

# Effetti dell'altitudine su cuore, polmone e circolazione



*Marina Tricoli, ASD 6 Palermo*

*Sestriere 28*

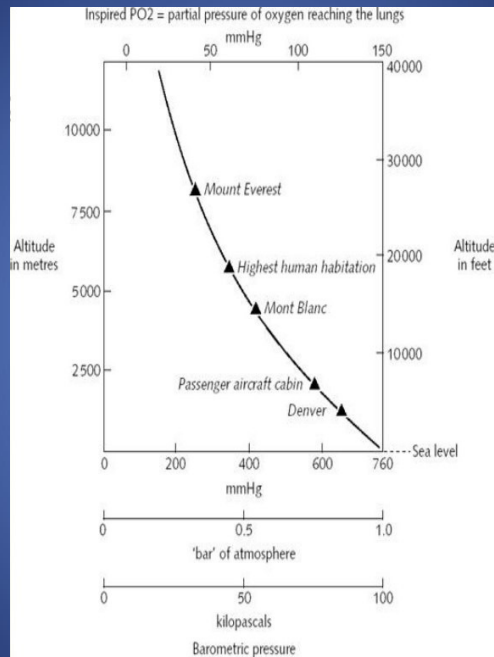
## A livello del mare.....

La pressione barometrica è 760 mmHg  
La pressione parziale di O<sub>2</sub> dell'aria è 159 mmHg

## Aumentando l'altitudine....

La pressione barometrica e la pressione parziale di O<sub>2</sub> si riducono progressivamente

**IPOSSIA IPOBARICA**



## Perché è importante la Pressione parziale di O<sub>2</sub> nell'aria inspirata???

Il trasferimento di O<sub>2</sub> ai tessuti avviene attraverso tre step:

**ARIA → POLMONI → SANGUE → TESSUTI**

Il drive principale di questo trasferimento è la PO<sub>2</sub> nell'aria inspirata, che si modifica con l'altitudine.

Pertanto a diversi livelli di altitudine corrispondono diverse percentuali di saturazione dell'emoglobina, che trasporta il 97% di O<sub>2</sub> presente nel sangue.

## Common hypoxia effects with different altitudes:

ALTITUDE LEVEL	INSPIRED AIR PO <sub>2</sub>	Hb-SATURATION	EFFECTS
In feet (metre)	In mm of Hg	in %	Stages (if any)
0 (i.e.sea-level)	160	~ 97 %	NIL
Upto 10,000 (3,000)	110	~ 90 %	Usually none, +/- some nocturnal visual reduction (of indifference)
10,000 – 15,000 (3,000 – 4,500)	98	~ 80 %	Mod. Hypoxic symptoms → Drowsiness, headaches, Mental and muscle fatigue
15,000 – 20,000 (4,500 – 6,000)	70	< 70 %	Severe hypoxic symp → aggravated CNS involvement Seizures and muscle twitching
Above 20,000 & onwards	Further falls	below 60 %	Unconsciousness & alarming deterioration → survival impossible without supplemental O <sub>2</sub> (critical survival altitude)

La % di saturazione di ossigeno normale è del 97%

Diventa patologico sotto il 90%

## I sintomi dell'ipossia ipobarica dipendono:

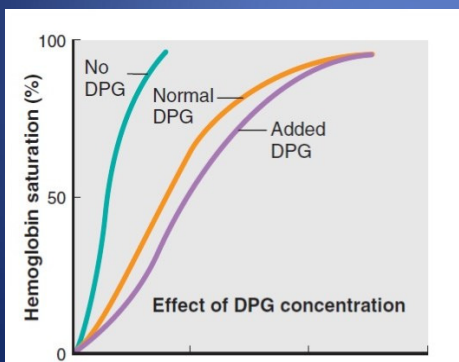
- Dall'altitudine raggiunta
- Dalla rapidità di ascesa
- Dal tempo di permanenza in altitudine, e quindi durata dello stress ipossico
- Dalle caratteristiche razziali e individuali

che condizionano un'adeguata attivazione dei meccanismi di compenso dell'organismo a livello:

1. cardiovascolare,
2. polmonare,
3. renale,
4. periferico.

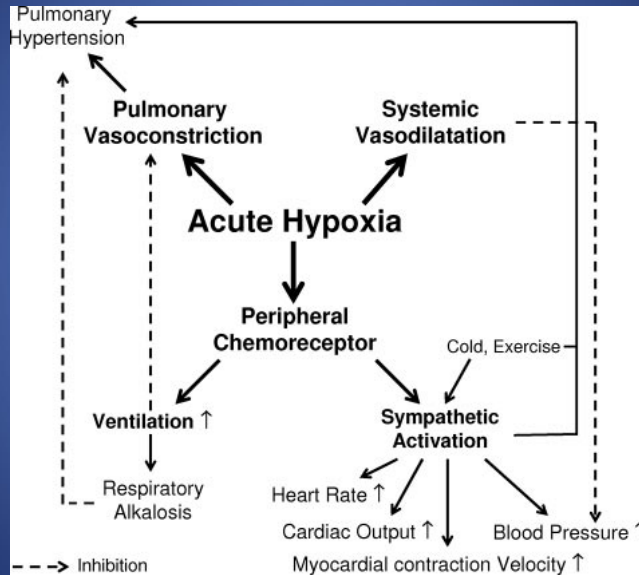
Fino ad un'altitudine di **2500-3000 m**, come abbiamo visto, la saturazione dell'emoglobina è circa 90%.

In queste condizioni non intervengono particolari meccanismi di compenso ad eccezione dello spostamento a destra della curva di dissociazione dell'emoglobina (**effetto Bohr**)

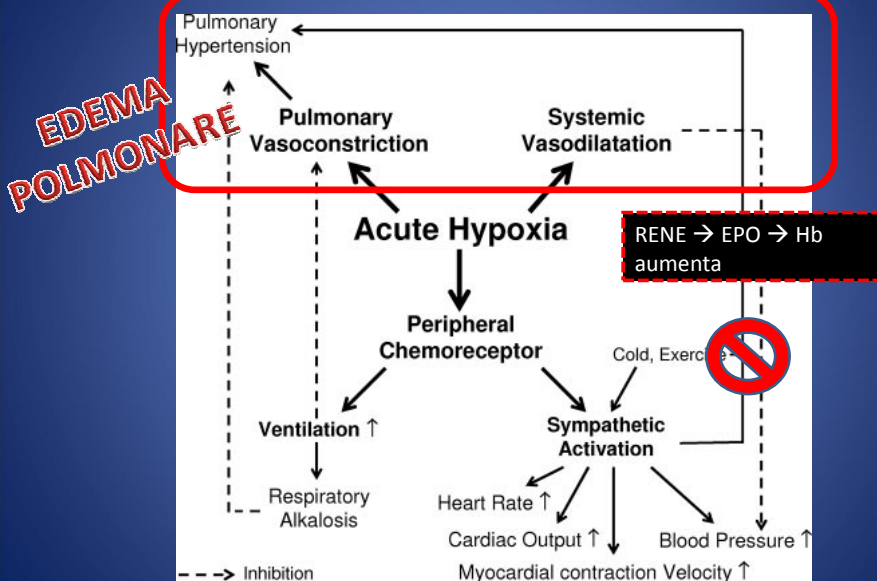


- Aumento Hb deossigenata
- Aumento locale del pH
- Aumento del 2,3 DPG
- Diminuzione affinità di O<sub>2</sub> per Hb
- Aumento del rilascio di O<sub>2</sub> e della sua tensione a livello tissutale

Al di sopra di 2500-3000 m, la risposta all'ipossia è molto più complessa:

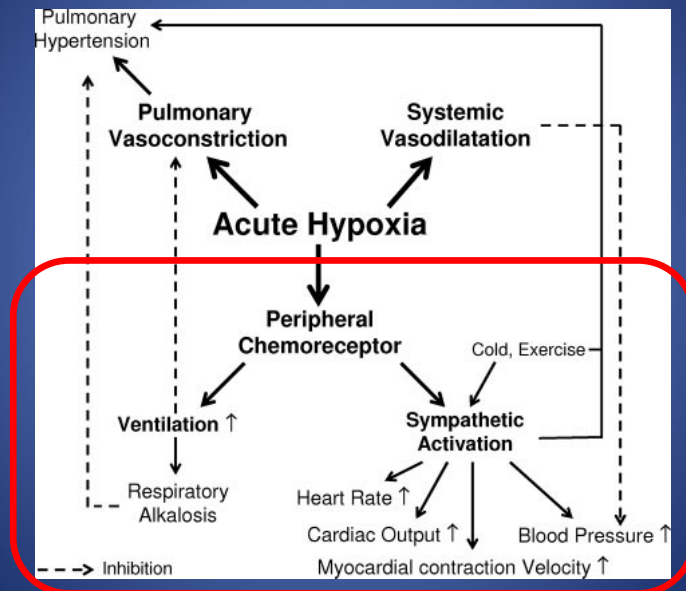


Al di sopra di 2500-3000 m, la risposta all'ipossia è molto più complessa:





*Al di sopra di 2500-3000 m*, la risposta all'ipossia è molto più complessa:



Riassumendo:

### **Pressione Arteriosa**

*Nelle prime ore di esposizione all'ipossia* → La vasodilatazione ipossica si compensa con la vasocostrizione sistemica simpatica, e dunque la PAO non varia

*Nelle settimane successive* → la vasodilatazione diretta si riduce e prevale la vasocostrizione simpatica; si assiste ad un aumento della PAO, soprattutto della diastolica.

## Frequenza Cardiaca:

La stimolazione simpatica determina un aumento a riposo e per ogni carico sottomassimale, rispetto al livello del mare

Tuttavia la frequenza cardiaca *massima* si riduce rispetto ai valori a livello del mare, per stimolazione vagale.

Tali effetti rimangono per qualche settimana dopo il ritorno a livello del mare.

## Stroke Volume:

Si riduce a causa della riduzione del ritorno venoso:

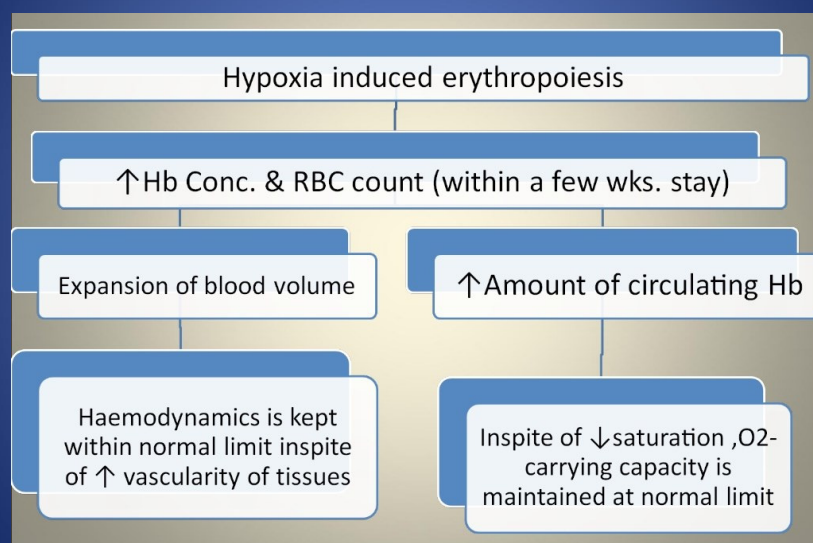
- Aumento dell'ormone natriuretico
- Riduzione aldosterone
- Aumento della diuresi
- Riduzione volume plasmatico
- Riduzione PTD ventricolo sinistro (legge di Starling)

## Portata Cardiaca:

Inizialmente aumenta, per aumento della FC;  
Successivamente diminuisce a causa della  
riduzione dello stroke volume.

La Portata Cardiaca *massimale* si riduce, per  
riduzione della FC massimale.

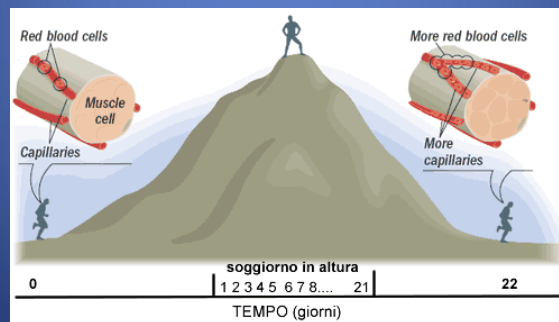
## Kidney in Hypoxia Physiological Polycythemia: *EPO* incretion





Col passare del tempo, 2-3 settimane, tali modificazioni tendono ad attenuarsi per il miglioramento del trasporto e della cessione di O<sub>2</sub> ai tessuti.

Infatti l'iperventilazione e l'aumento dell'emoglobina ad opera dell'eritropoietina e il reclutamento di nuovi vasi a livello muscolare (riserva del 75%) aumentano la disponibilità di O<sub>2</sub> a livello tissutale



L'adattamento all'altitudine mediante queste articolate e complesse risposte del sistema cardiovascolare, polmonare e anche renale e periferico, rappresenta soltanto un'aspetto del rapporto tra uomo e altitudine.

- Va presa in considerazione anche la presenza di eventuali patologie che possono inficiare l'acclimatazione;
- Vanno prese in considerazione le differenze individuali e razziali;
- Va preso in considerazione lo svolgimento di attività fisica strenua a grandi altezze come l'alpinismo;
- Va infine considerato il crescente interesse per le metodologie di allenamento in altura o in condizioni che la simulano.

*Ma questi sono altri capitoli!!!*

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**

