

---

# **FISIOLOGIA DELL'ATTIVITA' MOTORIA-SPORTIVA E TEST DI VALUTAZIONE FUNZIONALE**

**prof. Federico Schena**

**Istituto di Medicina dello Sport FMSI-CONI Verona  
Facoltà di Scienze Motorie Università di Verona**

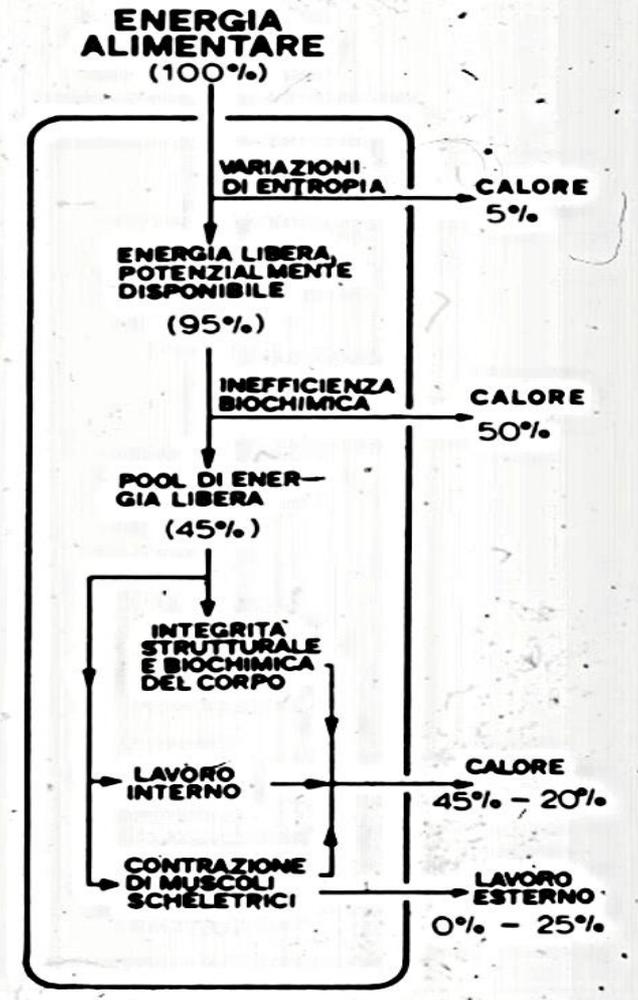
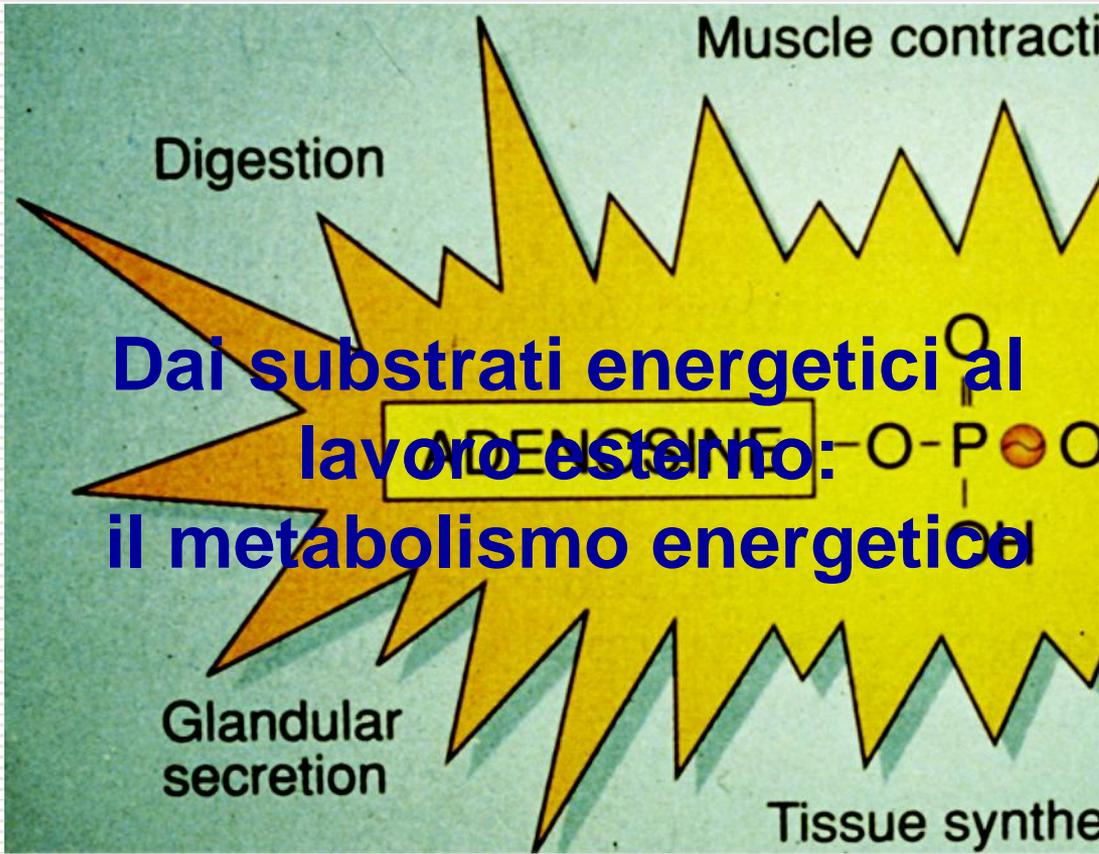
# FISIOLOGIA DELL'ATTIVITA' SPORTIVA E MOTORIA

---

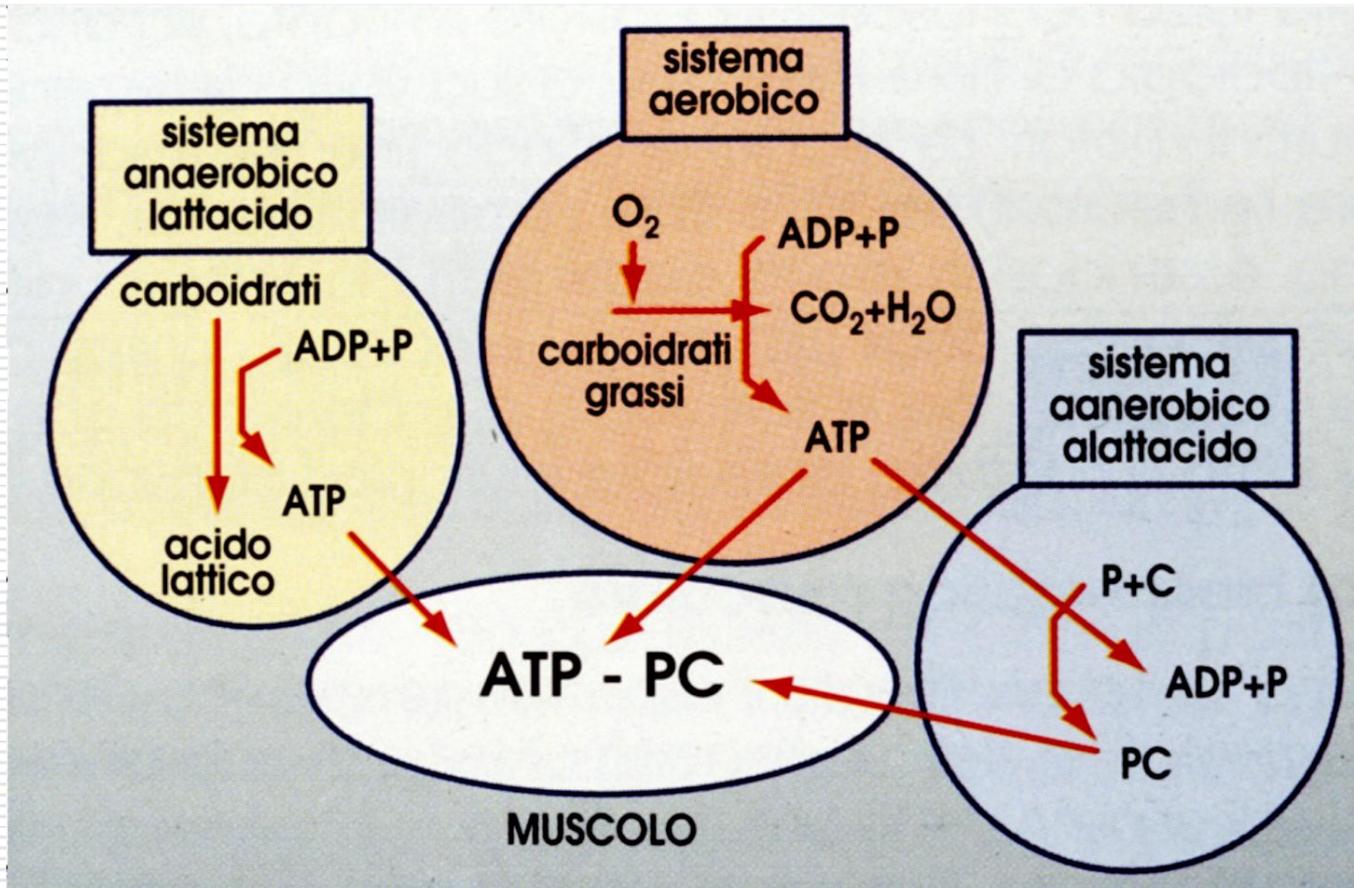
- I meccanismi energetici aerobici e anaerobici: potenza e capacità
- Il dispendio energetico e classificazione delle attività sportive: il  $V'O_2$
- Misura del  $V'O_2$
- Apparato cardio-respiratorio e  $V'O_2$
- Il massimo consumo di ossigeno
- Soglia Lattacida



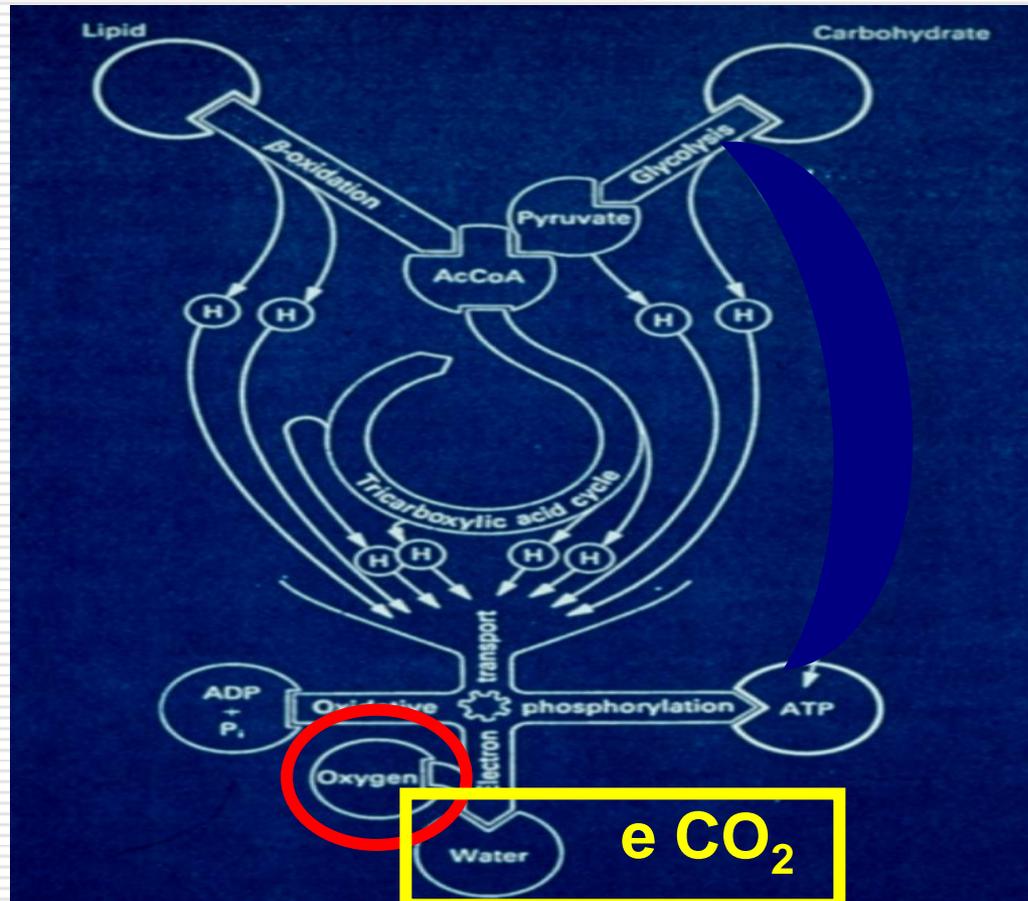
# IL COMBUSTIBILE DEI FENOMENI BIOLOGICI: ATP



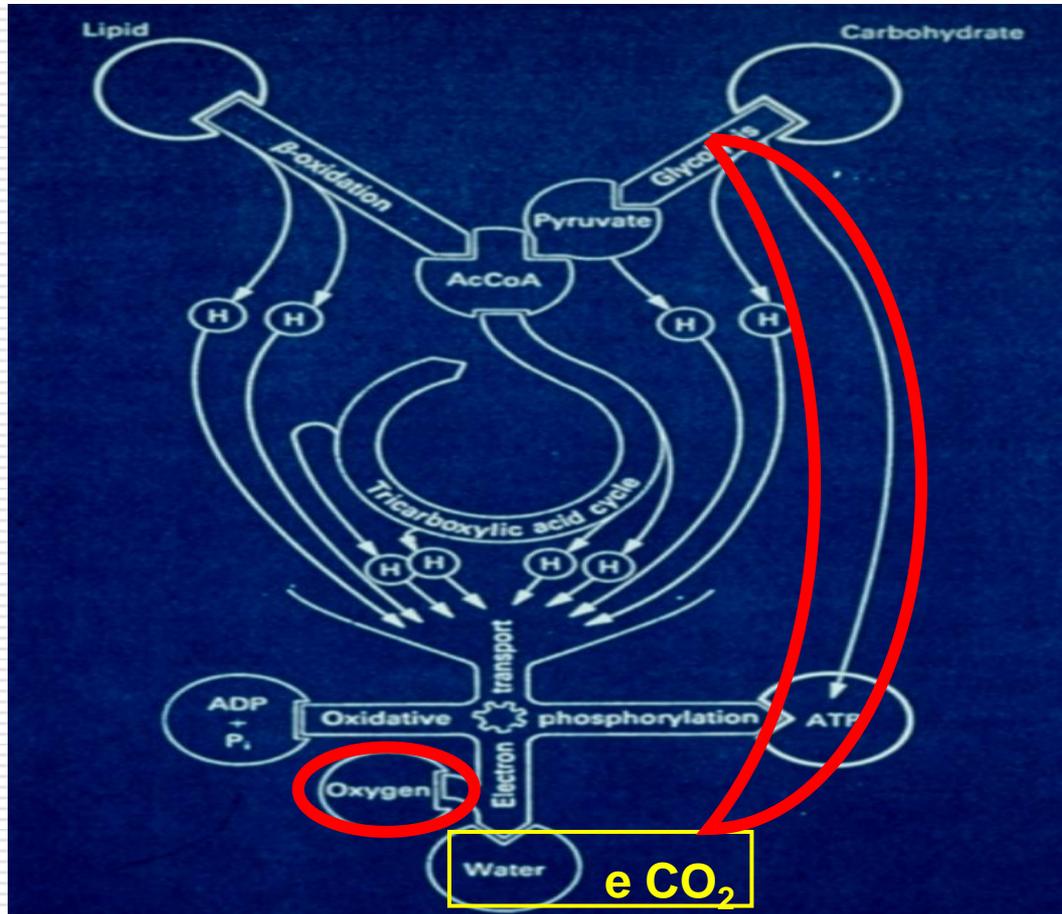
# I SISTEMI ENERGETICI



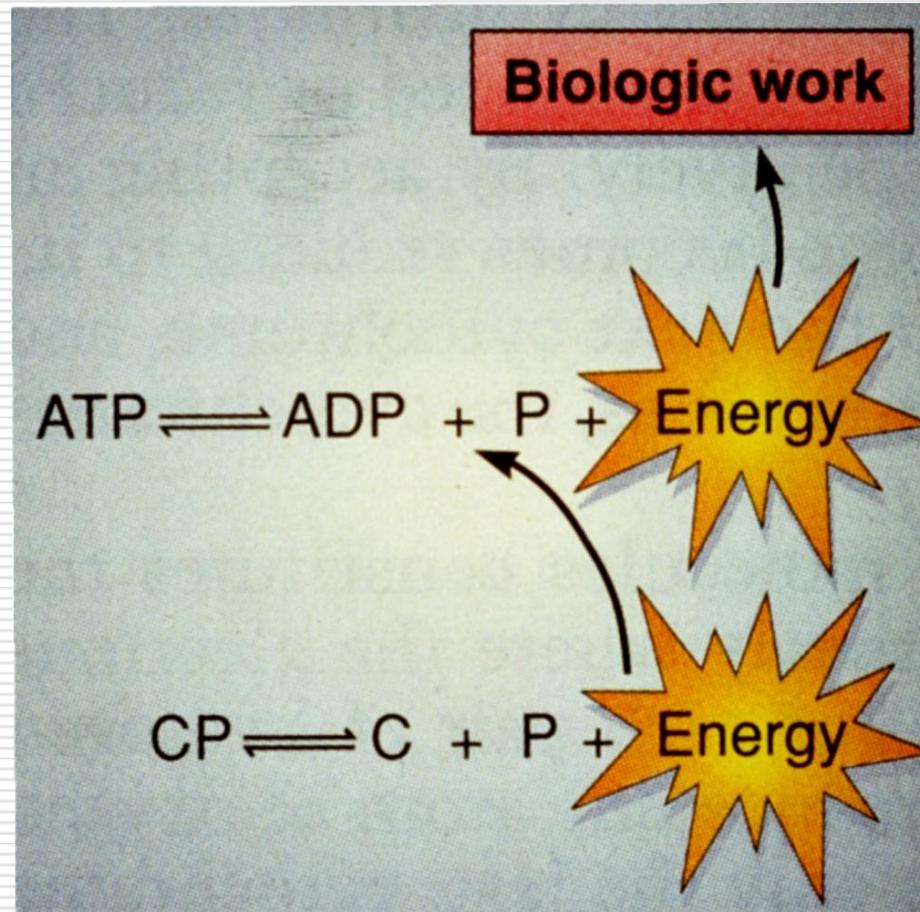
# IL METABOLISMO AEROBICO



# IL METABOLISMO ANAEROBICO LATTACIDO



# IL METABOLISMO ANAEROBICO ALATTACIDO



# CAPACITA' DEI SISTEMI METABOLICI

Limitata quantità totale di energia

ATP

CP

0.80 kj/kg

GLICOGENO

1 kj/kg

Metabolismo anaerobico

Teoricamente infinita  
quantità di energia

GLICOGENO  
LIPIDI

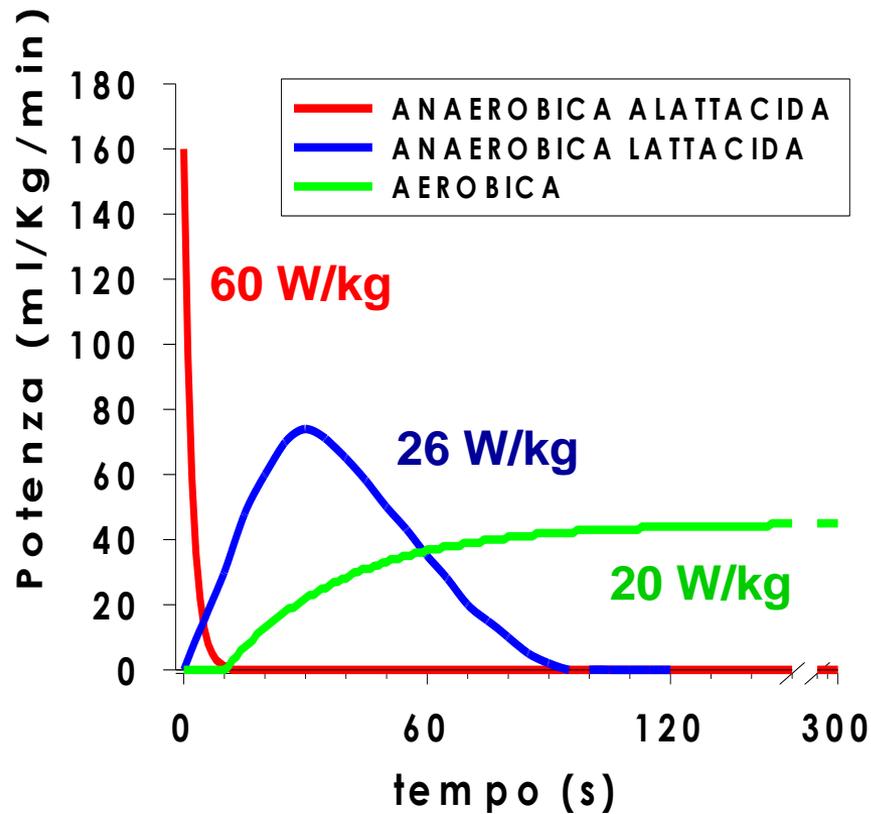
da 800 a 4000  
Kj/kg

Metabolismo  
aerobico



# POTENZA E DURATA

Alta potenza e  
bassa durata



Bassa potenza  
e alta durata



# IL COSTO ENERGETICO

---

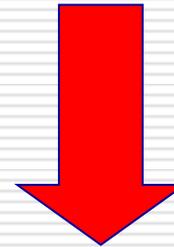
**La quantità di energia spesa per effettuare un dato compito (lavoro, esercizio fisico, attività sportiva, etc.)**



# IL COSTO ENERGETICO

**Perché  
misurare il  
Costo  
energetico?**

- Ottimizzare la programmazione dell'allenamento**



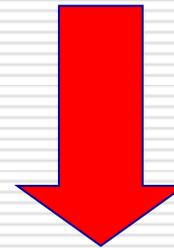
- Il modello di gara**
- Monitoraggio dell'allenamento**



# IL COSTO ENERGETICO

**Perché  
misurare il  
Costo  
energetico?**

- Ottimizzare  
l'apporto  
nutrizionale**



- Quantità dei substrati**
- Differenziazione dei substrati**



# LA CLASSIFICAZIONE DELLE ATTIVITA' SPORTIVE

SI BASA PRINCIPALMENTE SULLA BIOENERGETICA MUSCOLARE ED E' FINALIZZATA, FRA L'ALTRO, A

➤ "...DETERMINARE LA SEVERITÀ DI UN ESERCIZIO GINNICO..... PRIMA CHE QUESTO POSSA ESSERE CONSENTITO..."  
(Morehouse L., Miller A., 1976)



ANCHE SE

➤ LE CLASSIFICAZIONI HANNO VALORE INDICATIVO  
(rispondono a finalità pratiche)

➤ CONSIDERARE SEMPRE IL RISCHIO INTRINSECO



# LA CLASSIFICAZIONE FISIOLOGICA BIOMECCANICA DELLE ATTIVITA' SPORTIVE

Dal Monte, 1969

- PREVALENTEMENTE ANAEROBICI
- AEROBICO-ANAEROBICI MASSIVI
- PREVALENTEMENTE AEROBICI
- AEROBICO-ANAEROBICO ALTERNATO
- POTENZA
- DESTREZZA
- AD IMPEGNO COMBINATO

( Lubich, 1990 )

Percentuale masse muscolari impegnate: 1) + + +; 2) + +; 3) +.  
Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) + + +; 5) + +; 6) +.



# LA CLASSIFICAZIONE DEGLI SPORT

## PREVALENTEMENTE ANAEROBICI

- Atletica leggera**
  - 200 e 400 m piani
- Pattinaggio**
  - Ghiaccio 500 m
  - Rotelle 300 m
- Nuoto**
  - 50 e 100 m SL

## AEROBICI/ANAEROBICI MASSIVI

- Atletica leggera**
  - 800 e 1500 m piani; 400 hs
- Pattinaggio**
  - Ghiaccio 3000 m
  - Rotelle 1500 m
- Nuoto**
  - 400 m
- Canoa**
  - 500 e 1000 m
- Canottaggio**

## POTENZA

- Atletica leggera**
  - Lanci Salti 100 m  
110hs
- Sollevamento  
Pesi**



# LA CLASSIFICAZIONE DEGLI SPORT

## PREVALENTEMENTE AEROBICI

- Atletica leggera**
  - 3000 m siepi, Maratona
- Pattinaggio**
  - Ghiaccio 5-10 km
- Triathlon**
- Ciclismo**
- Sci di Fondo**
- Nuoto**
  - 1500 m SL

## AEROBICI/ANAEROBICI ALTERNATI

- Sport di Squadra**
  - Calcio, Rugby, Basket...
- Combattimento**
  - Lotta, Pugilato...
- Tennis**



# LA CLASSIFICAZIONE DEGLI SPORT

## DESTREZZA

- Impegno muscolare notevole**
  - **Nuoto sincro, Windsurf**
  
- Impegno muscolare scarso**
  - **Tiro al volo, bocce, pesca sportiva**
  
- Impegno muscolare di postura e direzione**
  - **sport motoristici, Bob, Slittino**

## COMBINATI

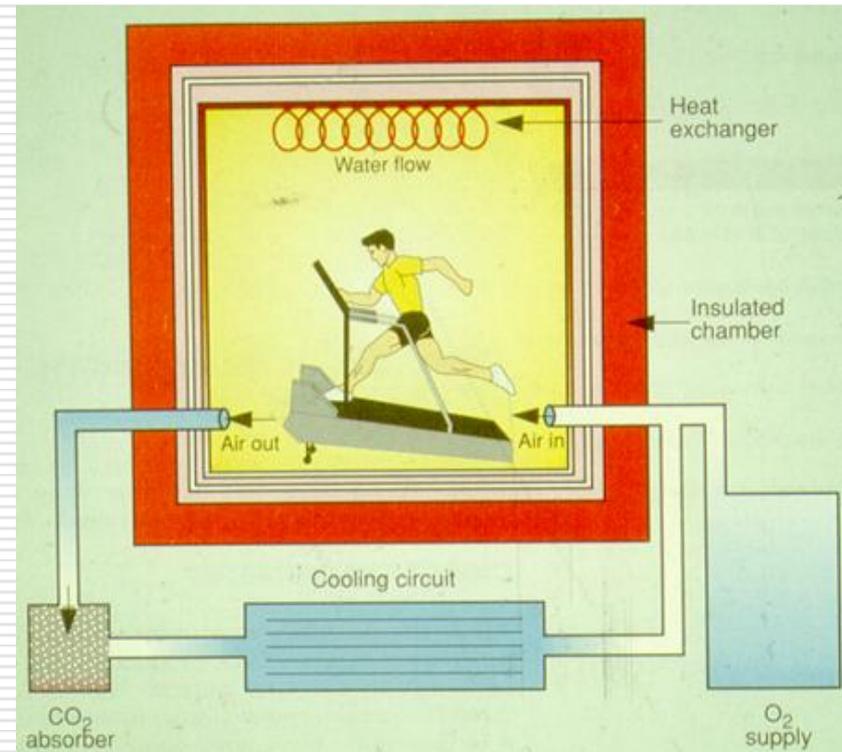
- Pentathlon**
  
- Biathlon**
  
- Combinata nordica**
  
- Decathlon**



# IL DISPENDIO ENERGETICO

Come  
misurare il  
dispendio  
energetico?

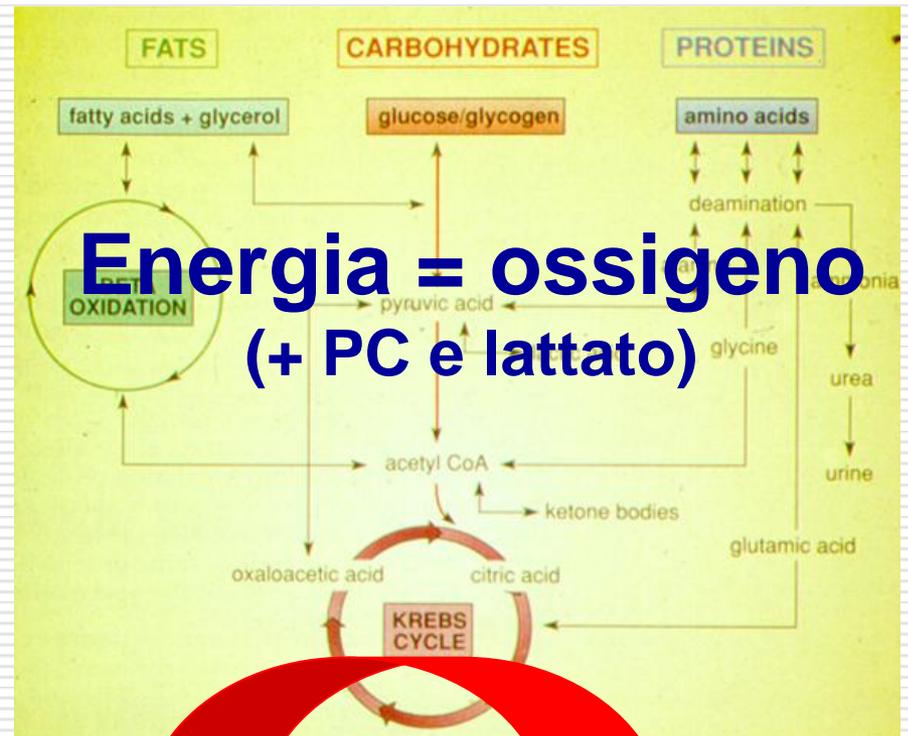
## Calorimetria diretta



# IL DISPENDIO ENERGETICO

Come  
misurare il  
dispendio  
energetico?

## Calorimetria indiretta



Energia = ossigeno  
(+ PC e lattato)

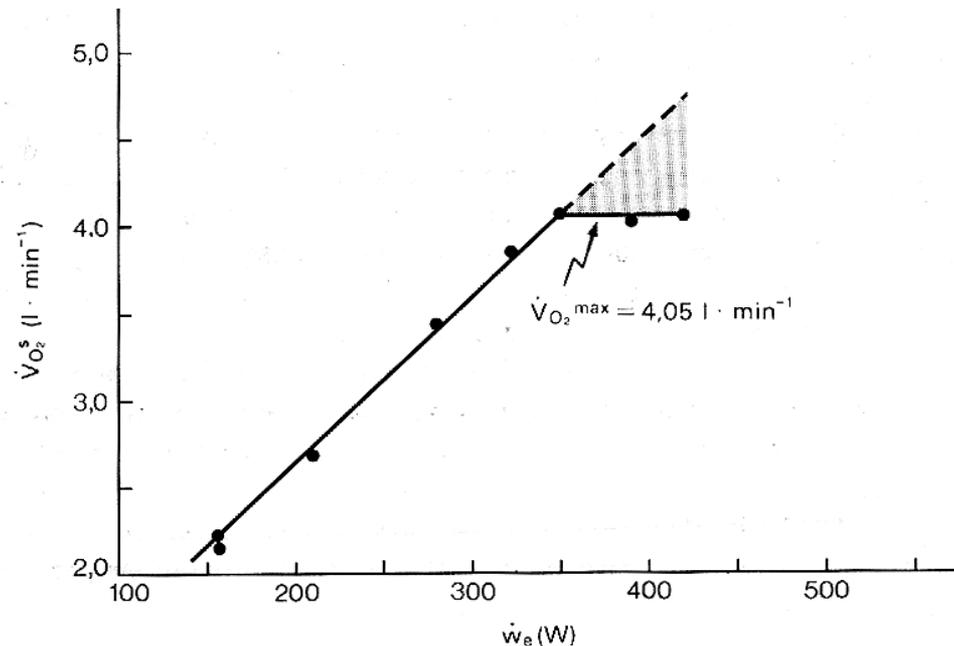
O<sub>2</sub>

H<sub>2</sub>O



# IL DISPENDIO ENERGETICO

poiché l'ossigeno è necessario alla produzione di energia, se aumenta l'intensità dello sforzo deve aumentare anche l'ossigeno consumato dall'organismo



# UNITA' DI MISURA DEL $V'O_2$

$V'O_2$  Assoluto =  
litri per minuto =  
 $l * min^{-1}$

$V'O_2$  dipende dalla quantità  
di massa muscolare  
attivata

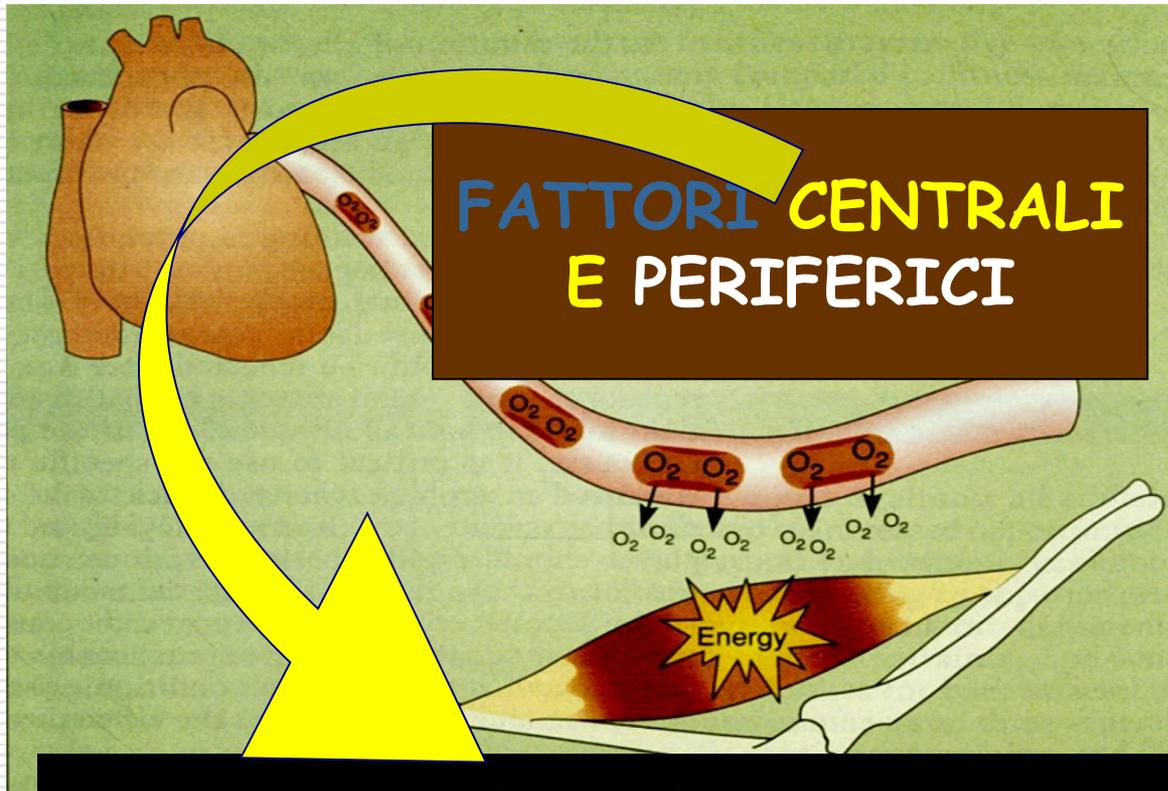
Perciò, specie nelle  
attività  
antigravitarie,

il  $V'O_2$  assoluto deve  
essere normalizzato

al peso corporeo  
 $ml * kg^{-1} * min^{-1}$



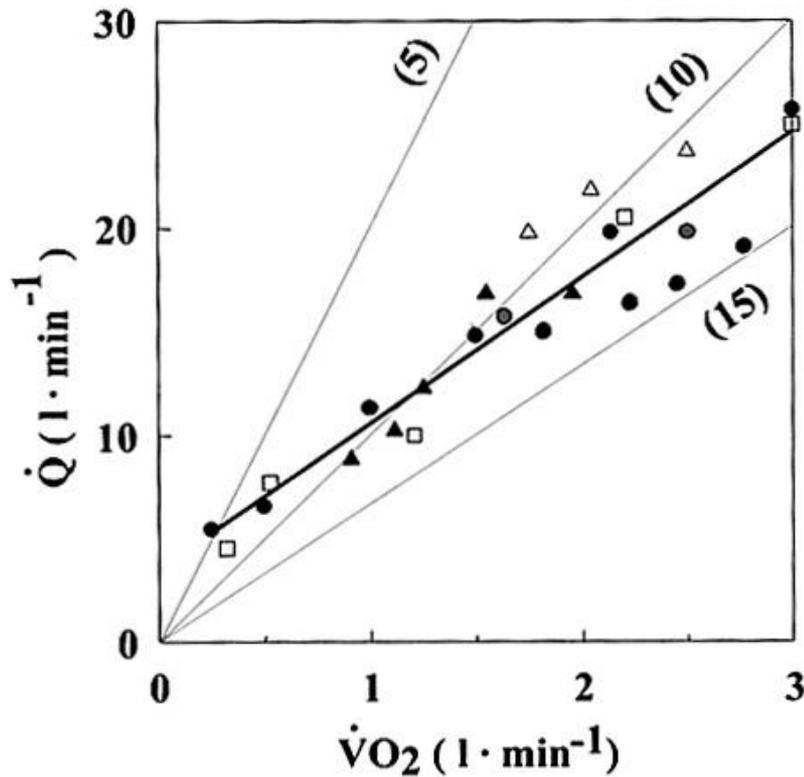
# PERCHE' AUMENTA IL $V'O_2$ DALLA CONDIZIONE DI RIPOSO AL MASSIMO SFORZO?



$$V'O_2 = Q' * (CaO_2 - CvO_2) \text{ (Fick)}$$



# LA GETTATA CARDIACA (Q')

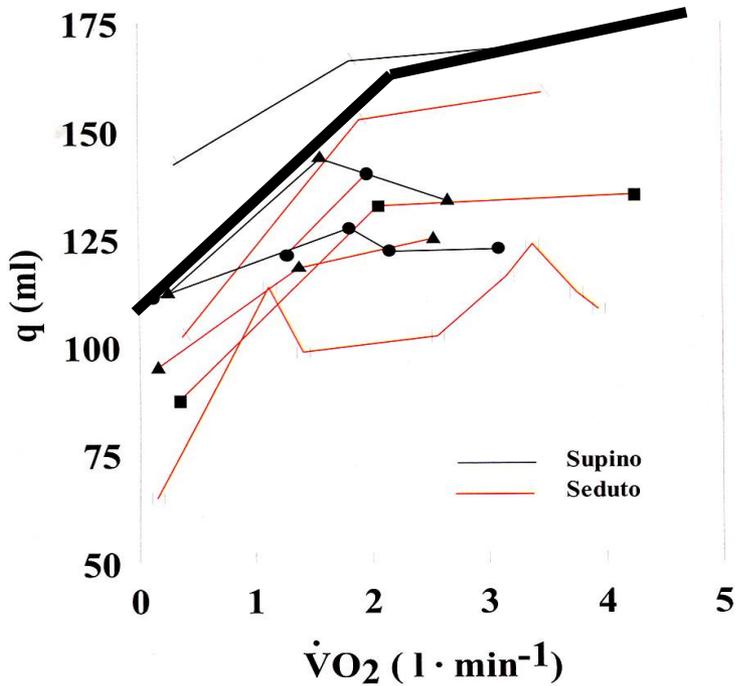


Può aumentare sino a 5-7 volte rispetto al valore a riposo

$$Q' = GS * FC$$



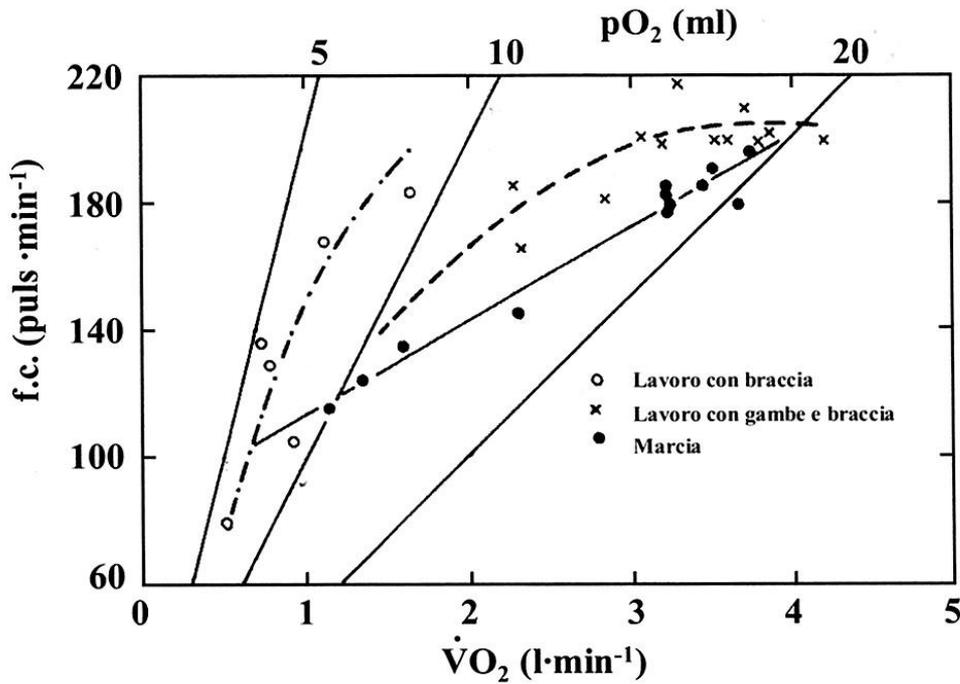
# LA GETTATA SISTOLICA (GS)



**Raddoppia**



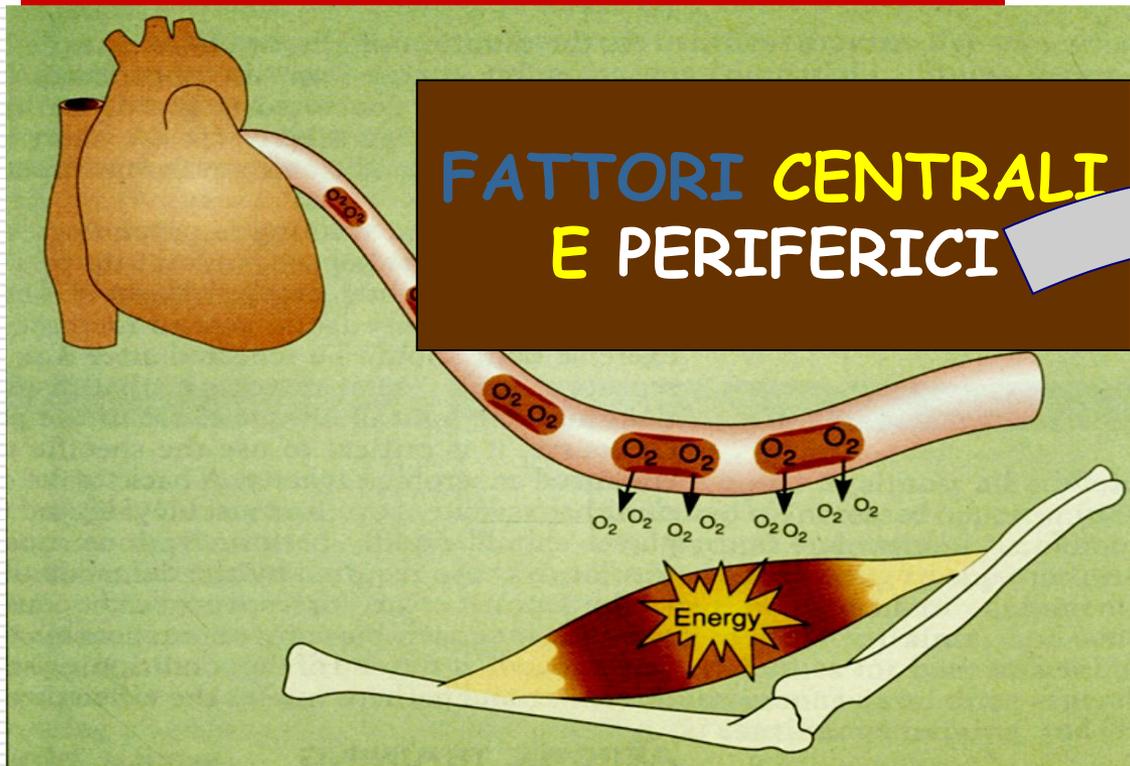
# LA FREQUENZA CARDIACA (FC)



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



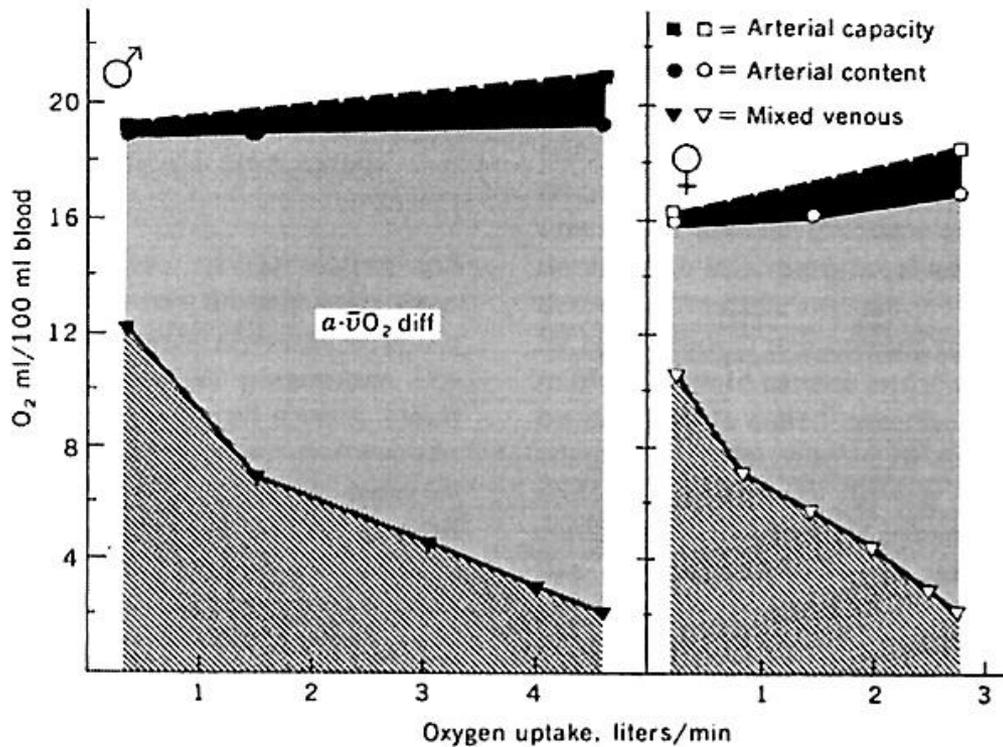
# PERCHE' AUMENTA IL $V'O_2$ DALLA CONDIZIONE DI RIPOSO AL MASSIMO SFORZO?



$$V'O_2 = Q' * (CaO_2 - CvO_2) \text{ (Fick)}$$



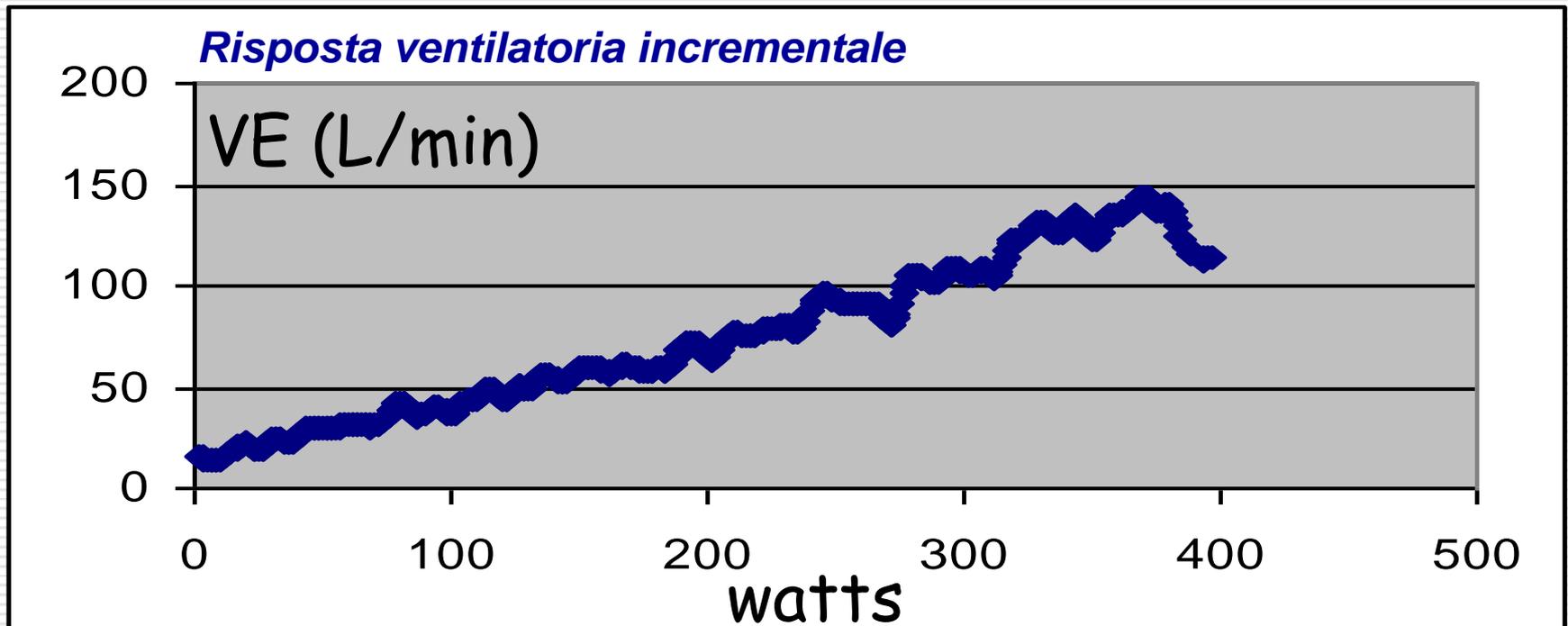
# LA DIFFERENZA ARTERO/VENOSA ( $CaO_2 - CvO_2$ )



**Triplica**



# LA VENTILAZIONE



**Per supportare le aumentate richieste di  $O_2$ ,  
anche la Ventilazione aumenta**



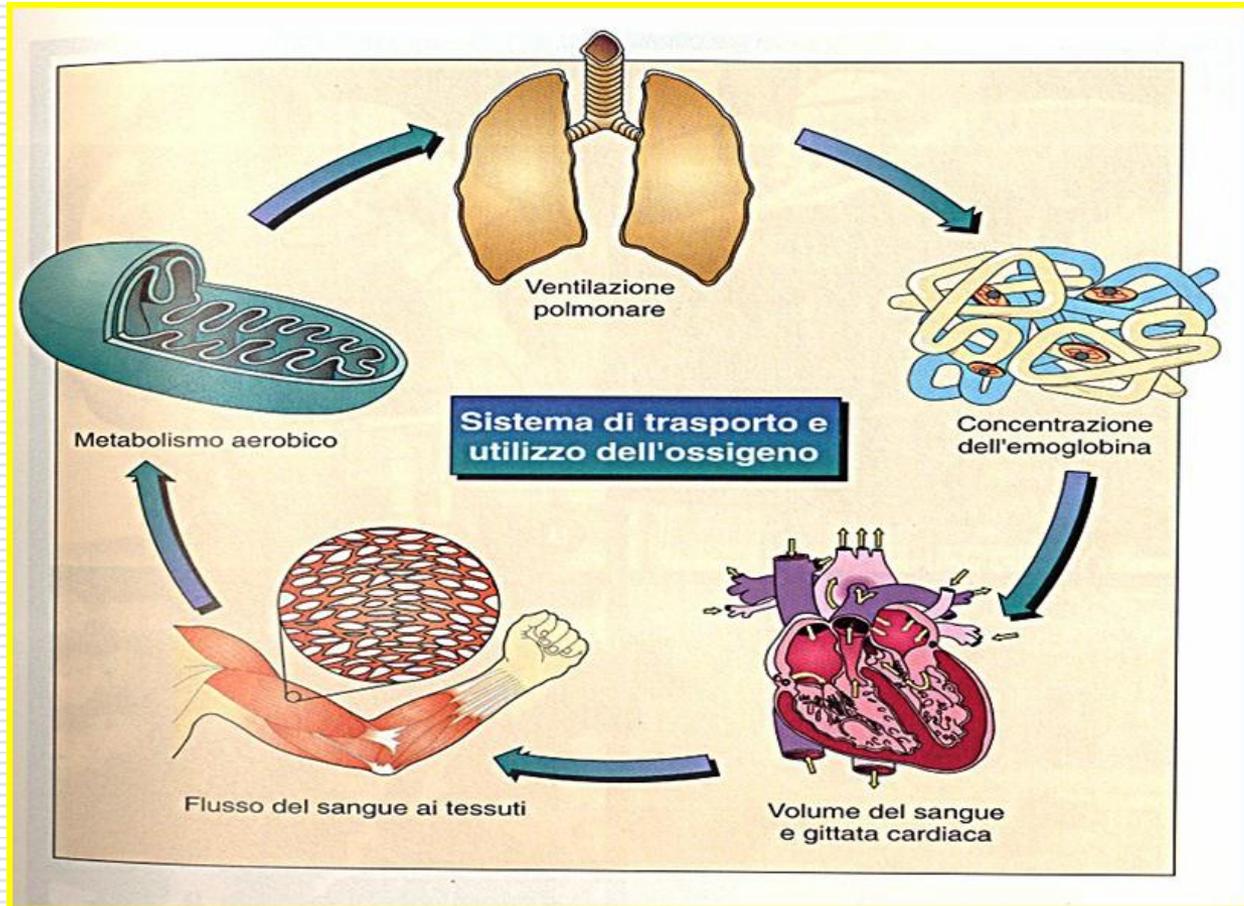
# PATTERN VENTILATORIO

$$V'_E = V_c * FR$$

- L'aumento di  $V'_E$  durante esercizio è il prodotto dell'incremento del volume corrente ( $V_c$ , litri) e della frequenza respiratoria (**FR**, atti al minuto)
- ❑  $V_c$  può aumentare sino a raggiungere valori superiori a **3** litri
- ❑ FR può aumentare da 12-15 atti respiratori al minuto a riposo, sino a **50-60** durante esercizio massimale
- ❑ Ciò significa che  $V'_E$  può aumentare sino a **160-180** l min<sup>-1</sup> (**25 volte** la ventilazione a riposo)

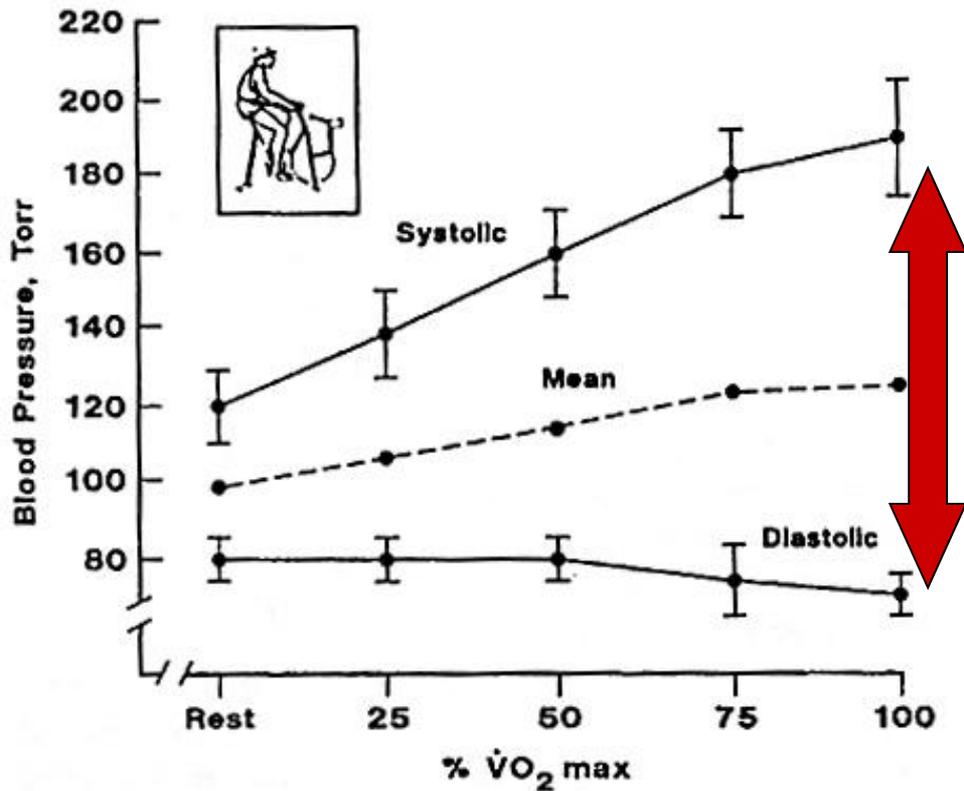


# In sintesi .....



# RISPOSTE PRESSORIE ALL'ESERCIZIO DINAMICO

risposta pressoria ed esercizio dinamico



Dunque c'è uno stretto legame tra metabolismo aerobico ed apparato cardiovascolare. La risposta pressoria è conseguente



# CENTRAL COMMAND E METABORIFLESSO

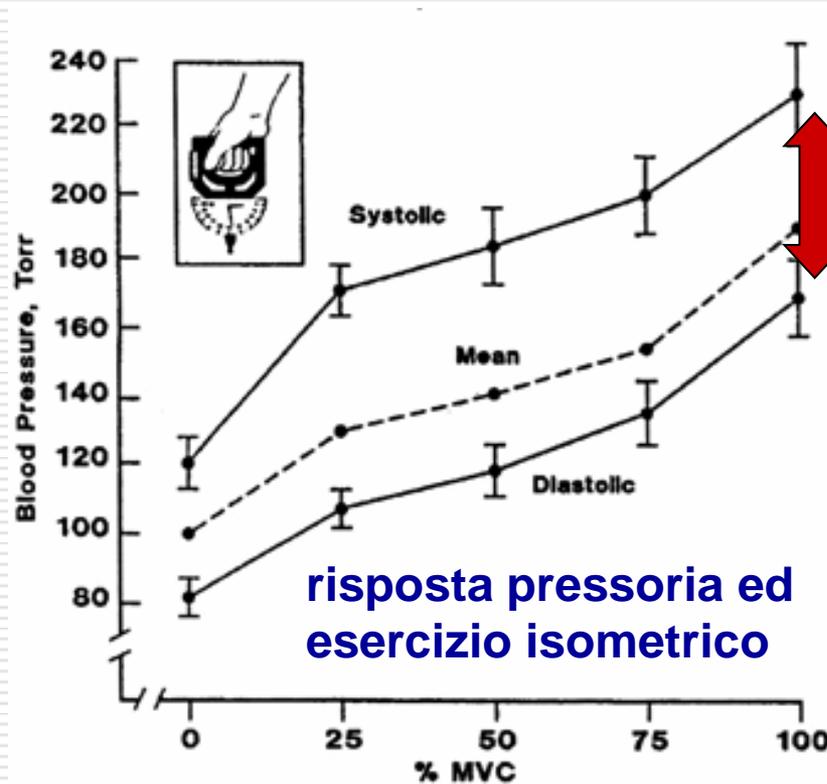
Quali sono i meccanismi per i quali FC e PA aumentano (anche in modo marcato) durante esercizio muscolare ?

1. **Central command: irradiazione centrifuga corticale su centri bulbari di controllo cardiovascolare**
2. **“Muscle heart reflex”**: riflesso simpatomediato a partenza muscolare periferica (metabocettori ?, meccanicocettori ?)
3. **La vasodilatazione metabodipendente e meccanodipendente nei muscoli è alla base della cosiddetta simpatolisi**



# RISPOSTE PRESSORIE ALL'ESERCIZIO ISOMETRICO

La risposta emodinamica si verifica, in forma diversa, anche quando l'esercizio non è aerobico (dinamico) ma Isometrico



# RISPOSTE PRESSORIE ALL'ESERCIZIO ISOMETRICO

- L'esercizio isometrico induce un aumento notevole della pressione arteriosa diastolica per occlusione meccanica ed attivazione del **metaboriflesso**
- Ciò comporta un **incremento**: i) del **postcarico** e della tensione nella fase isovolumetrica della sistole, con scarso aumento della gettata cardiaca e; ii) della **pressione arteriosa media**
- L'attivazione del sistema ortosimpatico, mediata dal metaboriflesso, induce una cospicua **tachicardia**
- **$mV'O_2$  aumenta** a dismisura e il **rendimento diminuisce**



# SULLA BASE DELL'IMPEGNO CARDIOVASCOLARE SONO STATE ELABORATE ALTRE CLASSIFICAZIONI, AI FINI DIAGNOSTICI O PER LA PRESCRIZIONE DELL'ESERCIZIO FISICO

COMITATO ORGANIZZATIVO CARDIOLOGICO  
PER L'IDONEITÀ ALLO SPORT  
(ANCE - ANMCO - FMSI - SIC - SIC-SPORT)

## Protocolli cardiologici per il giudizio di idoneità allo sport agonistico 2003

Classificazione delle  
attività sportive in base  
all'impegno cardio-  
vascolare



Casa Editrice Scientifica Internazionale

Federazione Medico Sportiva Italiana

Società Italiana di Cardiologia dello Sport



## Convegno Nazionale LA PRESCRIZIONE DELL'ESERCIZIO FISICO IN AMBITO CARDIOLOGICO

Presentazione Ufficiale del  
Documento di Consenso della Task Force  
FMSI - SIC Sport - ANCE - ANMCO - GICR - SIC  
"L'attività fisica nella prevenzione  
delle malattie cardiovascolari"

È stato richiesto il patrocinio di:

Comitato Olimpico Nazionale Italiano  
Ministero della Salute  
Ministero Beni Culturali  
Ministero Università e Ricerca Scientifica  
Istituto Superiore di Sanità  
Comitato Internazionale Olimpico

Associazione Nazionale  
Cardiologi Extra-ospedalieri

Gruppo Italiano  
di Cardiologia Riabilitativa

Associazione Nazionale Medici  
Cardiologi Ospedalieri

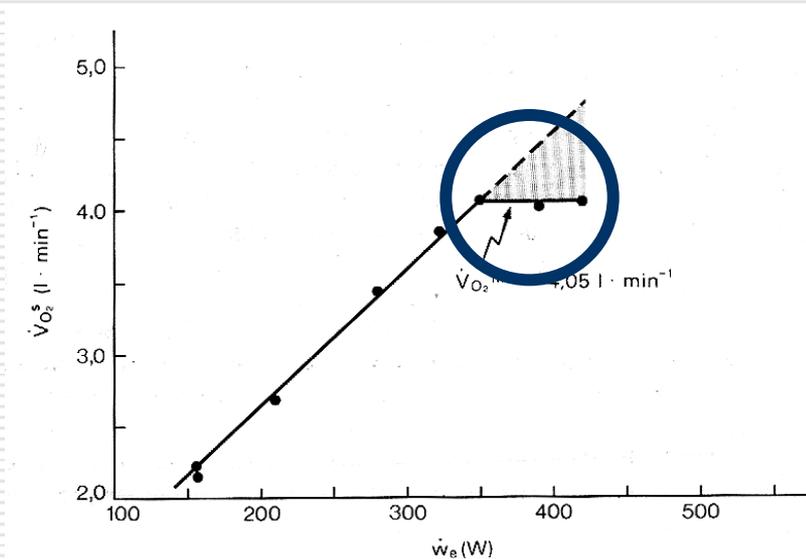
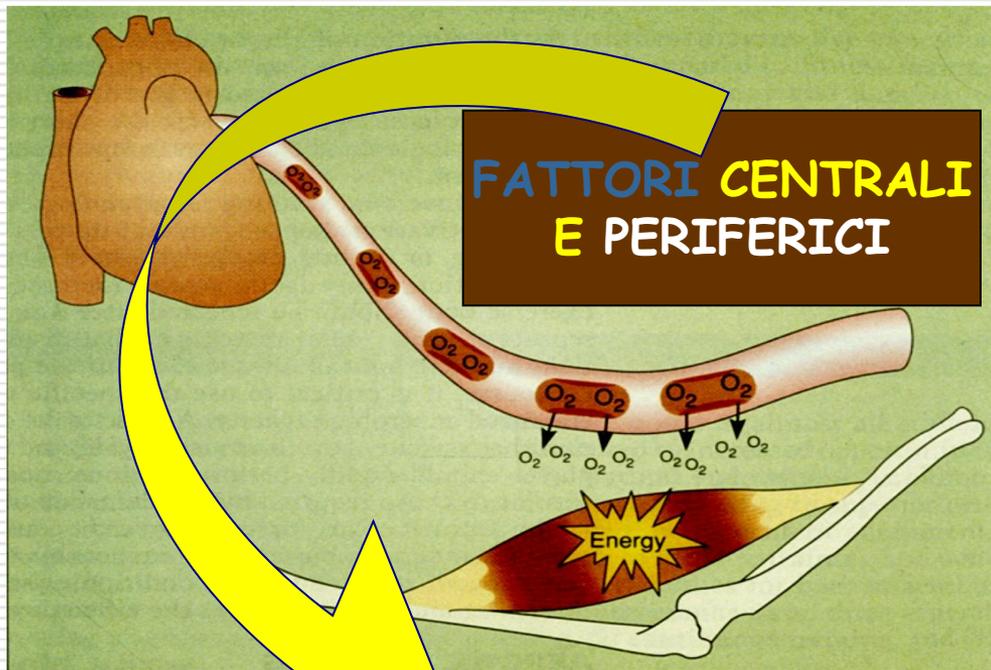
Società Italiana  
di Cardiologia

Classificazione delle  
attività fisiche (sportive e  
ludiche) in base  
all'impegno fisiologico e  
cardio-vascolare

Roma, 9 maggio  
Salone d'Onore del CONI  
Piazza del Popolo - Foro Italico



# QUALI SONO GLI INDICI PIU' IMPORTANTI DEL METABOLISMO AEROBICO?



**Massima produzione ATP per via aerobica**



# **IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO**

---

**è una misura globale ed  
integrata di tutti quei  
meccanismi responsabili del  
trasporto di ossigeno e della  
sua utilizzazione nei  
mitocondri a livello cellulare**

---



# **IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO**

---

**è una misura globale ed  
integrata di tutti quei  
meccanismi responsabili del  
trasporto di ossigeno e della  
sua utilizzazione nei  
mitocondri a livello cellulare**

---



# IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO

---

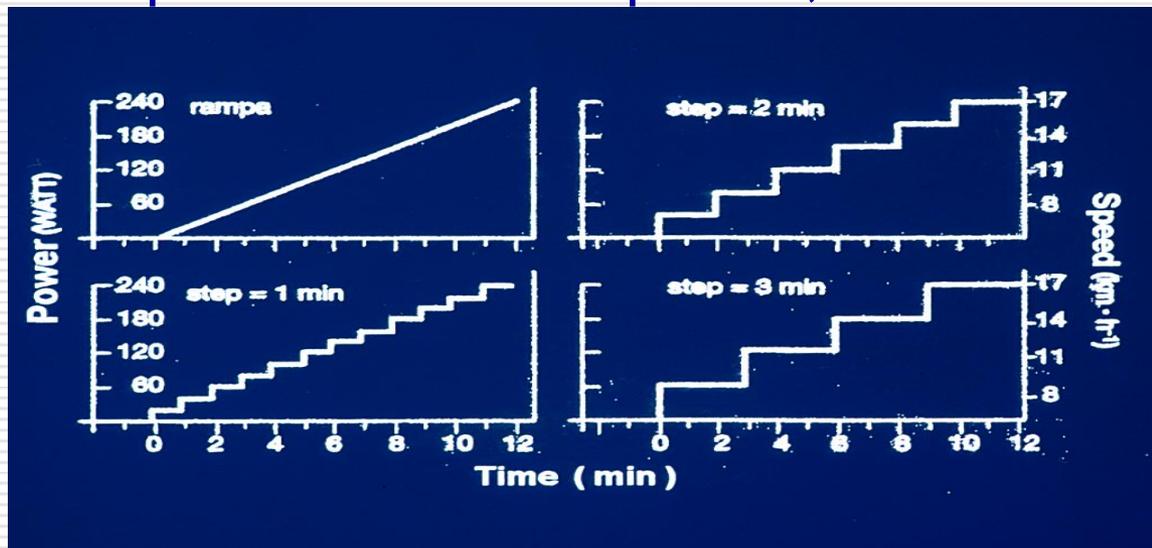
**IL  $V'O_2$  *max* E' L'INDICE PIU' UTILIZZATO PER VALUTARE  
LA FUNZIONALITA' CARDIO-RESPIRATORIA E  
METABOLICA**

**L'ANALISI ACCURATA DEI DATI DI UN TEST CARDIO-  
POLMONARE CONSENTE DI VALUTARE, IN MODO  
NON INVASIVO, LA FUNZIONALITA' DEGLI APPARATI  
CARDIO-VASCOLARE E RESPIRATORIO E  
L'EQUILIBRIO DEL RAPPORTO VENTILAZIONE-  
PERFUSIONE POLMONARE**



# IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO

- **Determinazione diretta del  $\dot{V}O_{2\max}$** 
  - Metabolimetri
  - Specificità dell'esercizio
  - Durata: 7 - 10/12 minuti
  - Tipo di test: onda quadra, incrementale, step



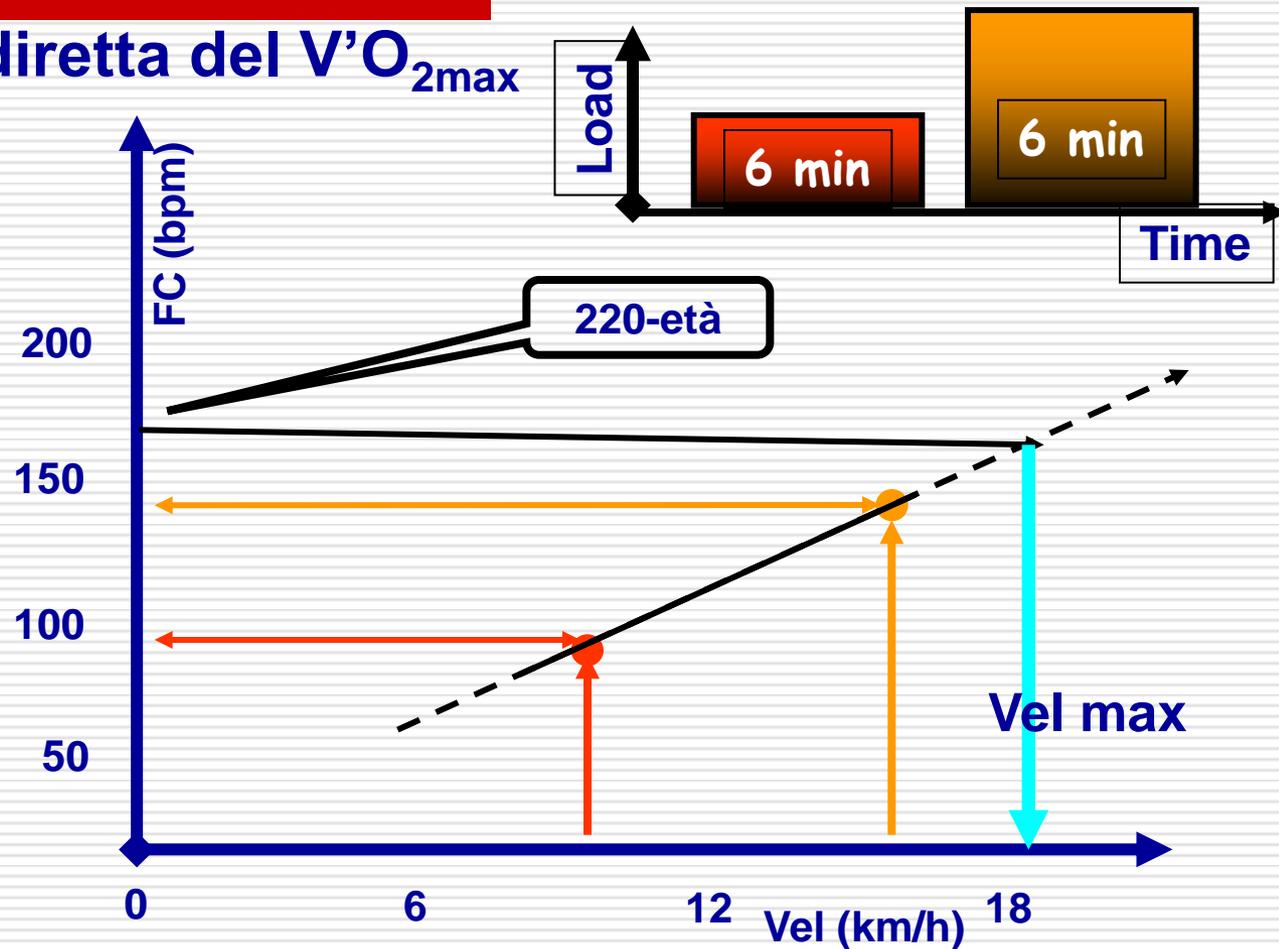
# IL MASSIMO CONSUMO DI OSSIGENO: TEST INDIRETTI

## Determinazione indiretta del $\dot{V}'O_{2max}$

### Double Step test

#### Principi ed assunzioni

- Si assume una relazione lineare tra  $Q'$  e  $\dot{V}'O_2$  e, quindi, tra FC e  $\dot{V}'O_2$
- In realtà si utilizza la relazione WL-FC
- Si calcola la  $F_{cmax}$  teorica del soggetto
  - a.  $220 - \text{età (aa)}$
  - b.  $208 - 0.7 \cdot \text{età (aa)}$
- Si assume che la relazione tra WL e  $\dot{V}'O_2$  sia lineare ed a rendimento dell'esercizio costante



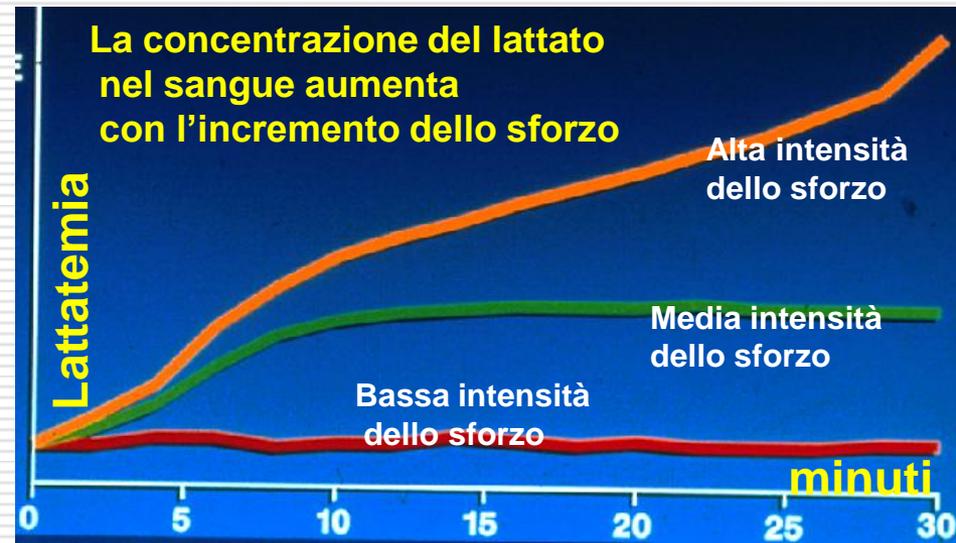
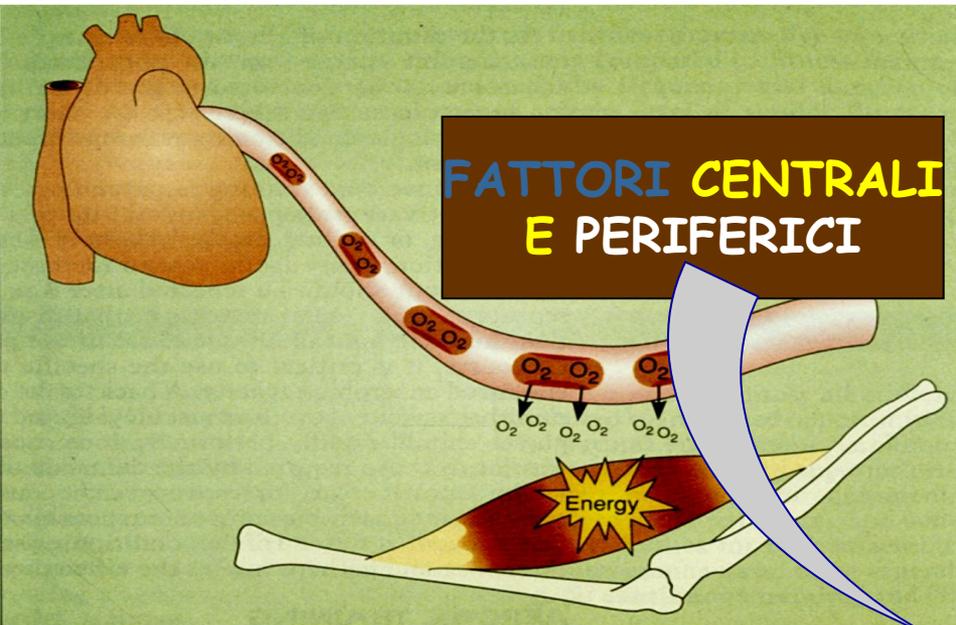
# IL V'O<sub>2</sub> MAX: VALORI DI RIFERIMENTO

Male rating	Age (years)					
	18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	66+
Excellent	80-63	70-58	77-53	60-47	58-43	50-38
Good	59-53	54-50	49-44	43-40	39-37	36-33
Above average	51-47	47-44	42-40	38-35	35-33	32-29
Average	46-43	42-40	38-35	35-32	31-30	28-25
Below average	41-38	39-35	34-32	31-29	29-26	25-22
Poor	35-31	34-31	30-27	28-26	25-22	21-20
Very poor	29-20	28-20	25-19	23-18	21-16	18-15
<b>Female rating</b>						
Excellent	71-58	69-54	66-46	64-42	57-38	51-33
Good	54-48	51-46	44-39	39-35	36-32	31-28
Above average	46-42	43-40	37-34	33-31	31-28	27-25
Average	41-39	38-35	33-31	30-28	27-25	24-22
Below average	37-34	34-31	30-28	27-25	24-22	22-20
Poor	32-29	30-26	26-23	24-21	21-19	18-17
Very poor	26-18	25-20	21-18	19-16	17-14	16-14

Adapted from Golding, Myers, and Sinning (1989).



# QUALI SONO GLI INDICI PIU' IMPORTANTI DEL METABOLISMO AEROBICO?



**SOGLIA ANAEROBICA**



# LA SOGLIA ANAEROBICA

---

**Il carico di lavoro che può essere sostenuto con la massima concentrazione, in stato stazionario, di lattato ematico, meglio definita come**

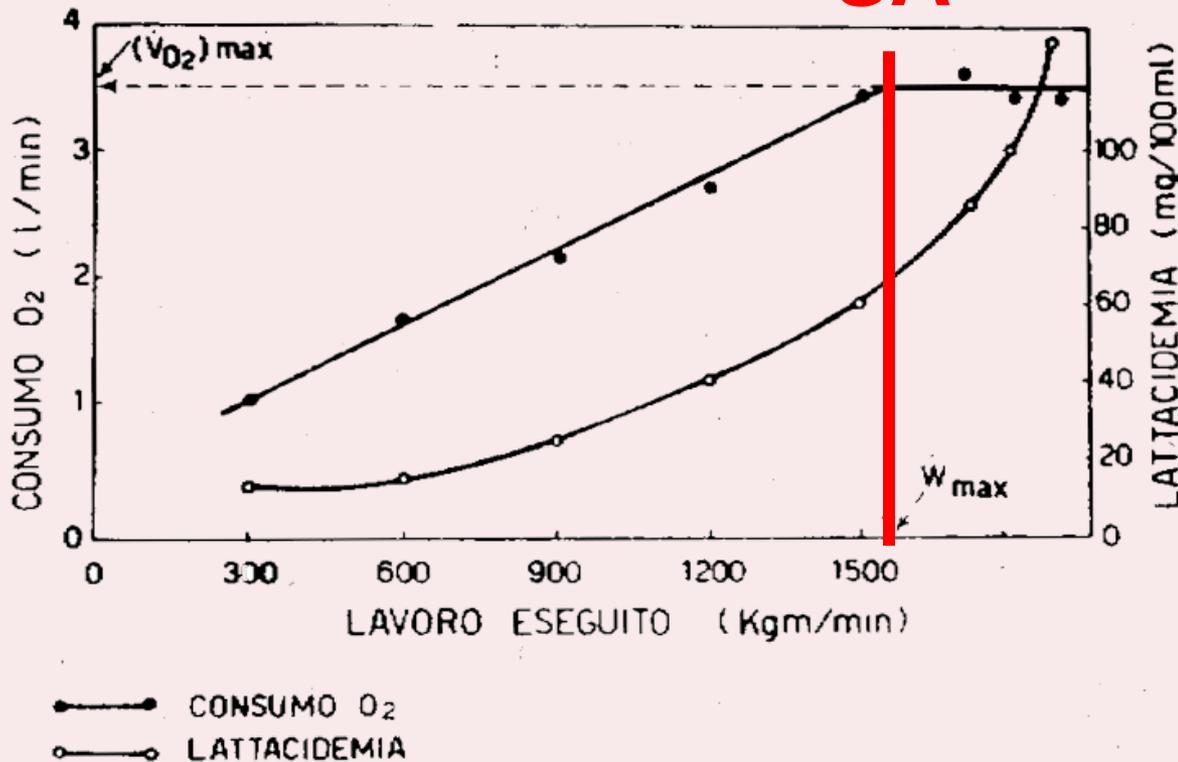
**Maximal Lactate in Steady State**

---



# LA SOGLIA ANAEROBICA

SA



L'aumento della concentrazione del lattato nel sangue inizia prima che il soggetto abbia raggiunto il V'O<sub>2</sub>max

