

Bioenergetica e fisiologia dell'esercizio

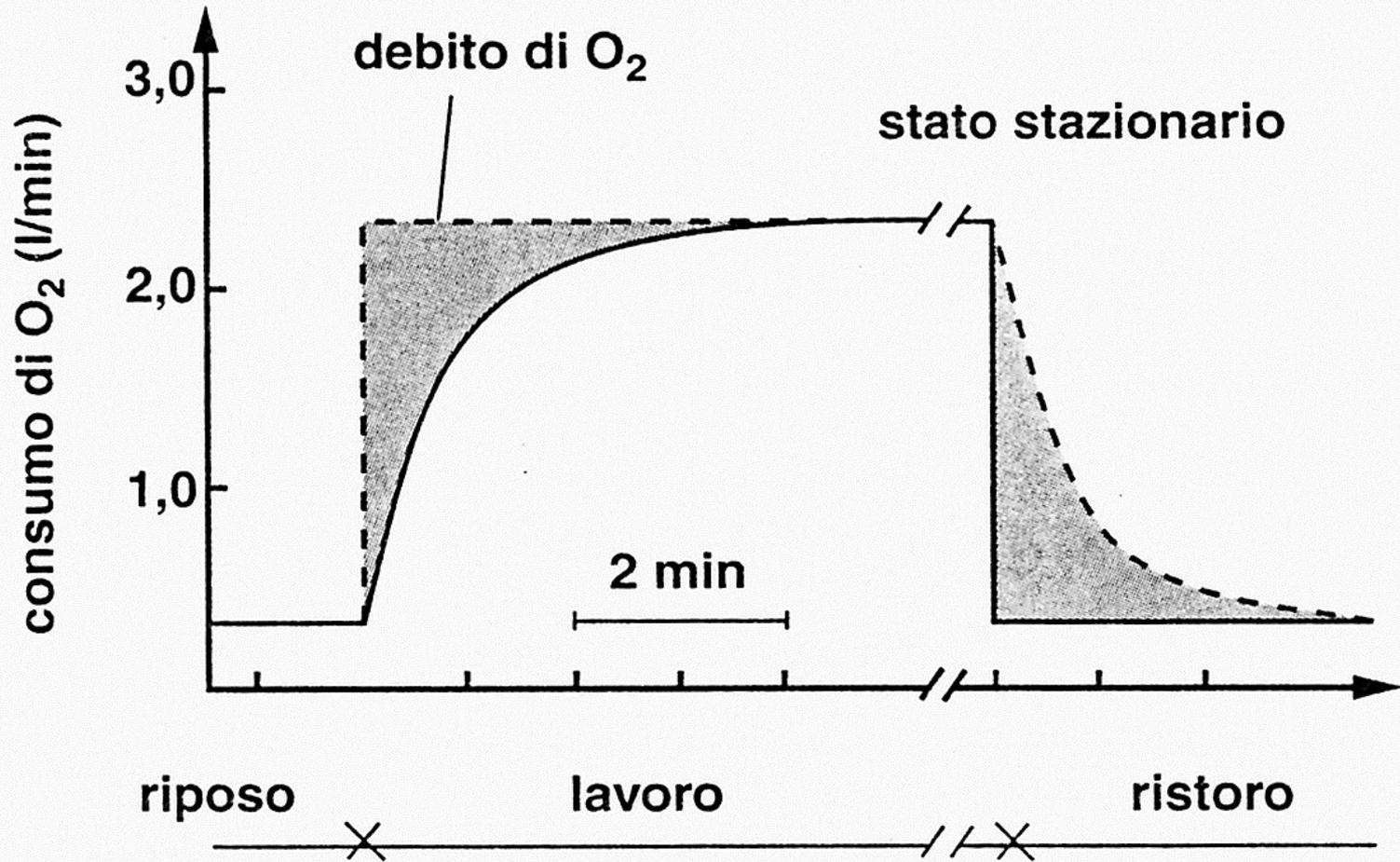
Risposte Cardiovascolari all'Esercizio Muscolare

FGE aa.2015-16

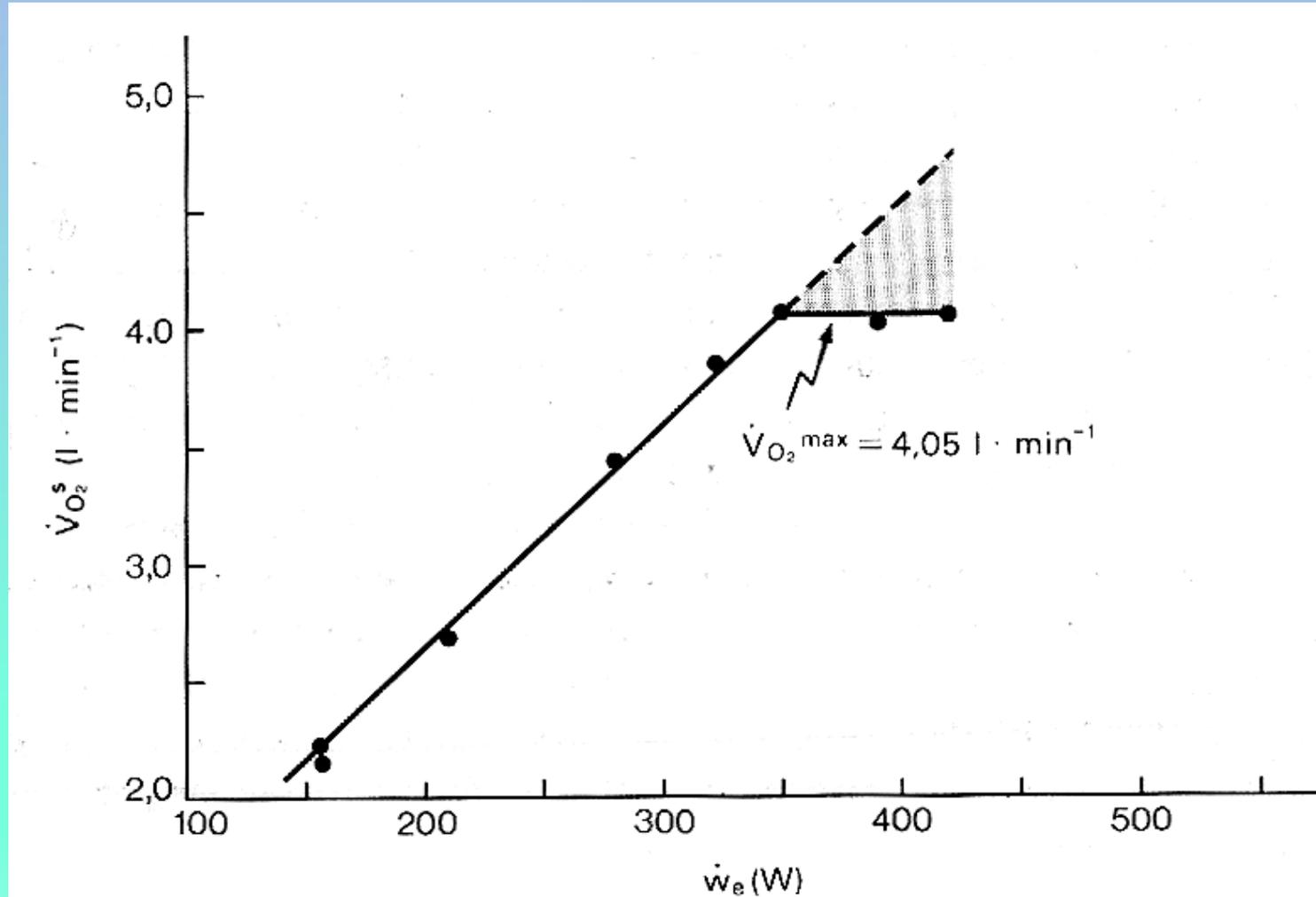
Obiettivi

- Frequenza cardiaca, volume di scarica sistolica, gettata cardiaca e differenza artero-venosa in ossigeno in funzione dell' intensità dell' esercizio
- Analisi quantitativa della relazione tra consumo di ossigeno, frequenza cardiaca, volume di scarica sistolica, e differenza artero-venosa in ossigeno in funzione dell' intensità di esercizio
- Legge del cuore di Starling applicata all' esercizio
- Risposte pressorie all' esercizio
- Distribuzione della gettata cardiaca durante esercizio e resistenze periferiche
- Gettata cardiaca massimale ed ipossiemia arteriosa indotta dal' esercizio

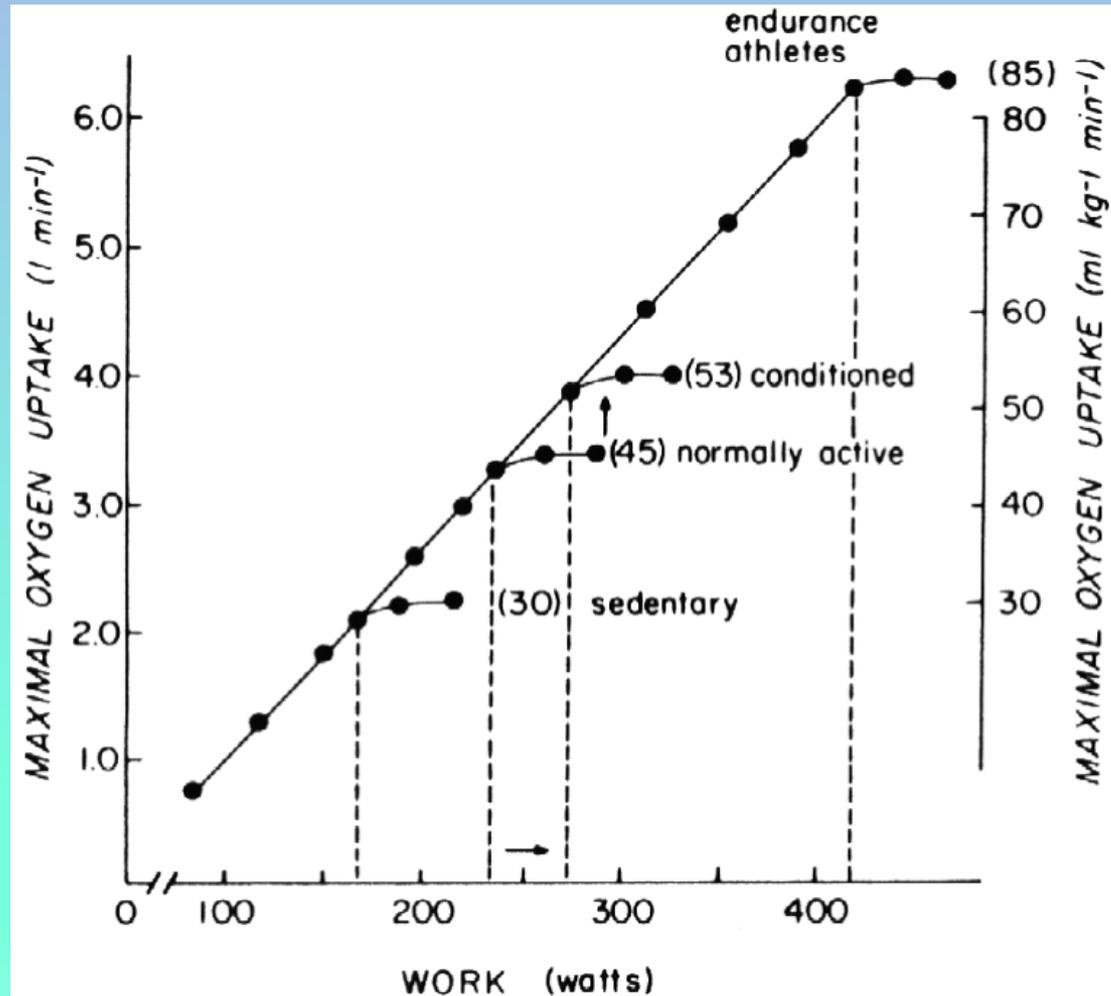
Transiente e stato stazionario



$\dot{V}'\text{O}_{2\text{max}}$



$\dot{V}'\text{O}_{2\max}$ in diversi individui



I fattori che determinano (limitano) $\dot{V}O_{2max}$

Dove agiscono ?

$$\dot{V}O_2 = V_S \times f_H \times \Delta O_{2av}$$

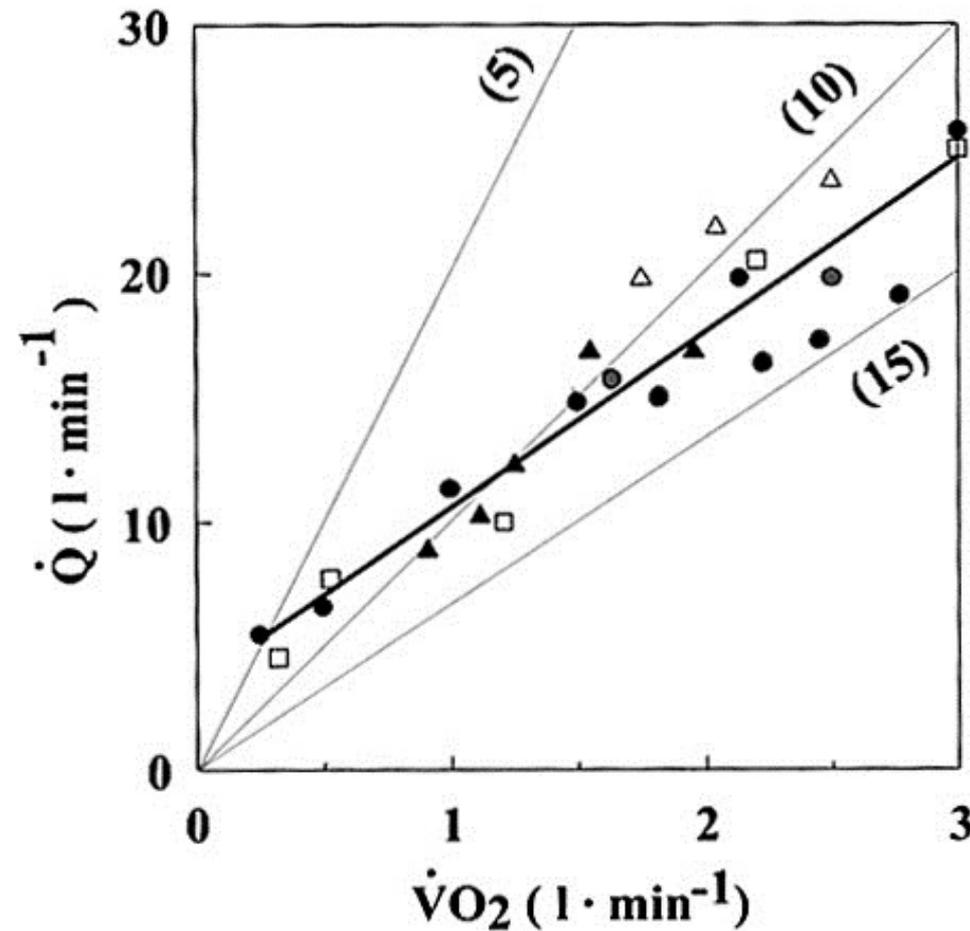
Circolazione centrale

V_S Volume di eiezione
 f_H Frequenza cardiaca
 ΔO_{2av} differenza artero-venosa O_2

P_{aO_2} dipende dalla respirazione e dalla circolazione centrale

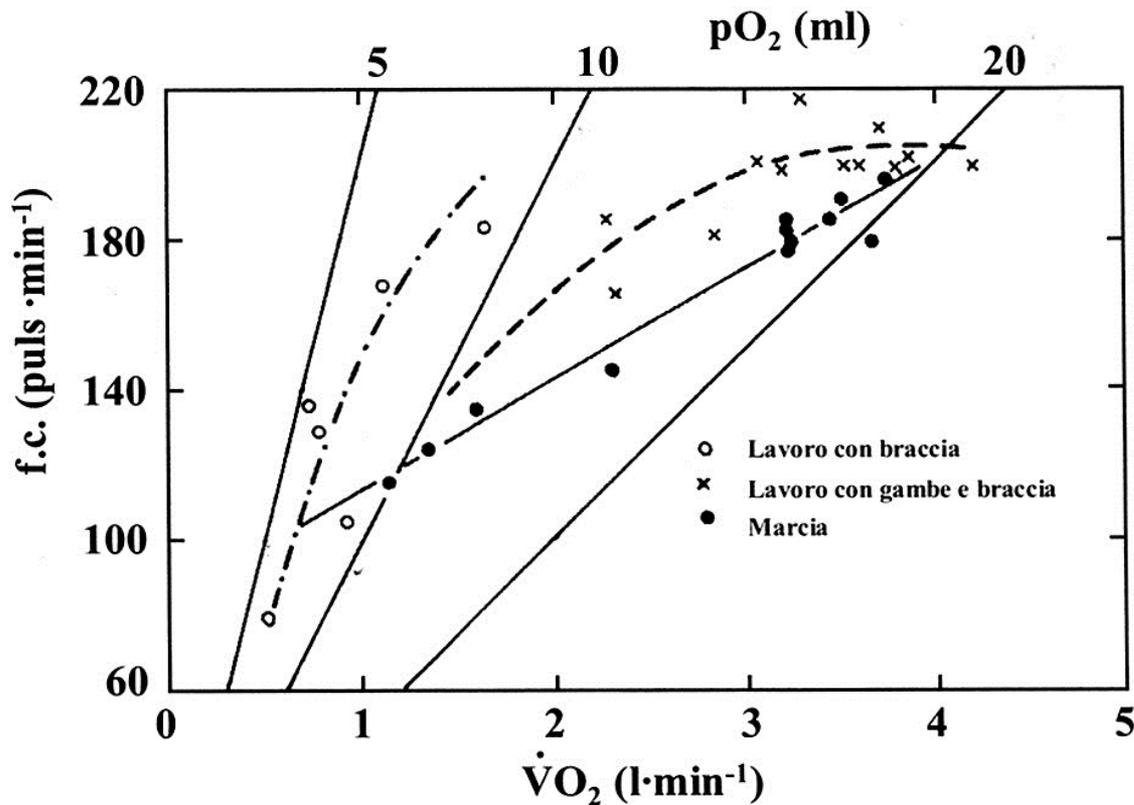
P_{vO_2} dipende dal metabolismo muscolare e dalla perfusione periferica

La gettata cardiaca



Può aumentare sino a **5-7 volte** rispetto al valore a riposo

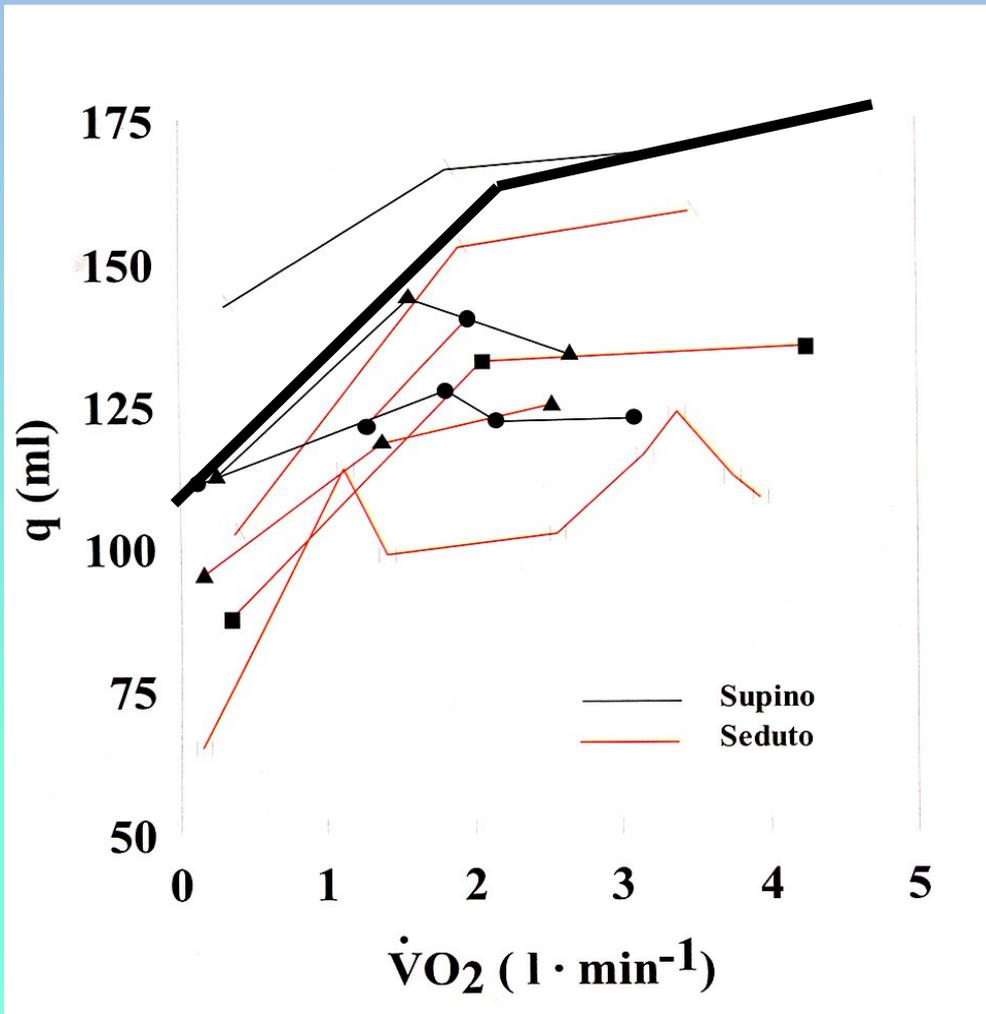
La frequenza cardiaca



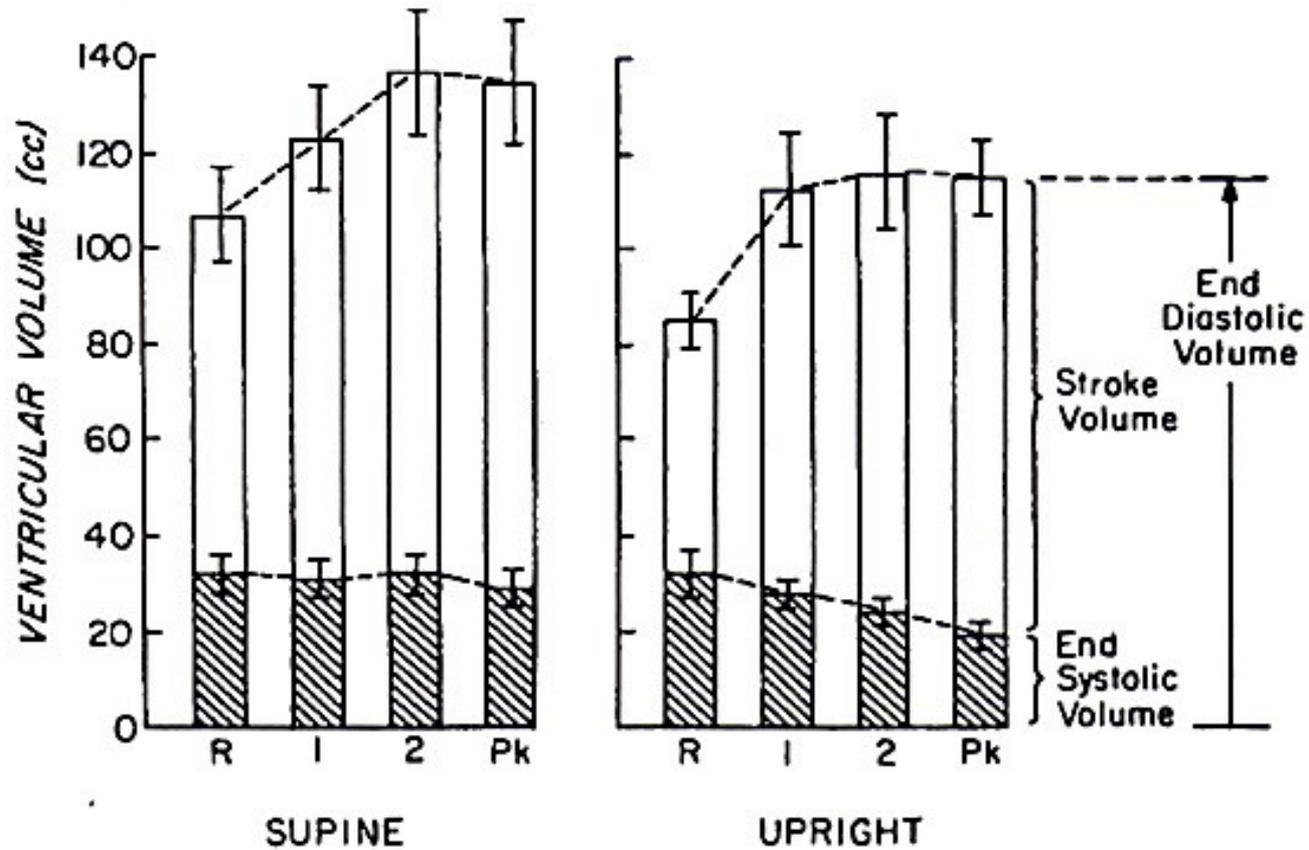
Può aumentare sino a **3 volte** rispetto al valore a riposo

Volume di eiezione

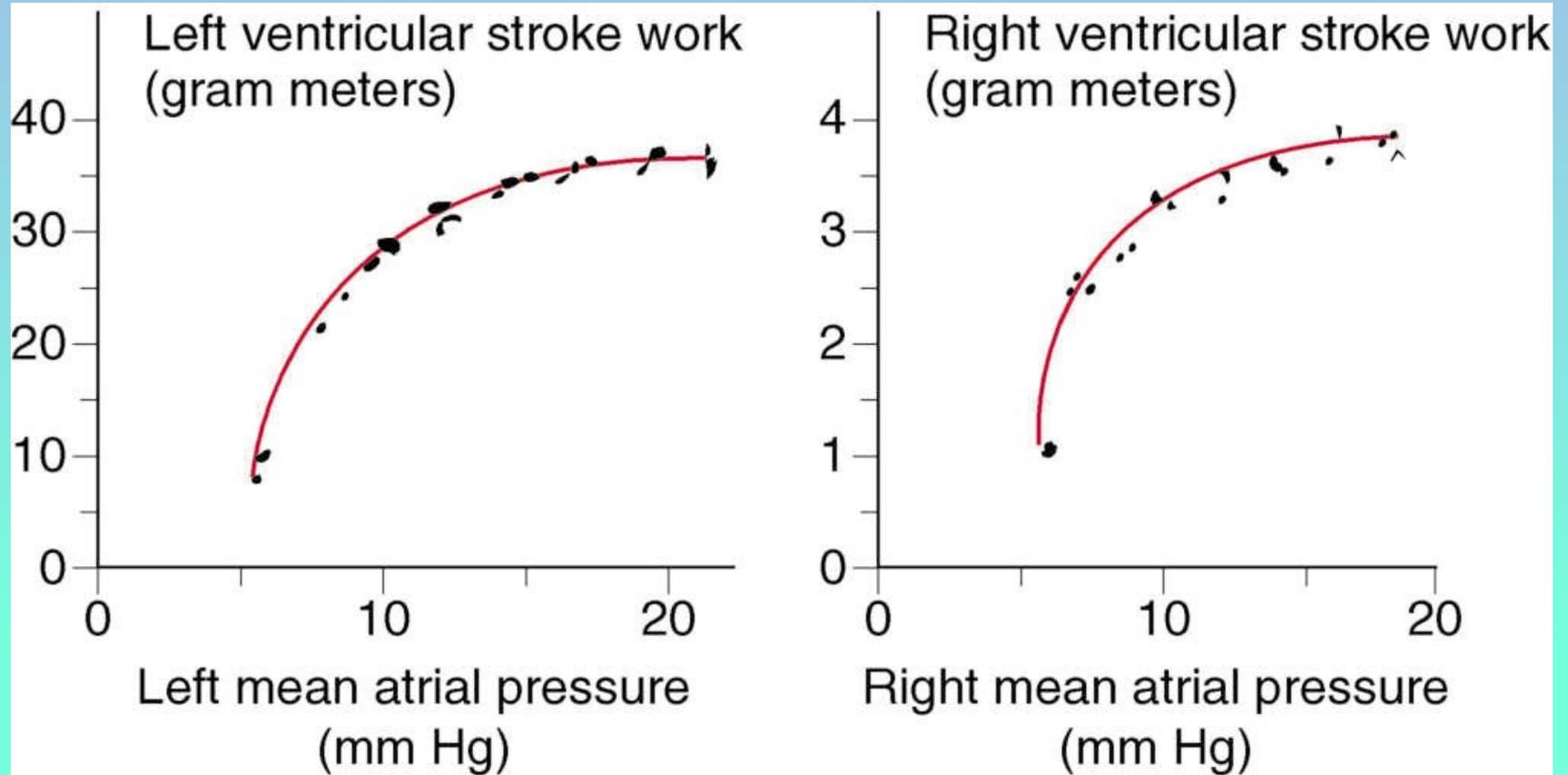
Raddoppia



Volume di eiezione e volume telediastolico

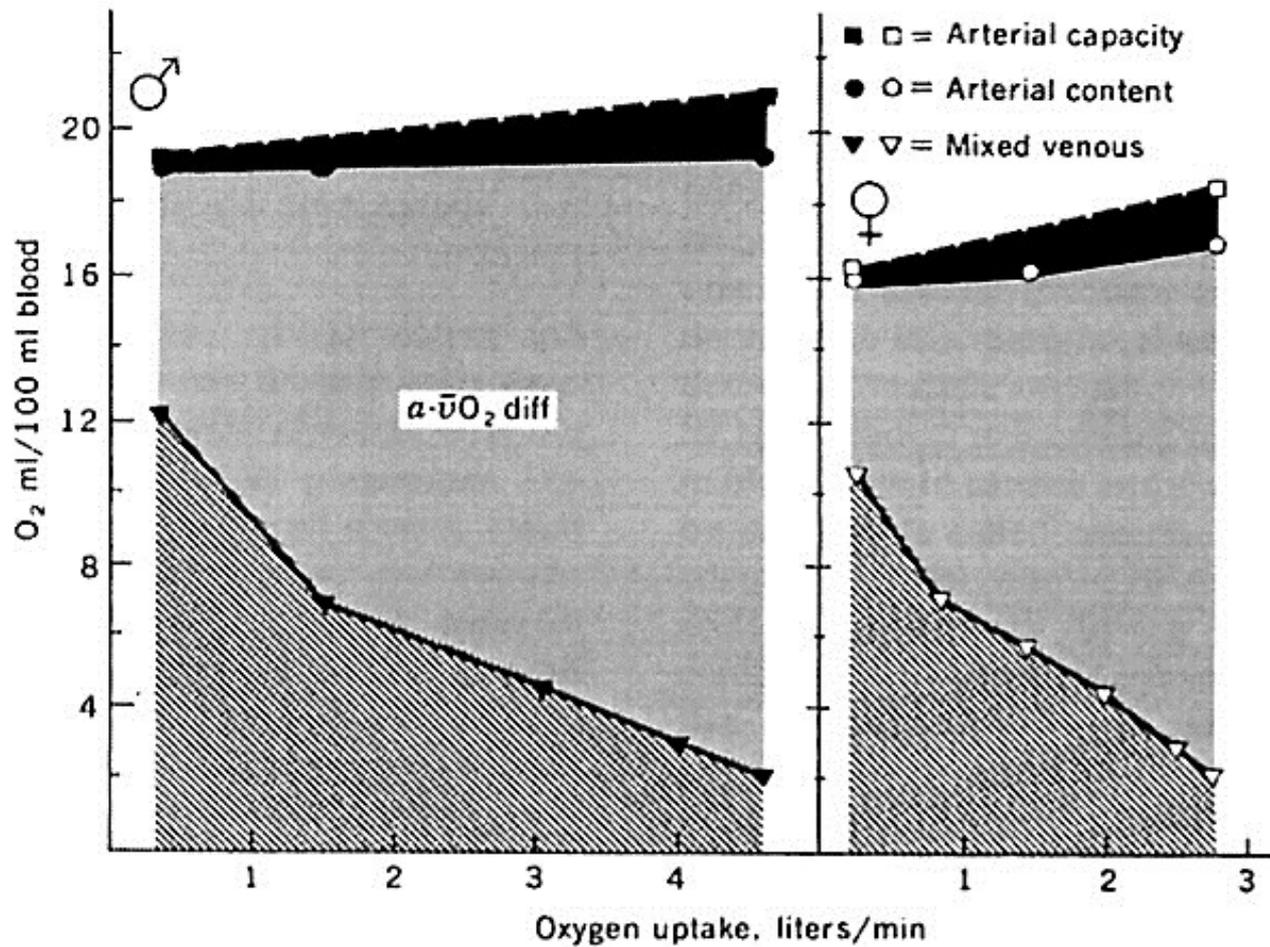


Legge di “Starling”

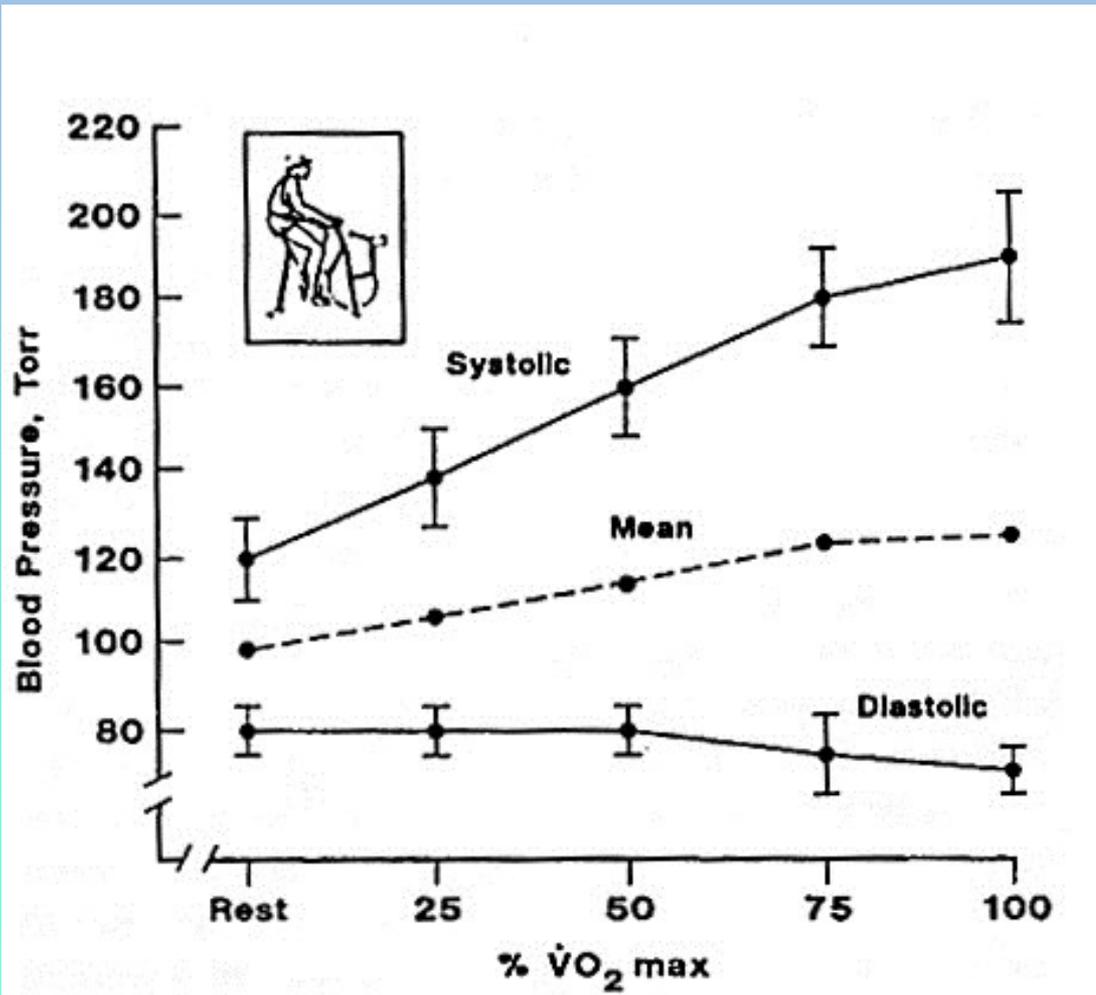


Differenza artero-venosa di O_2

Triplica



Risposte Pressorie all' Esercizio Dinamico



La diminuzione di P_{DIA} suggerisce che vi sia una **vasodilatazione** periferica generalizzata

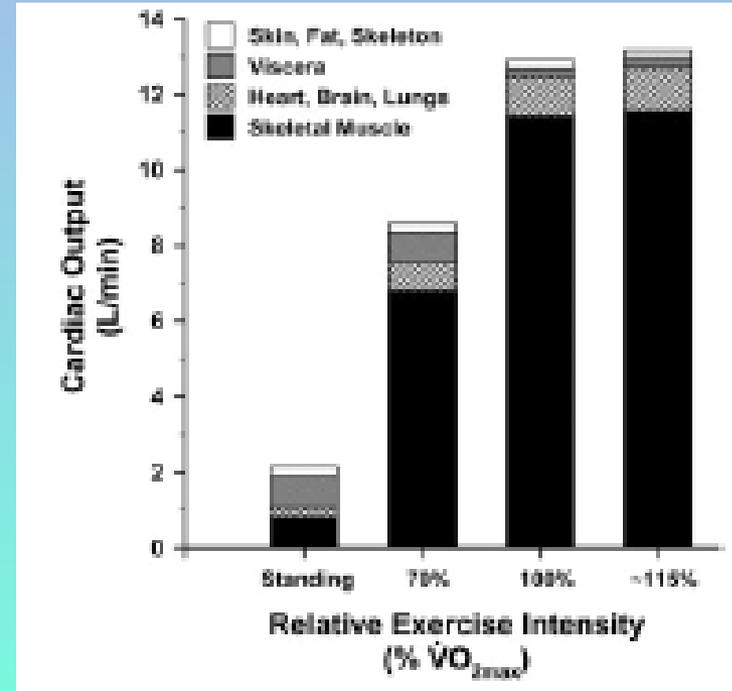
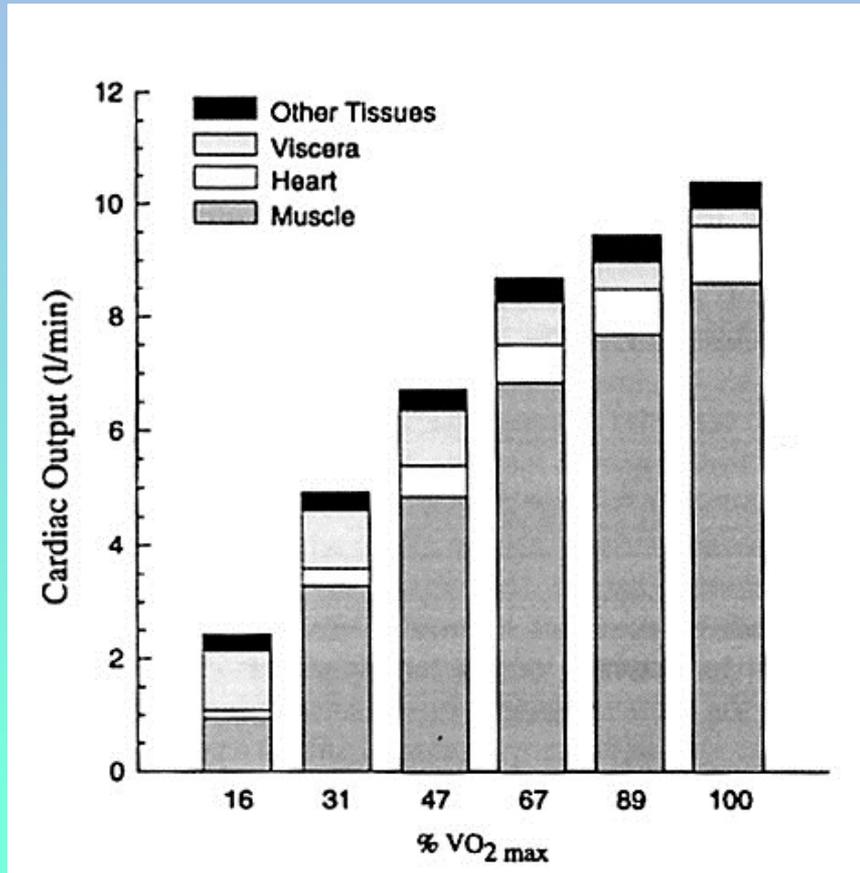
Determinanti della Pressione Arteriosa Media

- $PA\ Media = Q' \cdot \text{Resistenze Periferiche Totali}$
- $PA\ Media = (SV \cdot FC) \cdot \text{Resistenze Periferiche Totali}$
- SV e FC aumentano all'inizio e durante esercizio dinamico, ma PA, normalmente, aumenta di poco
- Ciò è dovuto alla caduta delle Resistenze Periferiche Totali
 - Aumento della conduttanza vascolare
 - Ridistribuzione del flusso

Risposte cardiovascolari all' esercizio dinamico

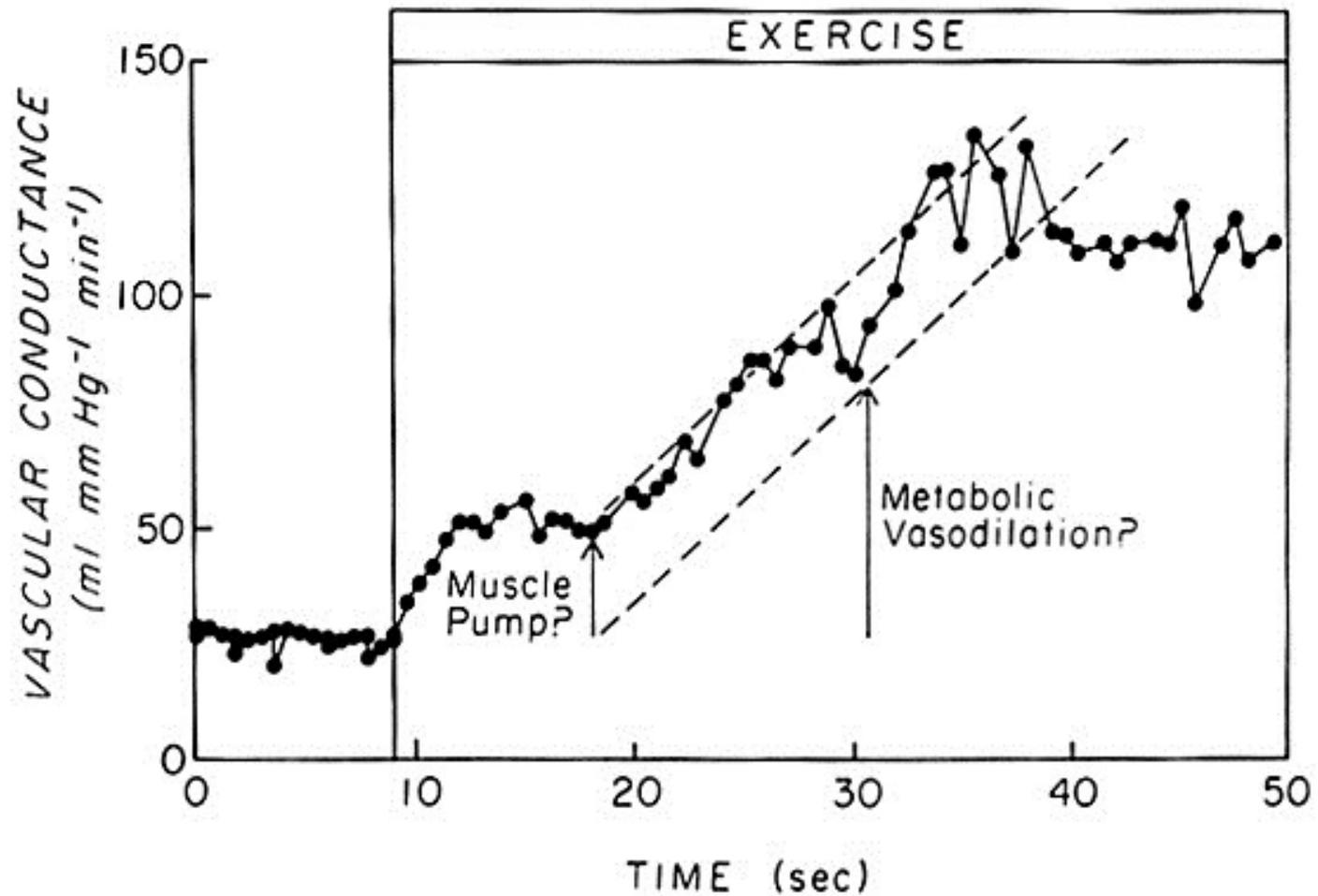
- Aumento di SV
- Aumento della FC
- Aumento di Q'
- Ridistribuzione della gettata cardiaca
 - aumento della perfusione muscolare
 - diminuzione della perfusione viscerale
- Pressione arteriosa media aumenta, ma di poco

Distribuzione della gettata cardiaca

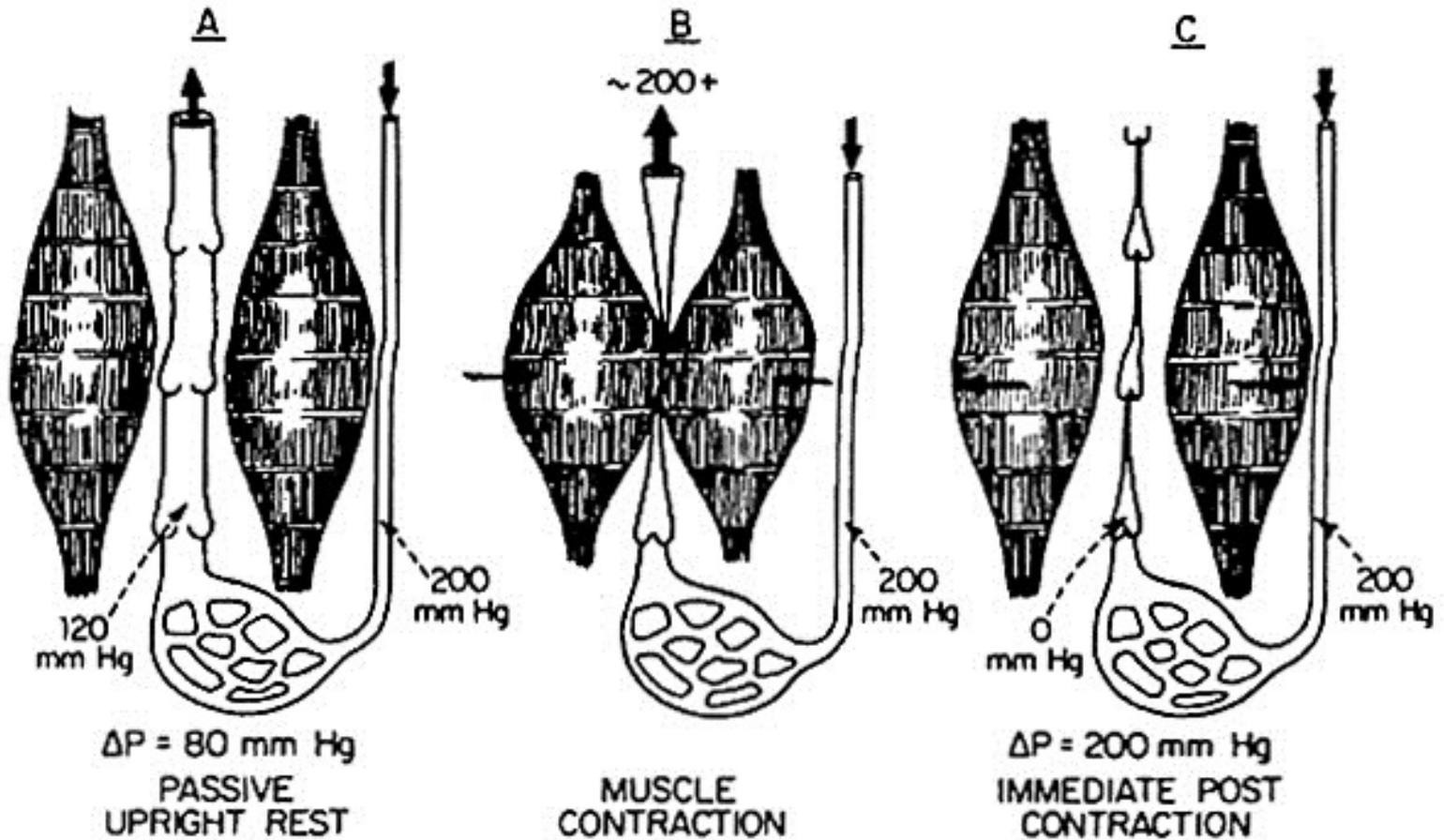


La distribuzione non si modifica nella transizione da $\dot{V}O_{2\max}$ a intensità più elevate

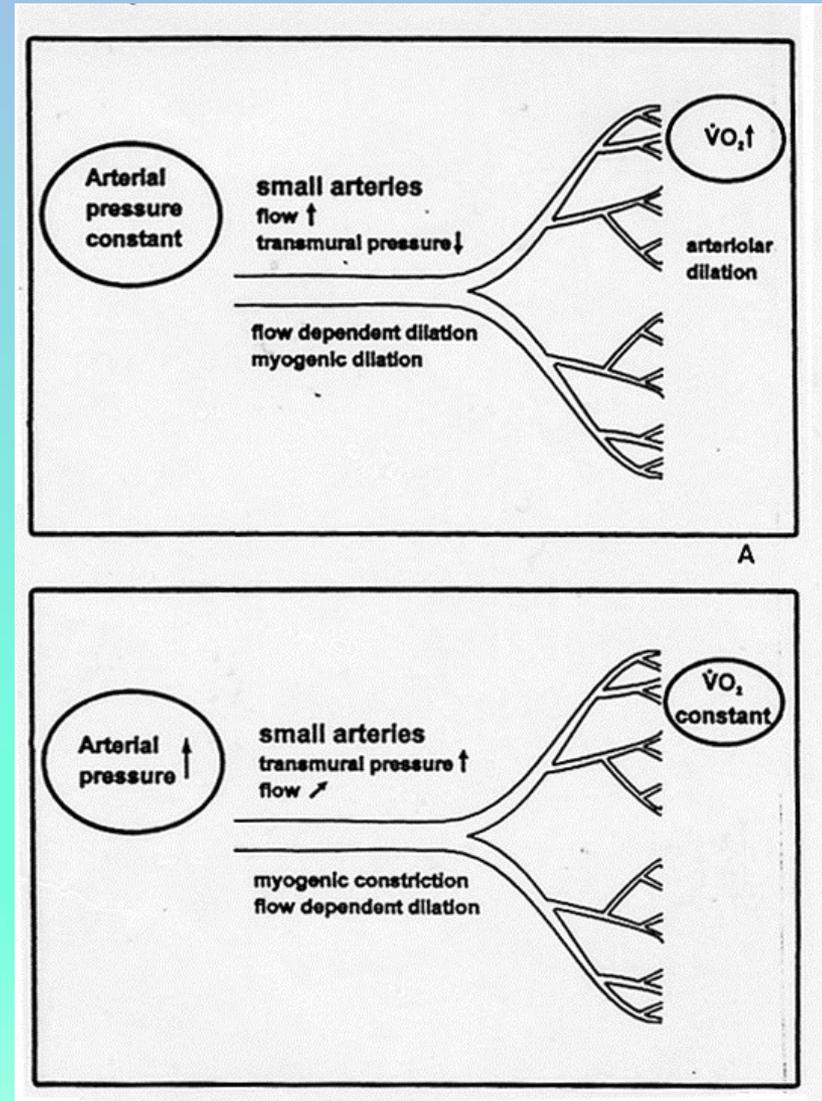
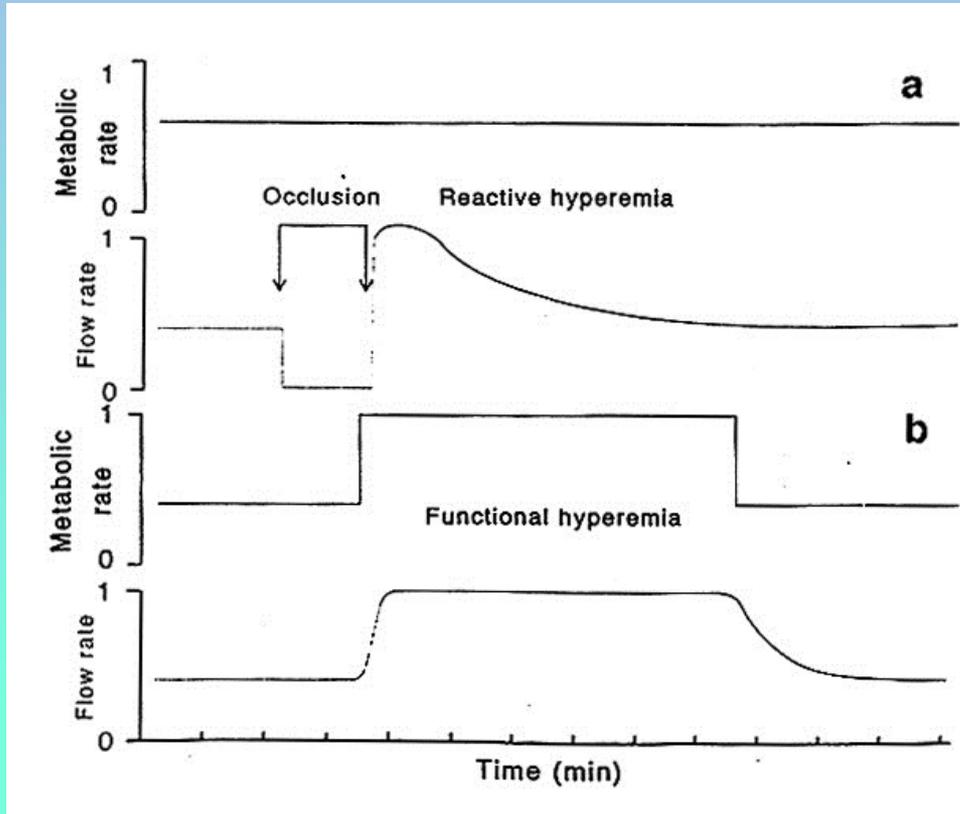
Aumento della conduttanza vascolare nei muscoli



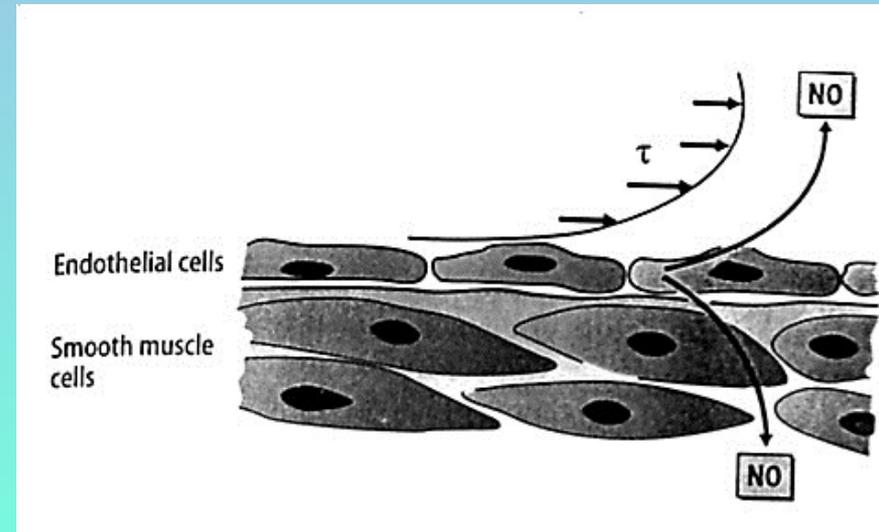
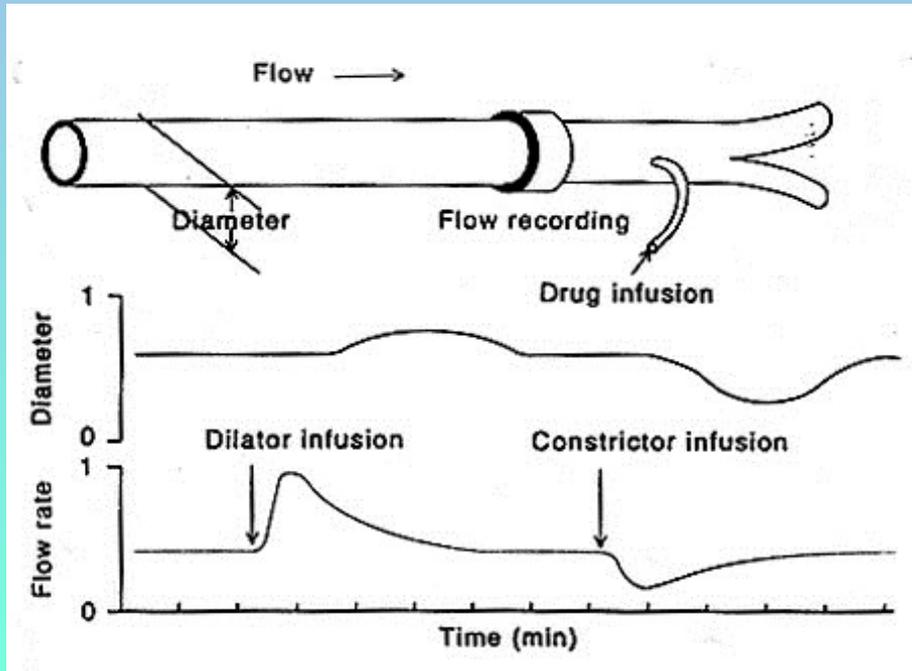
Fattori locali: la pompa muscolare



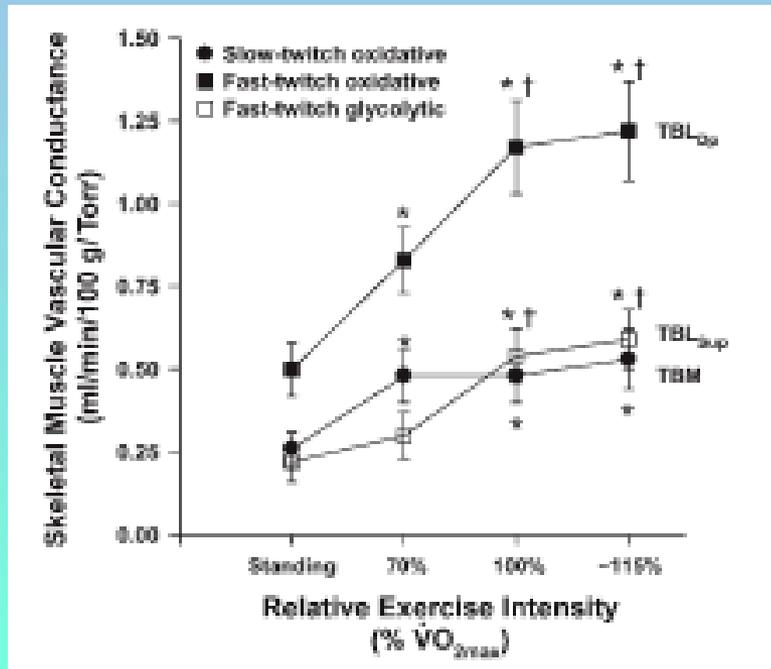
Fattori locali: la Vasodilatazione Metabolico-Dipendente e Autoregolazione Miogenica



Fattori locali: la Vasodilatazione Flusso-Dipendente



Distribuzione della vasodilatazione muscolare



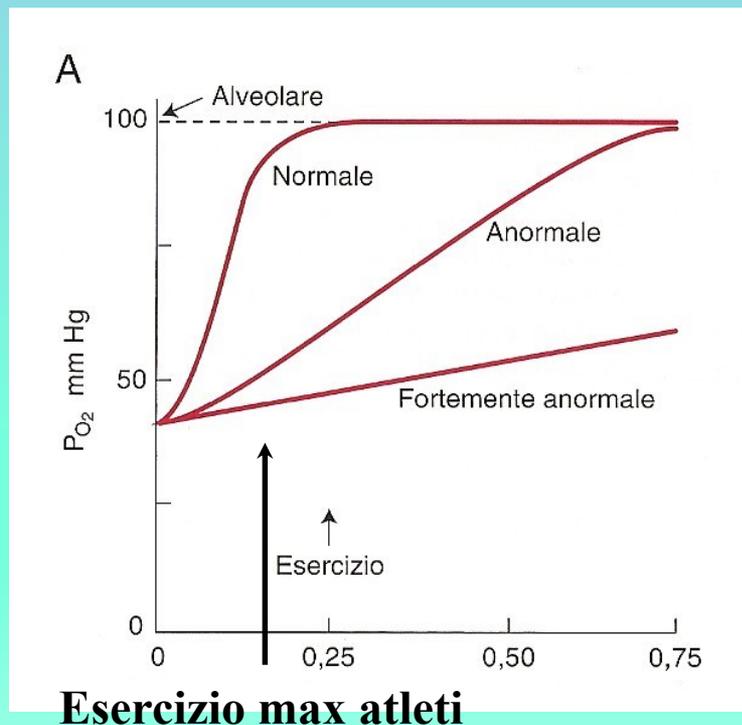
- La conduttanza vascolare aumenta principalmente in muscoli composti da fibre di tipo I e IIa
- Un aumento ulteriore dell'intensità dell'esercizio procura aumento significativo della conduttanza anche in muscoli composti da fibre di tipo IIx

Simpatolisi

- La vasodilatazione metabodipendente e *meccanodipendente* nei muscoli è alla base della cosiddetta **simpatolisi**
- Con questo termine si intende l' inibizione dell' azione vasocostrittrice simpatomediata che si attua nei muscoli in attività purchè la pressione arteriosa possa essere mantenuta in ambiti normali
- Durante esercizio massimale, l' attività simpatica è in grado di procurare una significativa vasocostrizione periferica nei muscoli
- Ciò impedisce la caduta della pressione arteriosa: la pressione arteriosa durante esercizio massimale in assenza di simpatolisi potrebbe essere mantenuta solo in presenza di una gettata cardiaca esageratamente elevata

Exercise induced arterial hypoxemia

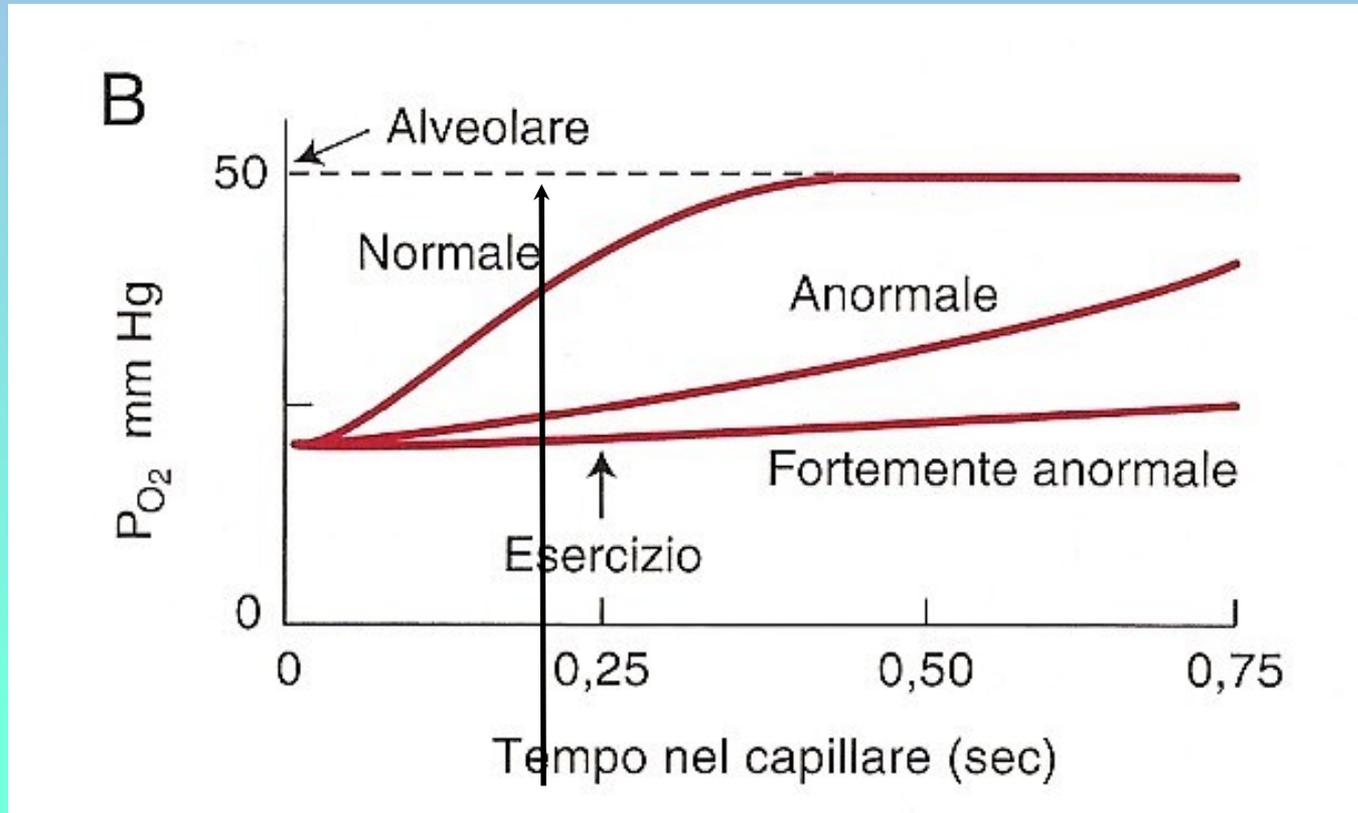
- In soggetti con elevata Q'_{max} , il tempo di transito del sangue nel capillare polmonare si può ridurre a tal punto da impedire l'instaurazione dell'equilibrio tra P_AO_2 e $P_c'O_2$
- Permane un gradiente di PO_2 al termine del capillare e si instaura ipossiemia con bassa P_aO_2



- **EIAH**, o effetto Dempsey

Exercise induced arterial hypoxemia

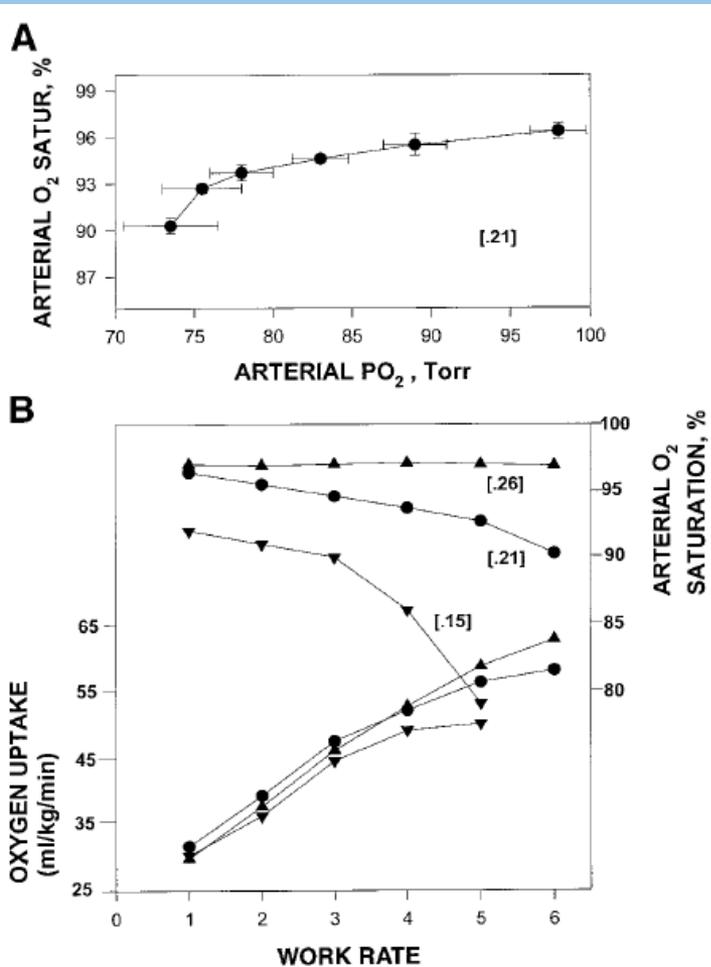
- Tanto più evidente quanto più elevato il grado di ipossia (bassa $P_{I}O_2$)



Esercizio max atleti

Effetto Dempsey o EIAH

- **EIAH: Exercise-induced arterial hypoxemia.** La P_aO_2 diminuisce ad esercizio massimale. L'effetto è esacerbato da ipossia ed è più marcato negli atleti con alto $V'O_{2max}$



- A: %SatO₂ durante esercizio in soggetti maschi durante esercizio di diversa intensità. E 'dovuta a diminuzione di P_aO_2 e a spostamento verso destra della curva di dissociazione dell'emoglobina (acidosi)
- B: $V'O_2$ e %SatO₂ durante esercizio in normo, iper e ipossia

Bibliografia

- **Fisiologia dell'Uomo, autori vari, Edi.Ermes, Milano**
- **Capitolo 22: Enegetica del lavoro muscolare**
- **Fisiologia medica**
- **Capitolo 72: Fisiologia dell'esercizio fisico: adattamenti cardiorespiratori**
- **Cardiovascular responses to exercise, Laughlin MH, JAP 22: S244, 1999**