cronica.

a 2000m 5-10%

a 5000m 30-35%

a 6500m 50%

a 7400m 70%

# QUOTE SIMULATE DA DIVERSE FIO2

FIO2	QUOTA (m)
18%	1200
17%	1600
16%	1950
15%	2500
14%	3000
13%	3900
12%	4200

# PERFORMANCE in QUOTA

## VELOCITA' di CORSA km/ora

Slm	20	100%
2240m	18,8	93%
4300m	14,4	72%
5200m	12,5	62%

# PRESTAZIONE ATLETICA e ALTITUDINE

La resistenza opposta dall'aria (D) si riduce proporzionalmente alla riduzione della PB.

Il risultato di alcune prestazioni è quindi suscettibile di miglioramento.

Per le prestazioni protratte, specie quelle aerobiche, il vantaggio che deriva dalla riduzione di D è più che compensato dallo svantaggio dovuto alla ↓ di  $VO_2\text{max}$ .



# IPOBARIA e PRESTAZIONE ATLETICA

- ✓ A parità di Temperatura a 2500m  $D = 0,75$  di quella misurata a livello del mare (slm).
- ✓ L' aliquota di potenza necessaria per vincere la resistenza dell' aria in quota è  $< \text{slm}$ , = maggiore frazione della potenza totale sviluppata dai muscoli può essere impiegata per la locomozione.
- ✓ Il risultato di alcune prestazioni è quindi suscettibile di miglioramento.
- ✓ La max potenza sviluppabile  $\downarrow ++$  e non è compensata, ai fini della prestazione, dalla riduzione della potenza necessaria a vincere  $D$ .



# IPOBARIA e PRESTAZIONE ATLETICA

Solamente nel caso della corsa dei 100 e 200 m dove una riduzione di  $VO_2\text{max}$  non comporta conseguenze significative sulla prestazione, la riduzione di D può portare ad un lieve miglioramento di quest' ultima. Lo stesso si può affermare per salti in estensione (in lungo e triplo) e per lanci nelle quali le sorgenti energetiche sono per lo più anaerobiche e la progressione del corpo e dell' attrezzo sportivo nell' aria trae vantaggio dalla ridotta D.



# IPOBARIA e PRESTAZIONE ATLETICA

Per le prestazioni protratte, specie quelle aerobiche, il vantaggio che deriva dalla riduzione di  $D$  è più che compensato dallo svantaggio dovuto alla  $\downarrow$  di  $VO_2\text{max}$ .

Fanno eccezione le prestazioni in cui l' aliquota di potenza necessaria per vincere  $D$  è molto elevata a causa dell' elevata velocità di spostamento del corpo.



# IPOBARIA e PRESTAZIONE ATLETICA

**Ad esempio nelle gare ciclistiche grazie all'uso di attrezzi adeguati il guadagno dal punto di vista della resistenza dell'aria può eccedere la perdita di  $VO_2\text{max}$  fino ad un'altezza di 3500m.**



# MIGLIORAMENTO CALCOLATO

a 2500m per la ↓ PB

Corsa 100m

0,19 sec

Lancio del peso

0,06 m

Lancio del disco

1,62 m

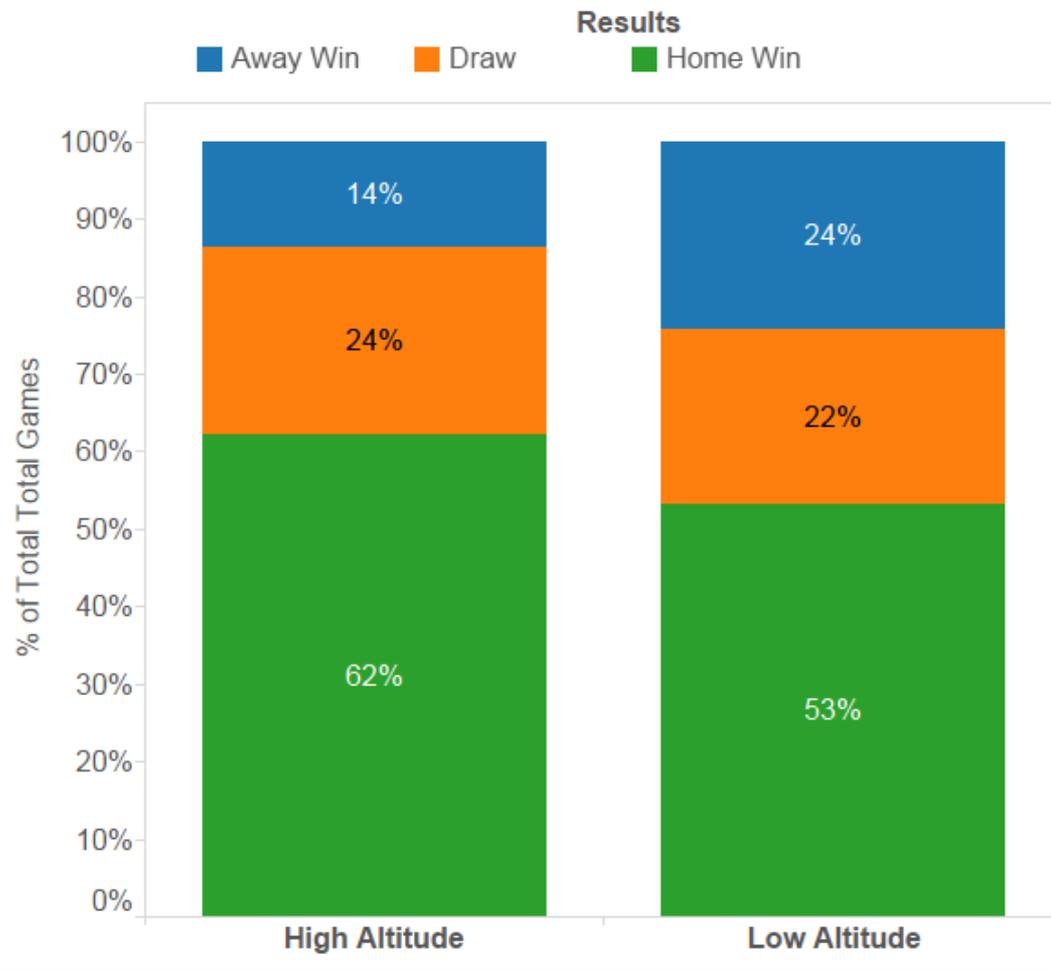
Lancio del martello

0,53 m

Lancio giavellotto

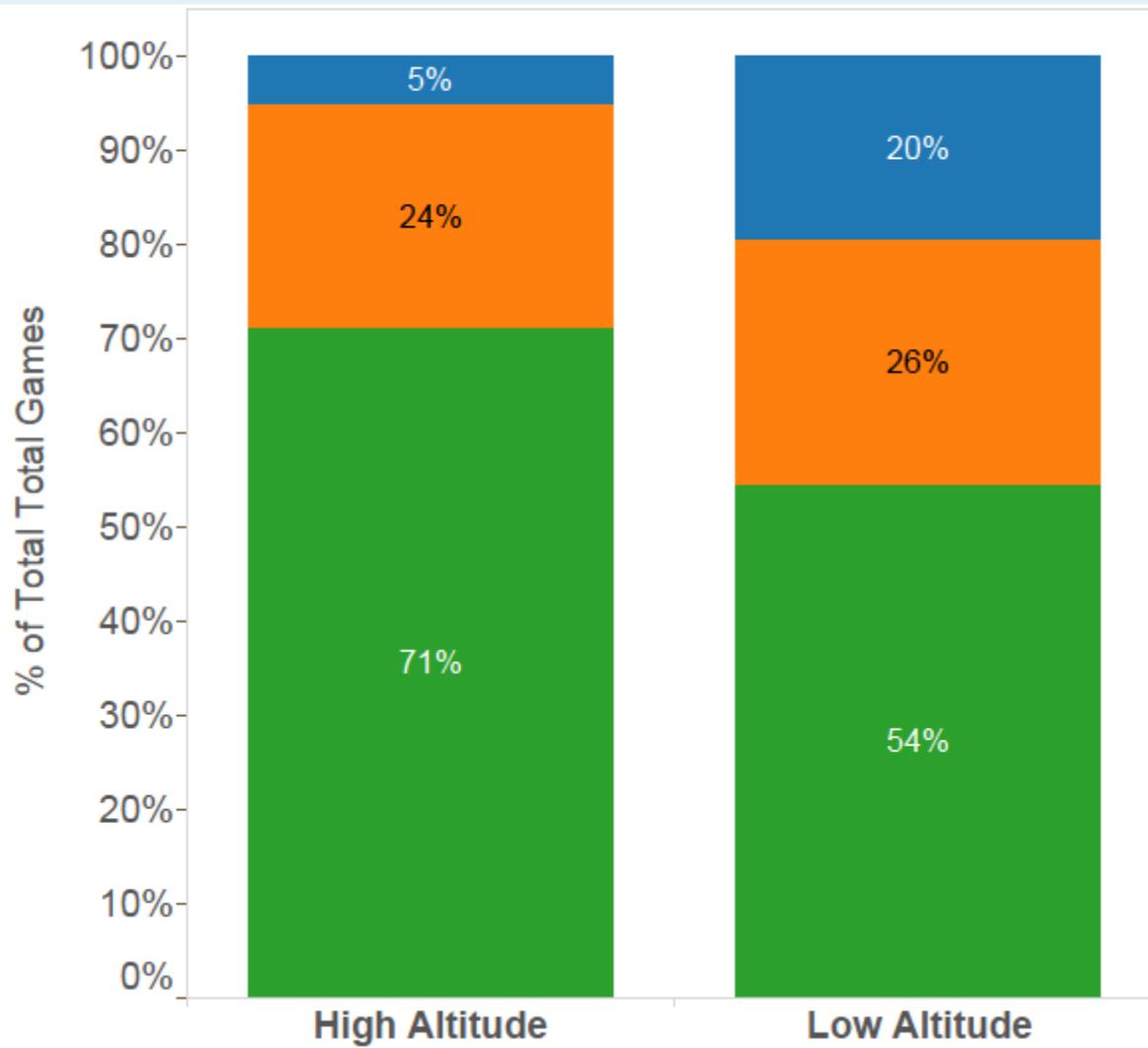
0,69 m

## Result Distribution Copa Libertadores - Plot 1





### Result Distribution Conmebol (Bolivia Removed) - Plot 3





Bolivia

6-1

Finale

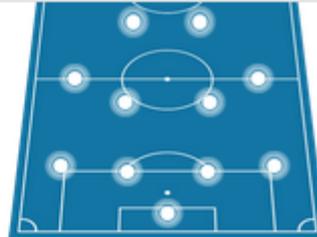


Argentina

Bolivia

Undici Iniziali: 4-4-2

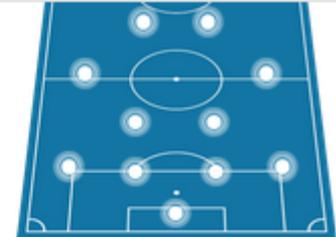
Porta	Carlos Arias
Difesa	Juan Manuel Peña, Luis Gatty Ribeiro, Ronald Rivero
Centrocampo	Abdón Reyes, Alex da Rosa, Leonel Reyes, Ronald García, Didi Torrico
Attacco	Joaquín Botero, Marcelo Moreno
Allenatore/I	Erwin Sánchez



Argentina

Undici Iniziali: 4-4-2

Porta	Juan Pablo Carrizo
Difesa	Martin Demichelis, Gabriel Heinze, Emiliano Papa, Javier Zanetti
Centrocampo	Fernando Gago, Javier Mascherano, Lucho González
Attacco	Maxi Rodríguez, Carlos Tévez, Lionel Messi
Allenatore/I	Diego Maradona



## GOL



**Marcelo Moreno**, Destro, 6<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Joaquín Botero**, Passaggio, 1<sup>o</sup> assist nel torneo



1:0



1:1



**Lucho González**, 1<sup>o</sup> rete nel torneo  
Assist: **Fernando Gago**, Passaggio, 2<sup>o</sup> assist nel torneo



**Joaquín Botero**, Rigore, 6<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Alex da Rosa**, Rigore: fallo ai danni di



2:1



**Alex da Rosa**, Colpo di testa, 1<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Joaquín Botero**, Cross, 2<sup>o</sup> assist nel torneo



3:1



**Joaquín Botero**, Colpo di testa, 7<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Marcelo Moreno**, Cross, 2<sup>o</sup> assist nel torneo



4:1



**Joaquín Botero**, Sinistro, 8<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Ronald García**, Passaggio, 2<sup>o</sup> assist nel torneo



5:1



**Didi Torrico**, Tiro dalla distanza, 1<sup>a</sup> rete nel torneo  
Assist: **Joaquín Botero**, Passaggio, 3<sup>o</sup> assist nel torneo



6:1



# Bolivia-Argentina 6-1: un'umiliazione per Maradona&Co. che fa male come cadere da 3600 metri

Di [Antonio D'Avanzo](#)

giovedì 2 aprile 2009



# Il Viagra non serve all'Argentina: la Bolivia vince 2-0



*Una fase della gara di La Paz (reuters)*

Secondo la stampa argentina, i giocatori della Selección a La Paz si sono aiutati con il farmaco per combattere l'altitudine. Effetti scarsi però, vista la netta vittoria dei padroni di casa che complica il cammino verso il Mondiali della squadra di Bauza

Attiva Window  
Passa a Impostazio



