

METABOLISMO ENERGETICO E PRESTAZIONE 2

Modulo 1

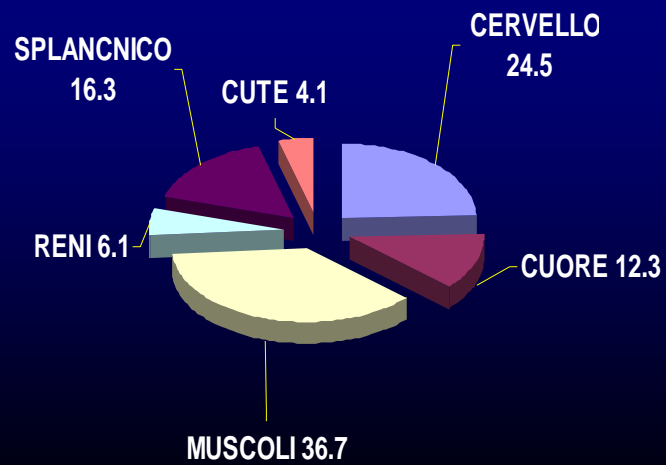
Energetica muscolare durante esercizio:

Concetti di Energia, Lavoro, Potenza. Fonti energetiche. Metabolismo anaerobico alattacido e lattacido. Soglia anaerobica. Metabolismo aerobico. Adattamenti energetici muscolari da allenamento aerobico e anaerobico. Restauro dall'esercizio. Ricostruzione delle riserve energetiche. Rimozione dell'acido lattico. Misurazione del costo energetico dell'esercizio e del rendimento. Massimo consumo di ossigeno. Fibre muscolari e differenti tipi di unità motorie: utilizzazione durante la prestazione.

AGGIUSTAMENTI

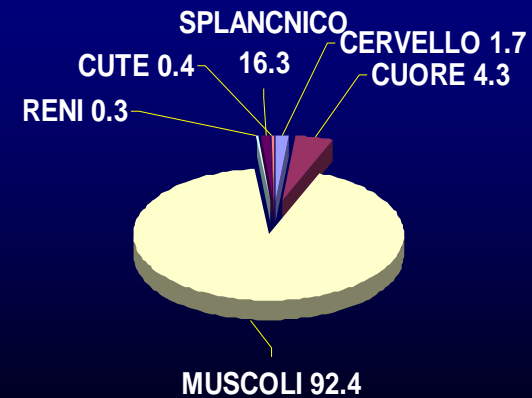
CONSUMO OSSIGENO [%]

RIPOSO



CONSUMO OSSIGENO [%]

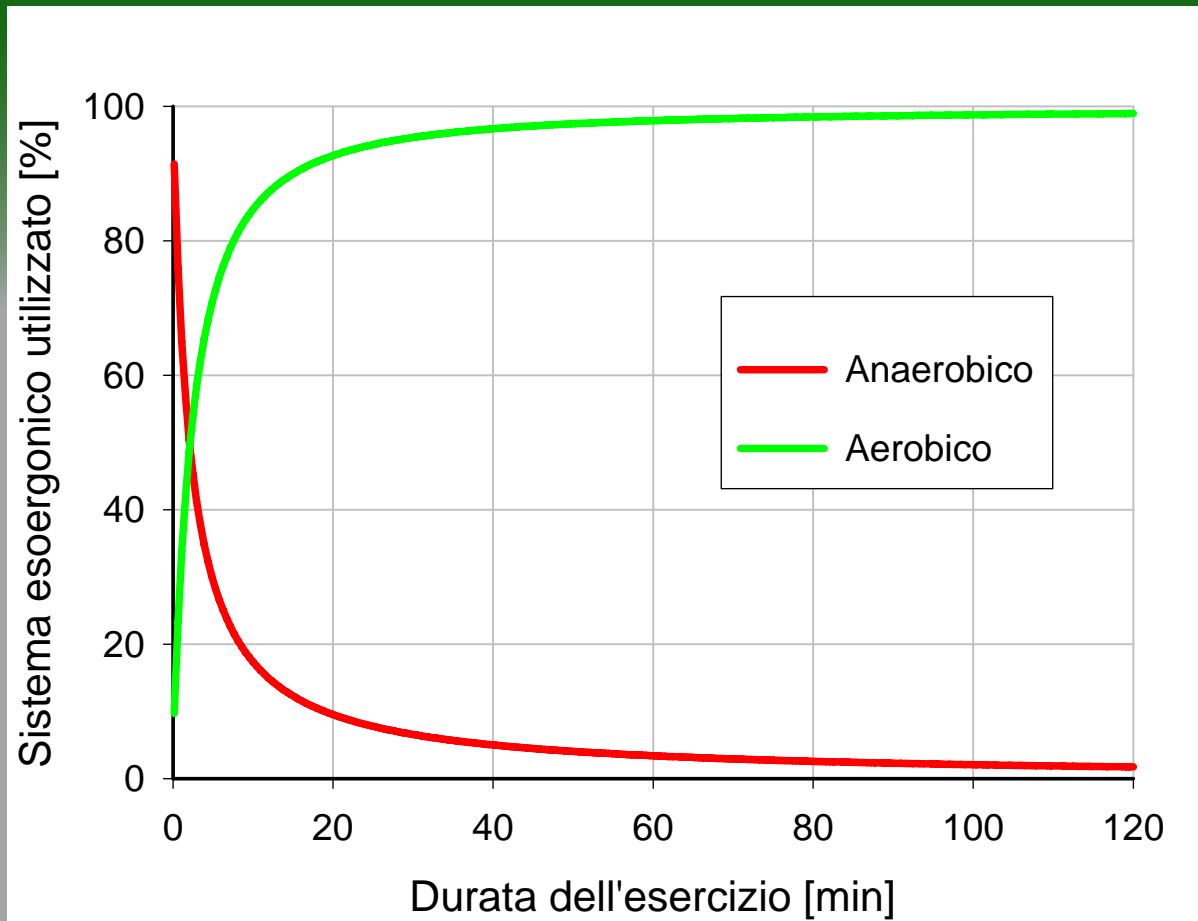
ESERCIZIO



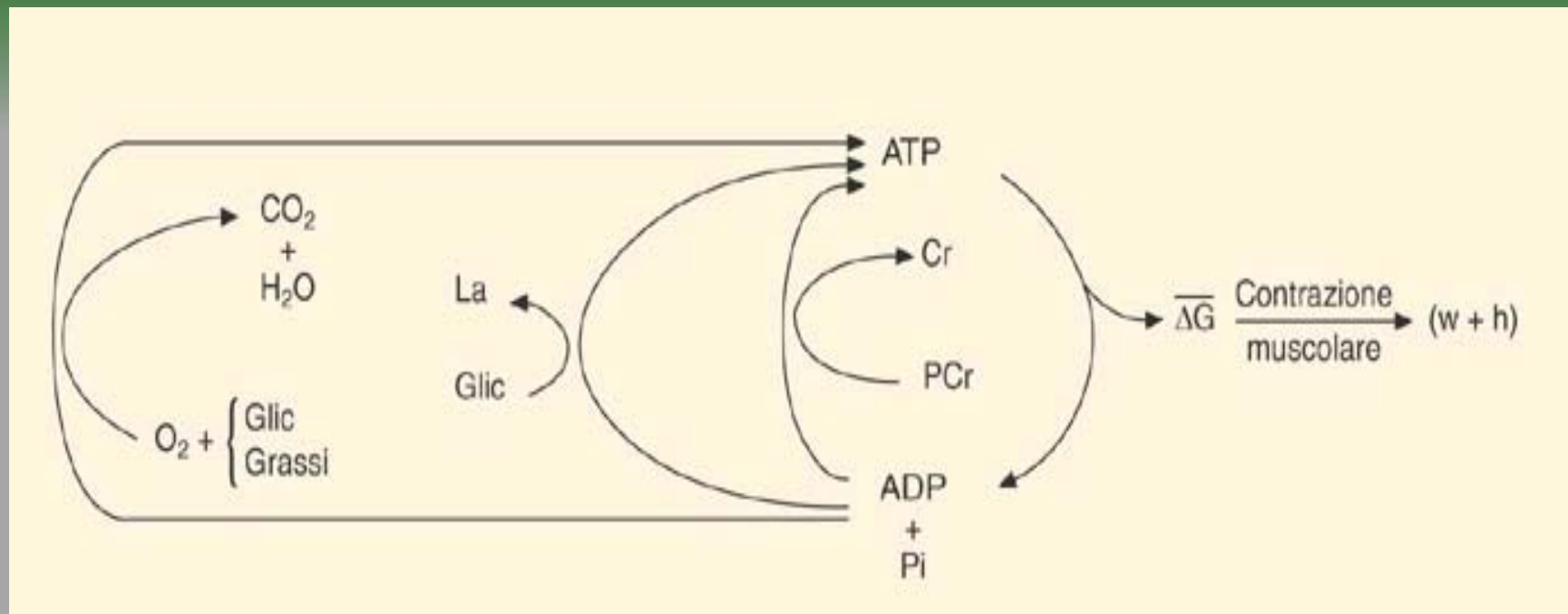
Classificazione delle attività sportive

- Attività ad impegno prevalentemente anaerobico
LATTACIDO (20-45 s)
- Attività ad impegno aerobico-anaerobico massivo
(45 s - 4, 5 min)
- Attività ad impegno prev. aerobico (>4-5 min)
- Attività ad impegno aerobico-anaerobico alternato
- Attività di potenza ad impegno prevalentemente anaerobico ALATTACIDO (1. forza; 2. impulsive; 3. propulsive)
- Attività di destrezza (1. con notevole imp. muscolare; 2. con imp. muscolare posturale e direzionale; 3. con scarso impegno muscolare)
- Attività ad impegno combinato

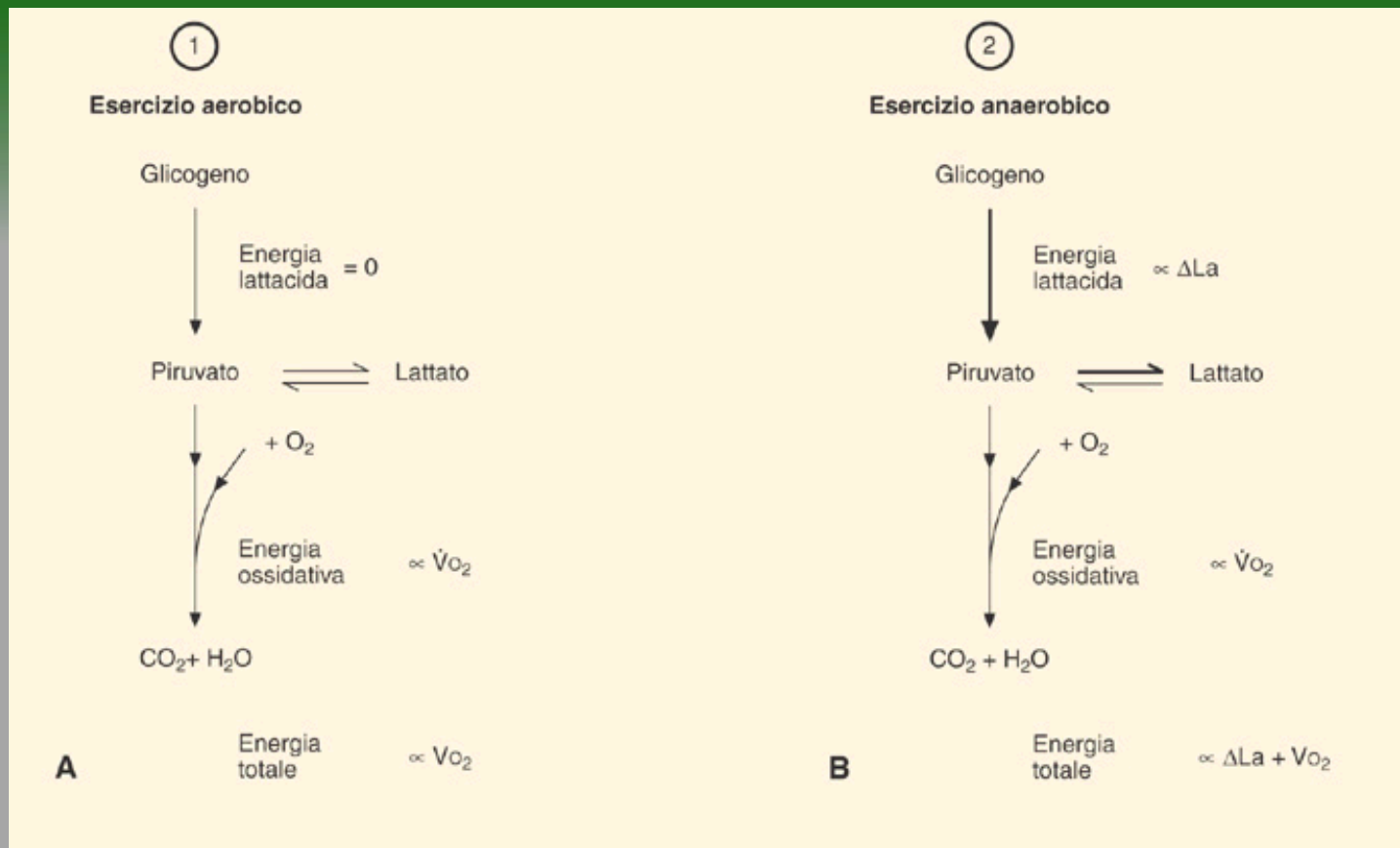
Utilizzazione dei sistemi energetici



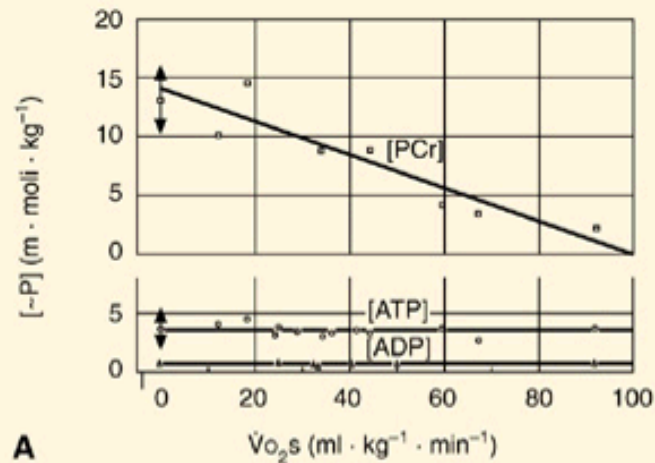
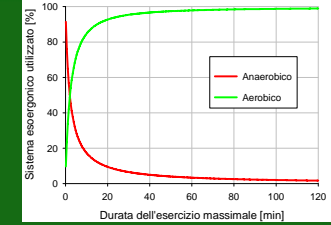
Utilizzazione dei sistemi energetici



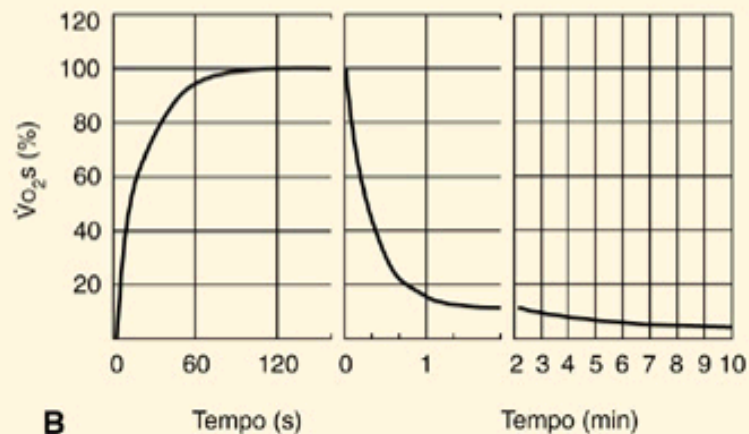
Utilizzazione dei sistemi energetici



Il sistema Anaerobico Alattacido



A

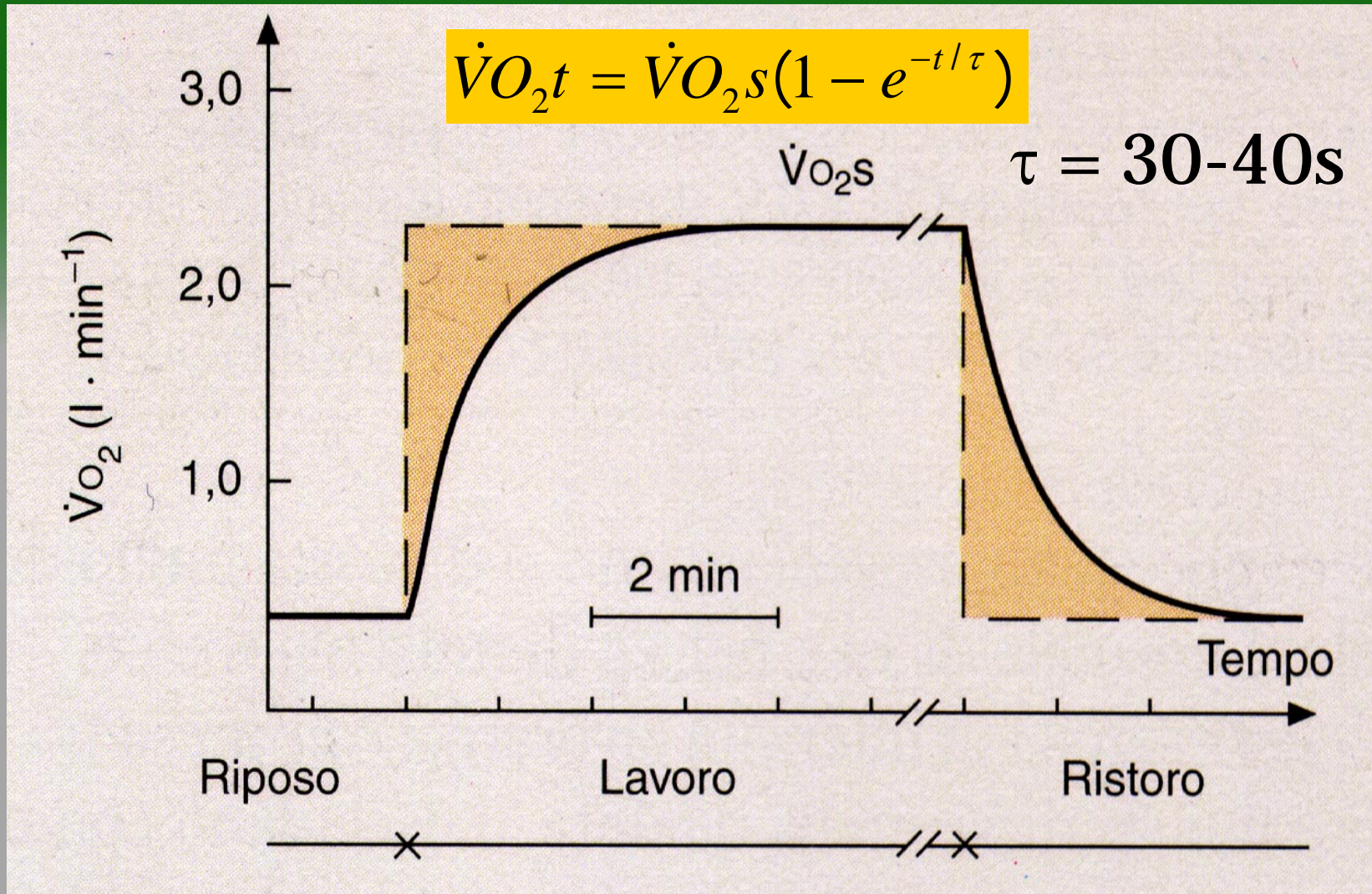
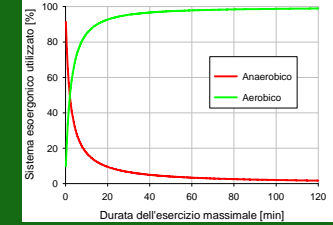


B

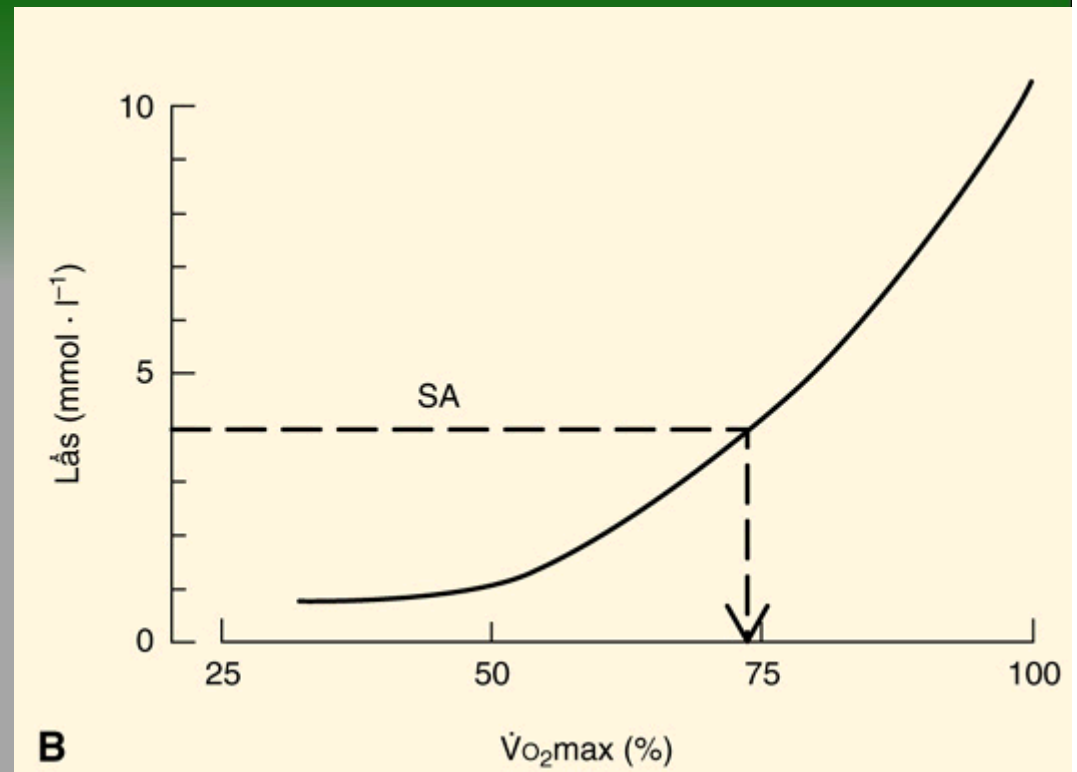
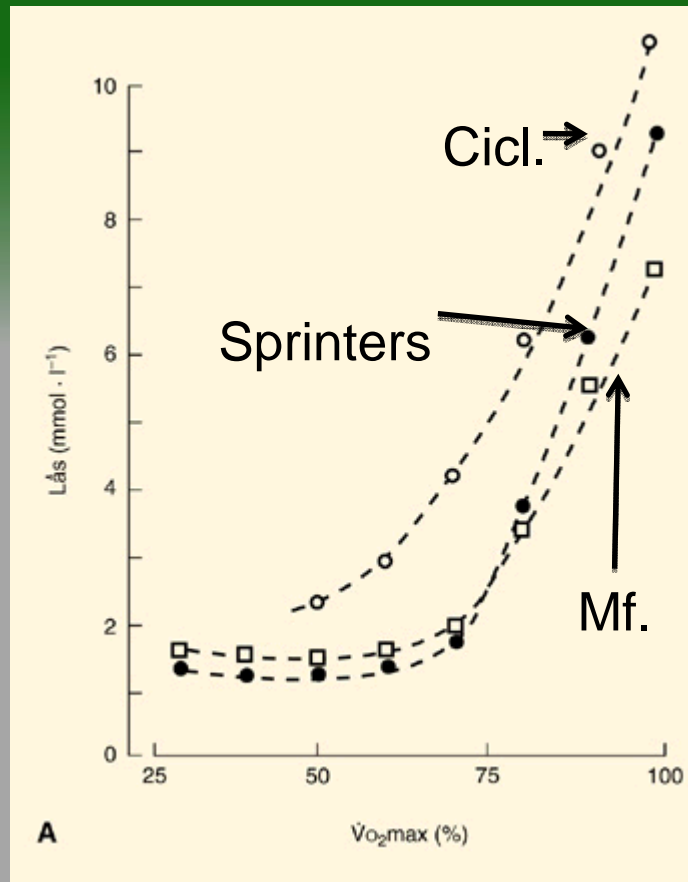
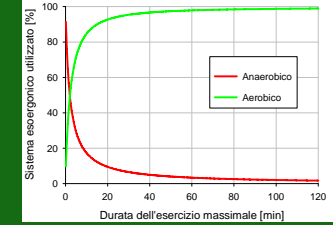
Concentrazione dei fosfati altamente energetici (\sim P) nel muscolo isolato durante lavoro aerobico allo stato stazionario ($\dot{V}O_{2s}$).

Consumo di ossigeno durante esercizio e restauro. La caduta della PCr avviene nei primi minuti di esercizio, quando il $\dot{V}O_2$ non ha ancora raggiunto lo stato stazionario; la sua risintesi avviene nei primi minuti di restauro quando $\dot{V}O_2 >$ di riposo.

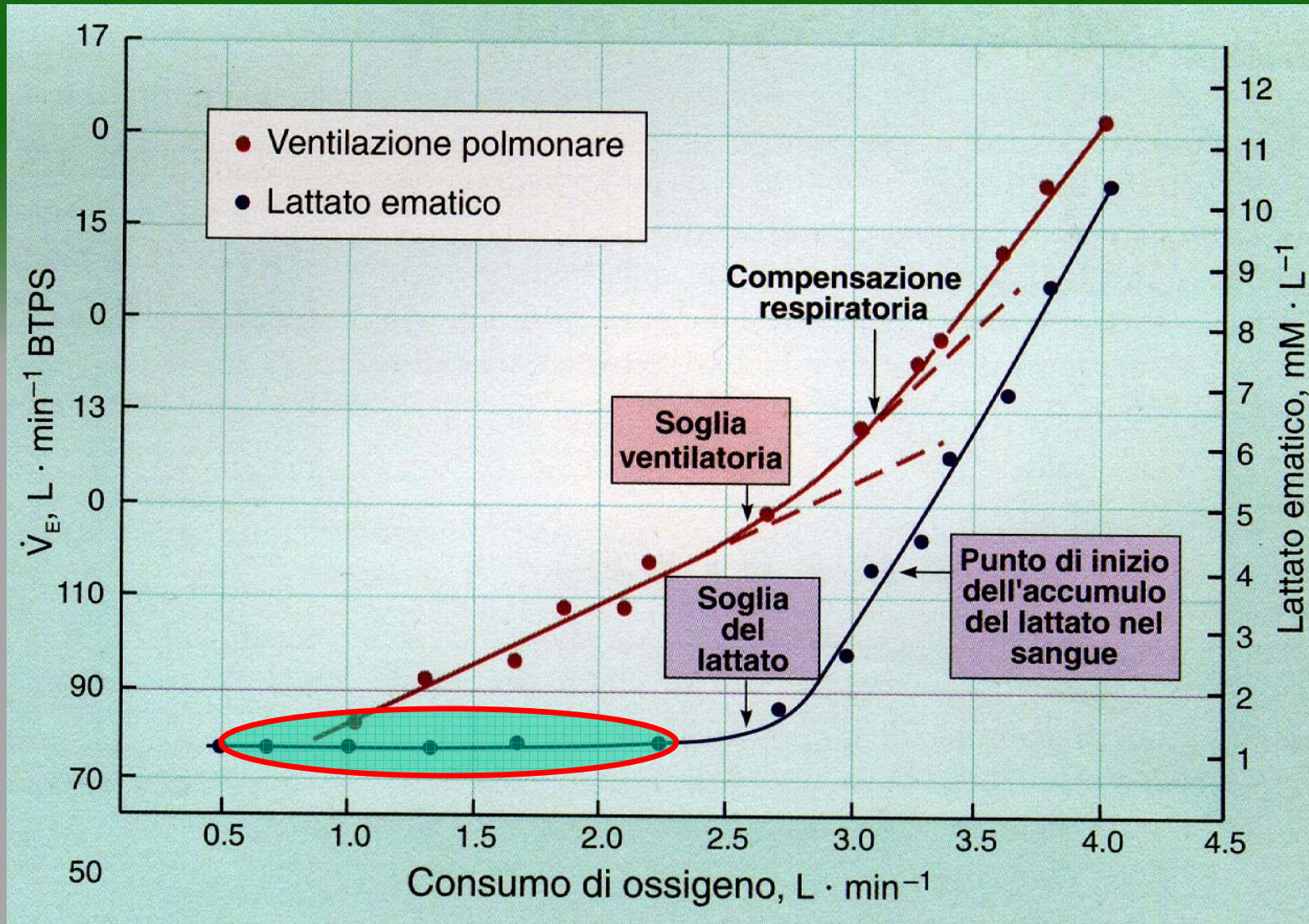
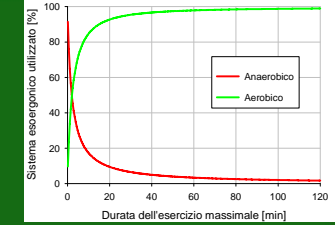
Il sistema Lattacido



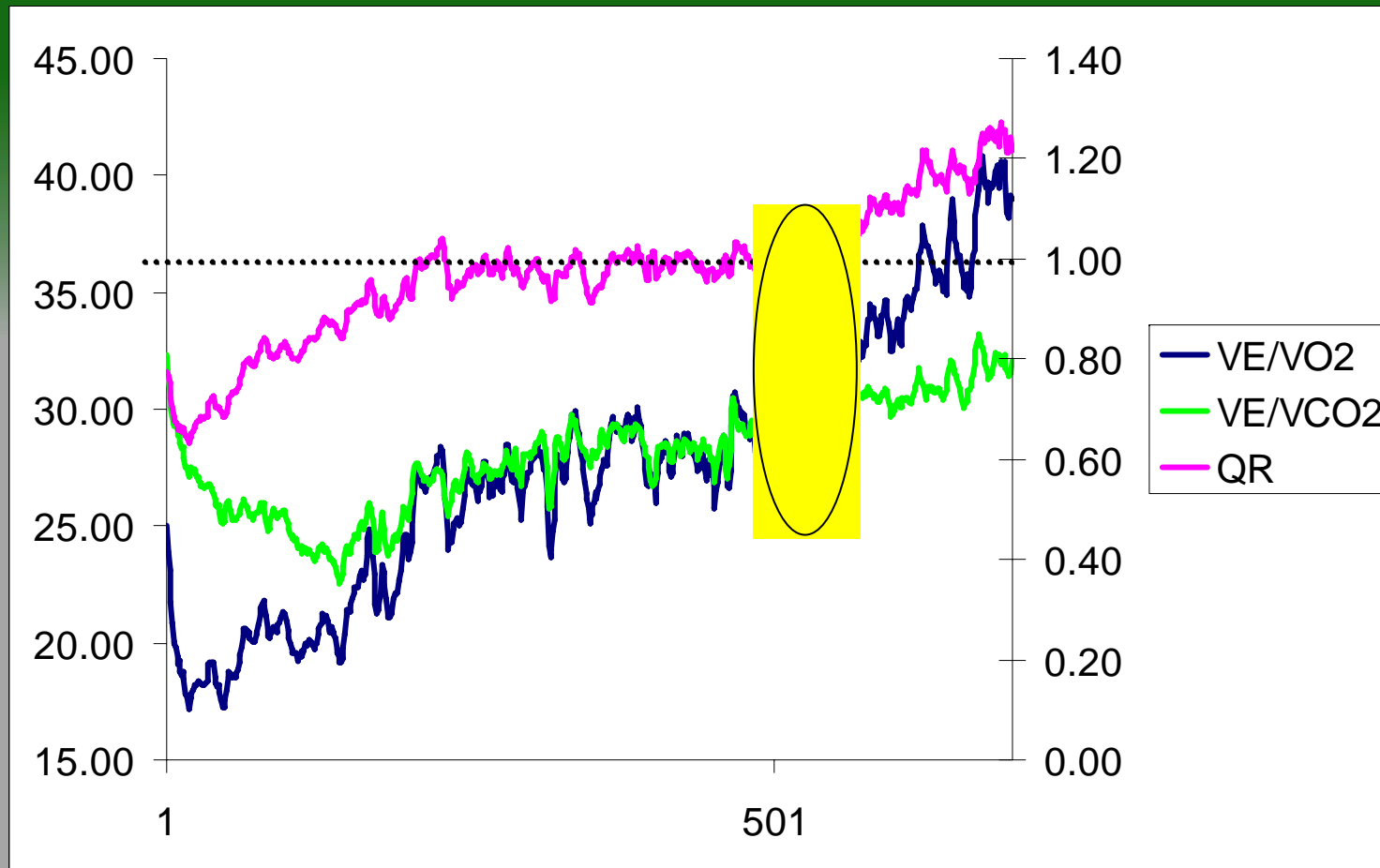
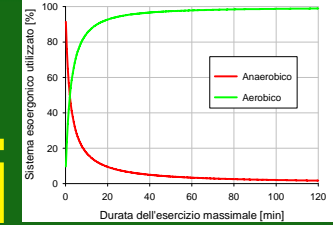
Accumulo di Lattato



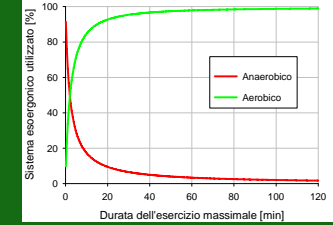
L'accumulo di lattato



Metodo degli Equivalenti



La Soglia Anaerobica [SA]

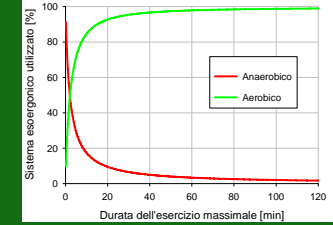


Zona di passaggio da un metabolismo di tipo aerobico ad un metabolismo di tipo “misto”.

Accumulo ematico di Lattato

[La+] > 4mmoli

SA: Ipotesi



1. IPOSSIA DISTRETTUALE:

Presenza di zone ipo-ossigenate e costrette a lavorare in anaerobiosi

2. EFFETTO MASSA DEL PIRUVATO

Produzione massiva di piruvato con conseguente insufficiente smaltimento

3. RECLUTAMENTO FIBRE IIB

4. RIDUZIONE CLEARANCE DEL $[La^+]$

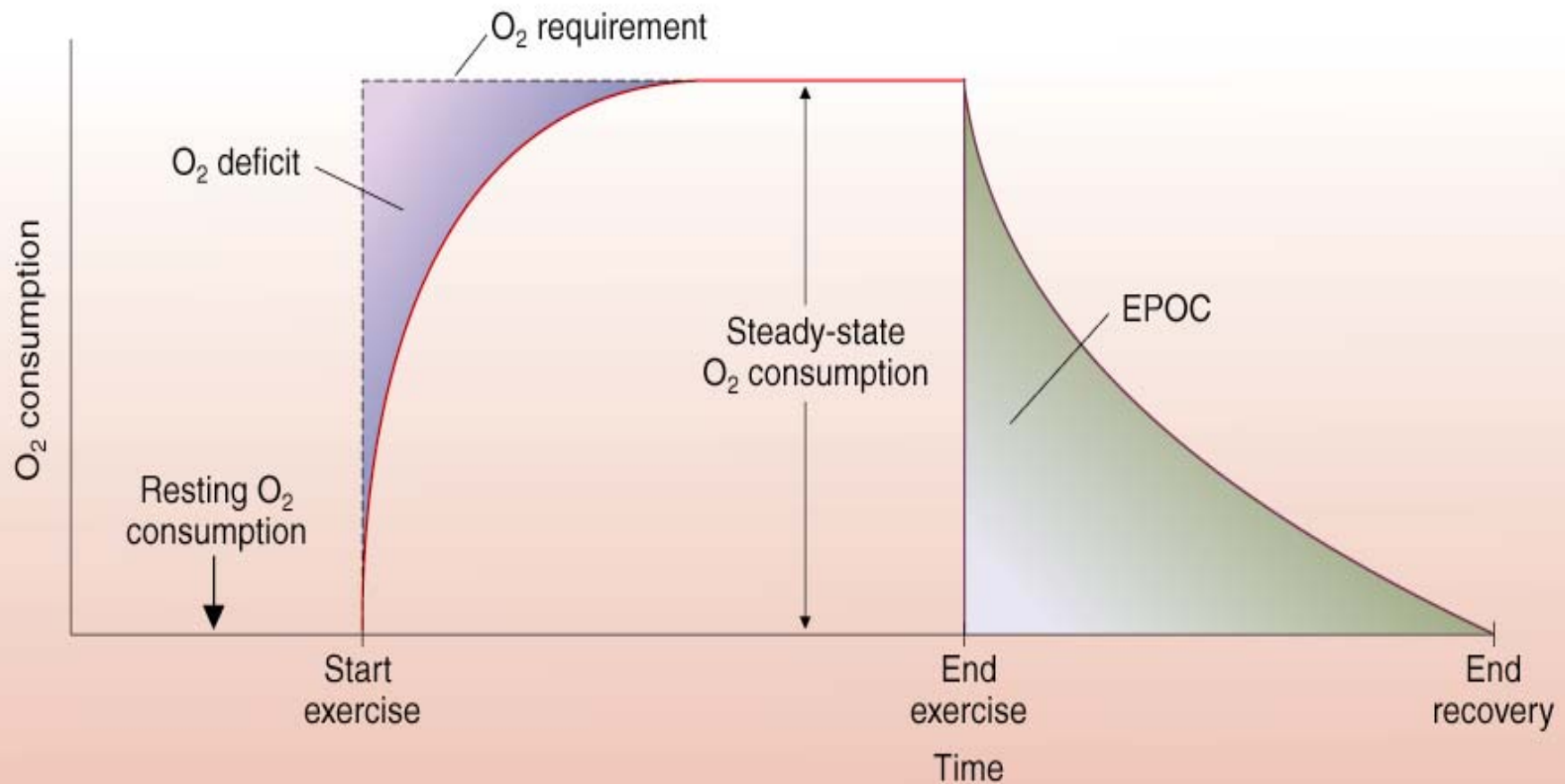
Insufficienza del Ciclo di Cori

Stima dell'Impegno Anaerobico

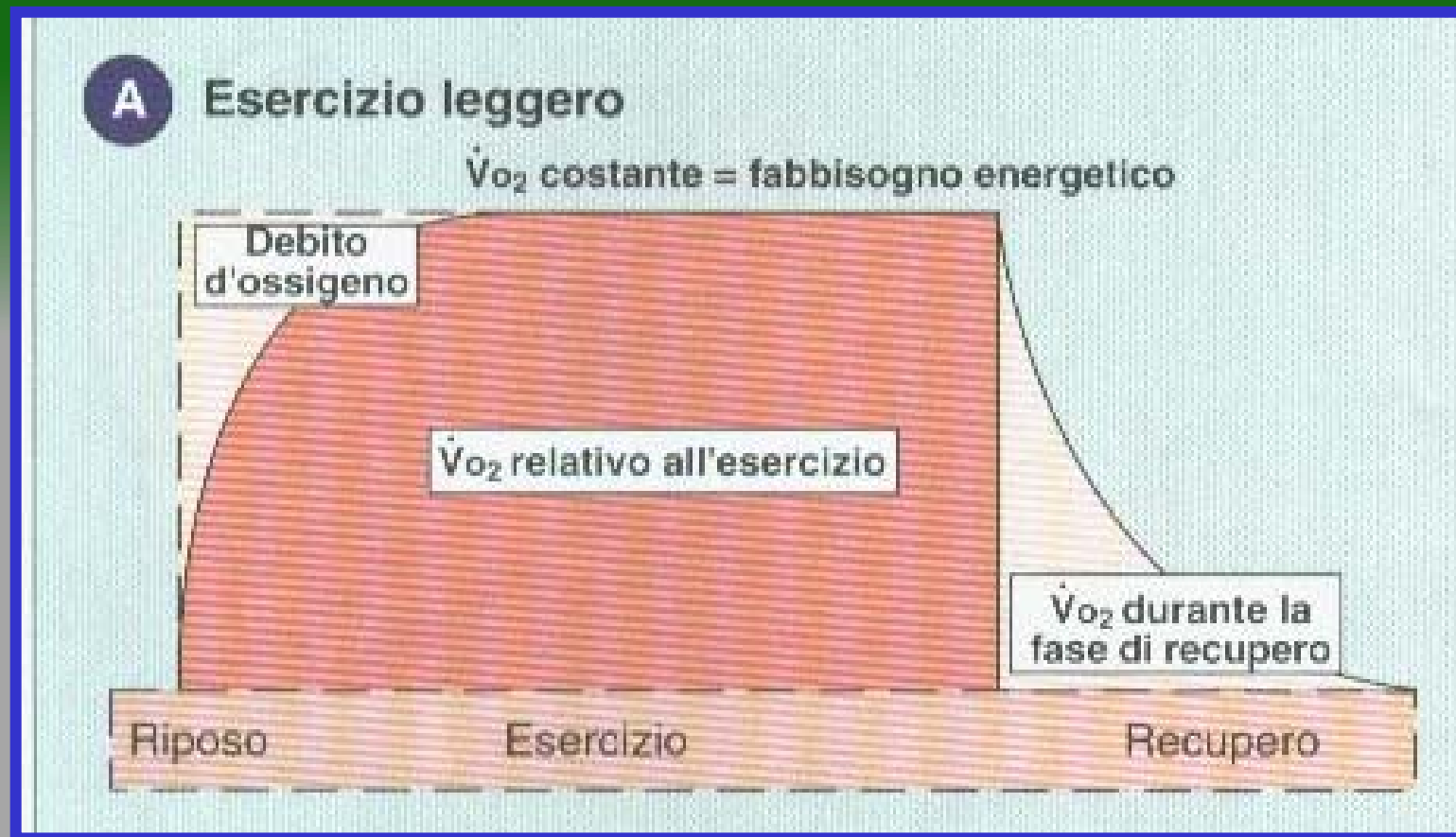
Non è ancora disponibile un metodo completamente accettabile per determinare la capacità anaerobica di un soggetto. Alcuni metodi ne consentono una stima approssimata:

- Analisi del consumo di ossigeno in eccesso al termine dell'esercizio (EPOC) – disaccoppiamento tra consumo di ossigeno e richieste energetiche durante il recupero
- Stima dell'accumulo muscolare di lattato su campioni ematici; stima della soglia lattato (LT)
- Uso del test di massimo deficit di ossigeno accumulato, il test di potenza critica, il test di Wingate, sono tecniche promettenti anche se con alcuni limiti

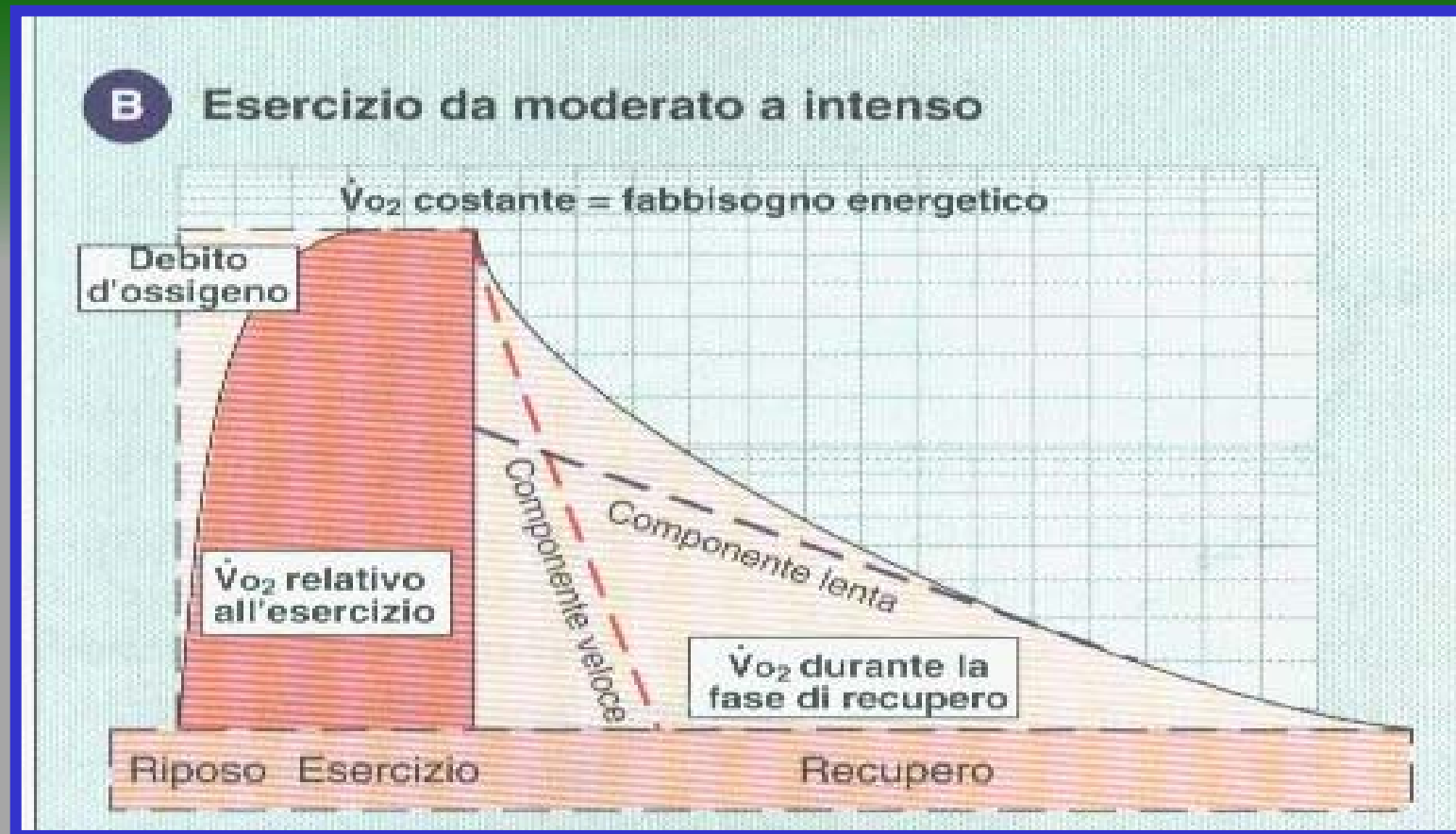
DEBITO DI OSSIGENO ED EPOC



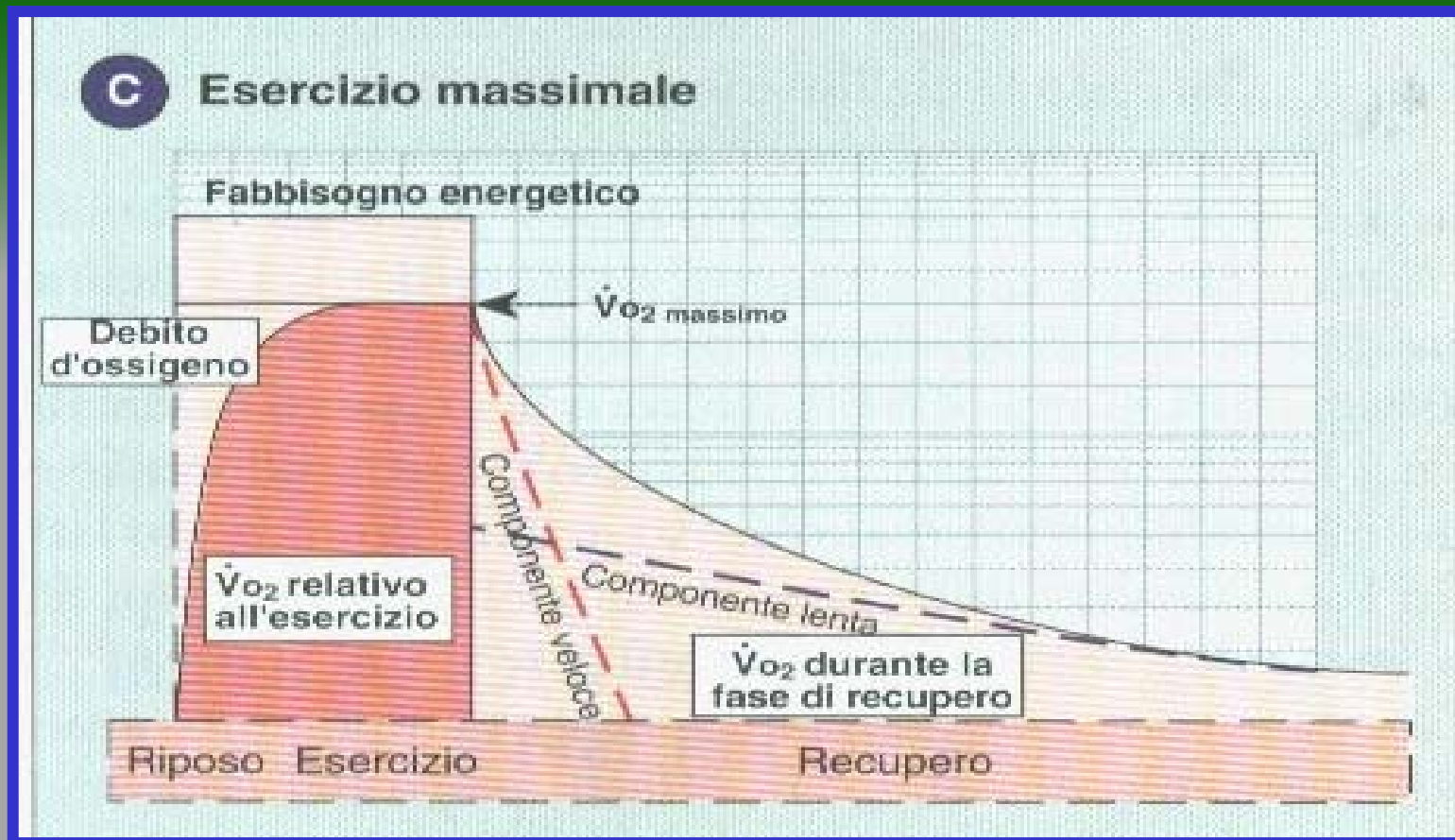
Il Restauro dall'esercizio



Il Restauro dall'esercizio



Il Restauro dall'esercizio



Il recupero

A.V. Hill (1922, 1933): → Debito di Ossigeno

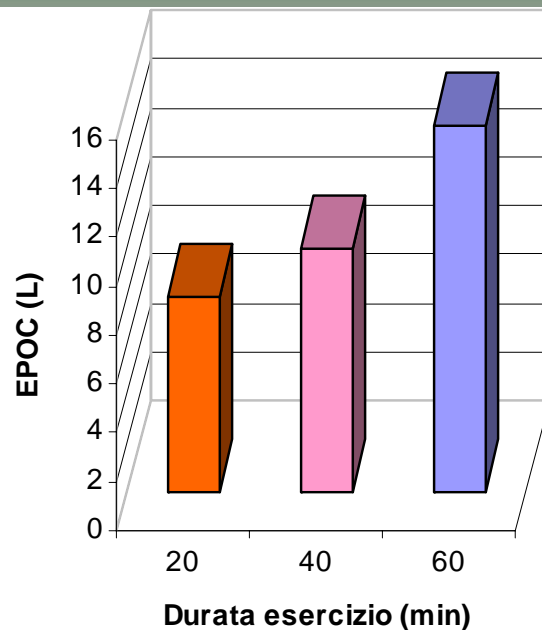
Componente lattacida

Componente alattacida

Il pagamento del debito serve :

a) Ricostituire le scorte di glicogeno a partire dal lattato (80% ciclo di Cori)

b) Lattato → Piruvato → ciclo di Krebs



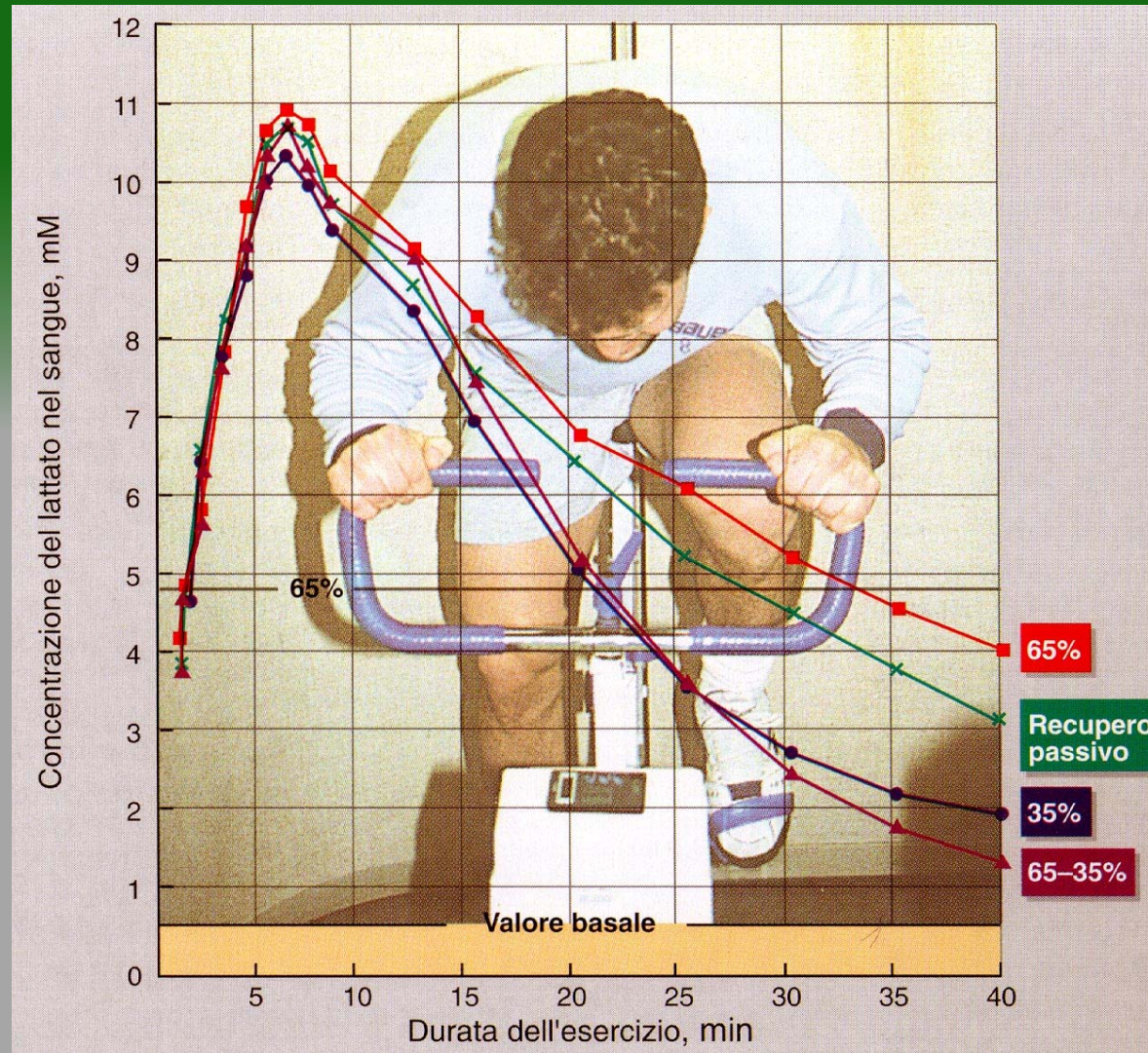
MODELLO ESPLICATIVO ATTUALE (EPOC)

- Resintesi di ATP e CP
- Resintesi di glicogeno a partire dal lattato
- Ossidazione del lattato
- Riossigenazione del sangue
- Temperatura corporea
- Ormoni (catecolamine)

Fattori responsabili dell'EPOC

- Ricostituzione delle scorte di ATP
- Allontanamento del lattato prodotto dal metabolismo anaerobico
- Restituzione dell'O₂ preso a prestito da emoglobina e mioglobina
- Rimozione della CO₂ accumulata nei tessuti corporei
- Aumento della portata metabolica e della frequenza respiratoria indotti dall'incremento di temperatura e dei livelli ematici di catecolamine circolanti

Il recupero: Quali implicazioni per l'allenamento?





Il progetto “Atene 2004”

Una popolazione “Speciale”: Il Club Olimpico



12 Atleti



6 M (5J + 1L)

6 F (5J + 1L)

- Età: 26 ± 4 aa
- Peso: 109 ± 29.3 kg
- Statura: 184.5 ± 7.6 cm
- BMI: 31.7 ± 6.7

- Età: 28 ± 1.5 aa
- Peso: 63.8 ± 7.1 kg
- Statura: 167.2 ± 7 cm
- BMI: 22.7 ± 1.9

Obiettivi e Domande

Obiettivo del progetto

Delineare il profilo fisiologico (metabolico) in un gruppo selezionato di atleti di judo di alta qualificazione appartenenti al “Club Olimpico”.

Domande

1. Quanto omogeneo è un gruppo costituito da atleti di alta qualificazione?
2. In che modo e in quale misura le stesse metodiche di allenamento producono gli stessi risultati?
3. Quale relazione esiste - *se esiste* - tra risultati forniti dai Test di laboratorio e la prestazione in gara?

Sviluppo del progetto

1. *Valutazione della Potenza Aerobica*
2. **Valutazione della Potenza Anaerobica**
3. **Valutazione dell'impegno metabolico e cardiaco durante un test "Tipo gara"**
4. *Test di potenza (arti inferiori)*
 1. *Special Judo Fitness Test, SJFT*
 2. *Test di Bosco*

Potenza Aerobica

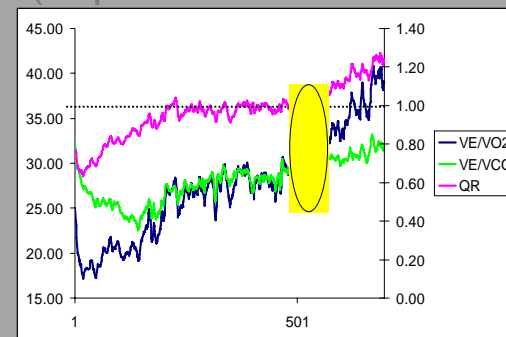
Test di Massima Potenza Aerobica - MPA

Test di Bruce (modificato)



MISURE EFFETTUATE

- Massima potenza aerobica (VO_2max)
- Produzione di Anidride carbonica (VCO_2)
- Ventilazione polmonare (VE)
- Frequenza cardiaca (Fc)
- Soglia Anaerobica (Equivalenti Ventilatori)



Potenza Anaerobica

Test di Wingate arti inferiori (WAnT 30-s)

● RISCALDAMENTO (5 min)

Potenza costante: 70W (M); 40W (F)

Frequenza di pedalata: 60 rpm

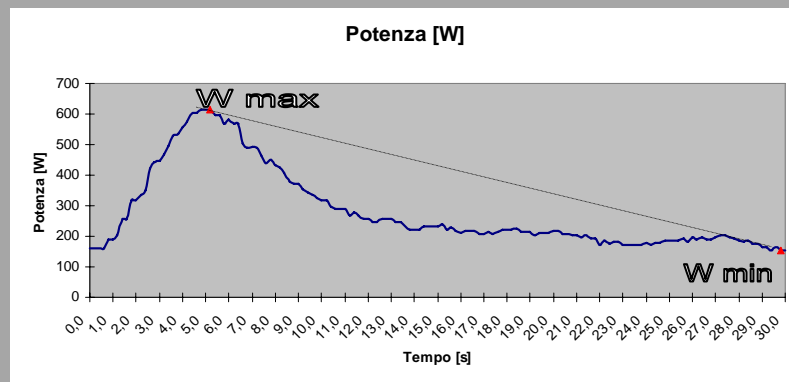
● TEST

30 sec alla velocità massima possibile

Carico frizionale: 80% peso corporeo (M)

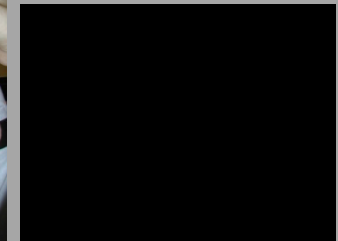
77% peso corporeo (F)

● RECUPERO



MISURE EFFETTUATE

- **Picco di potenza** (entro 5-10 sec)
- **Potenza media** (durante i 30 sec)



- **Determinazione del Lattato [La⁺]**
- *Basale, Fine test, Recupero passivo (20- min)*

Test “Tipo gara”



Durata: 5 Minuti effettivi

Intensità: Massimale

Misure effettuate:

Lattato ematico

- Basale
- Fine combattimento
- Recupero passivo

Frequenza cardiaca

- Monitoraggio continuo

Risultati - MPA

<i>MPA</i>	VO_{2max} ($l \cdot min^{-1}$)	VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Fc_{max} ($b \cdot min^{-1}$)	$VO_{2 SA}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$VO_{2 SA}$ ($\%VO_{2max}$)	Fc_{SA} ($b \cdot min^{-1}$)	Fc_{SA} ($\%Fc_{max}$)
<i>MASCHI</i>	4.9 ± 0.7	47.3 ± 10.9	185 ± 8	38.2 ± 9.5	80.8 ± 9.4	160 ± 11	84.2 ± 5.9
<i>FEMMINE</i>	3.3 ± 0.3	52.9 ± 4.4	182 ± 10	46.1 ± 5.8	86.5 ± 2.7	163 ± 13	86.3 ± 7

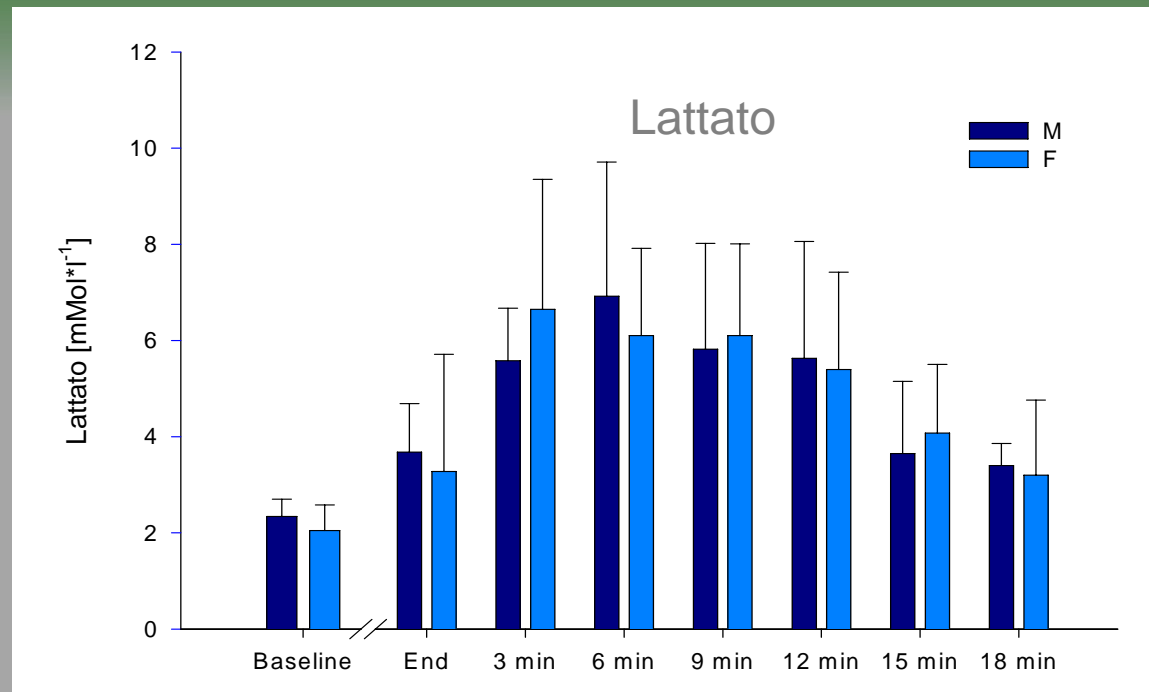


VO_{2max} ($l \cdot min^{-1}$)	VO_{2max} ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Fc_{max} ($b \cdot min^{-1}$)
<i>P. MEDI</i>		
4.5 ± 0.5	54.6 ± 7.1	185 ± 9
<i>P. MAX</i>		
5.3 ± 0.8	40 ± 9.3	185 ± 8



Risultati - WAnT

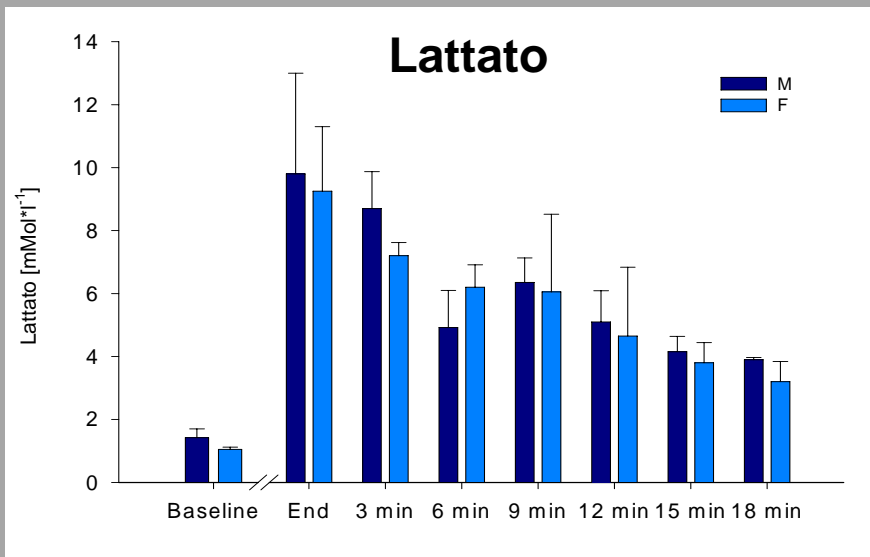
30-s WAnT	Peak Power (Watt)	PP/kg (Watt/kg)	Mean Power (Watt)	MP/kg (Watt/kg)	La ⁺ (mMol*l ⁻¹)
MASCHI	1235.6±202.2	12.06 ± 2.37	557.53 ± 86	5.45 ± 1.1	6.9±2.8
FEMMINE	635.4 ± 21.1	9.52 ±1.06	285.54 ± 11	4.28 ± 0.5	6.6±2.7



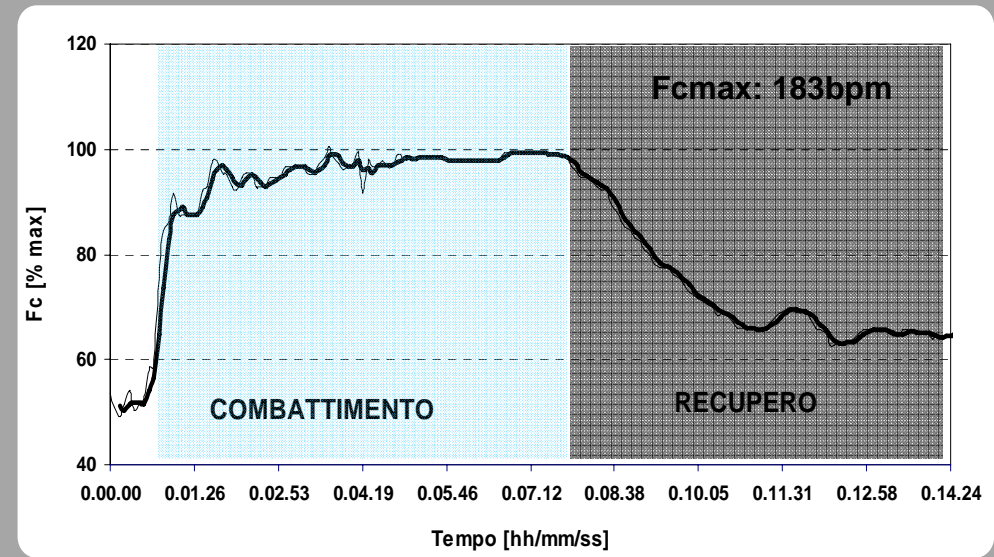
Risultati - Il test "Tipo Gara"

GARA	Fc (b*min ⁻¹)	Lattato (mMol*I ⁻¹)
MASCHI	180±10 (173-194)	9.9±3 (6.7-13.1)
FEMMINE	176±6 (172-180)	9.2±2 (7.8-10.7)

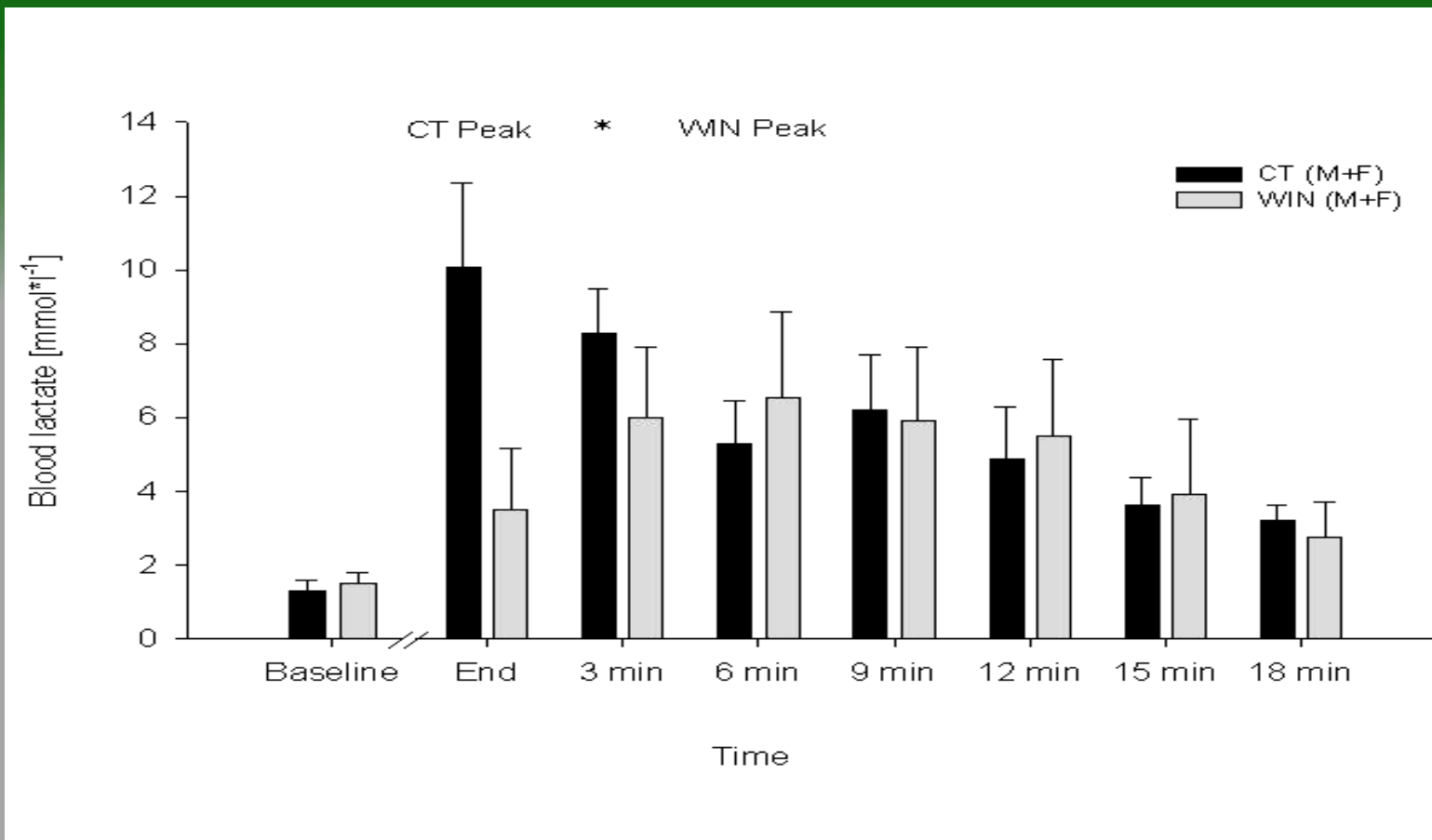
Tutti gli Atleti



Atleta: RM



CONFRONTO LATTATO

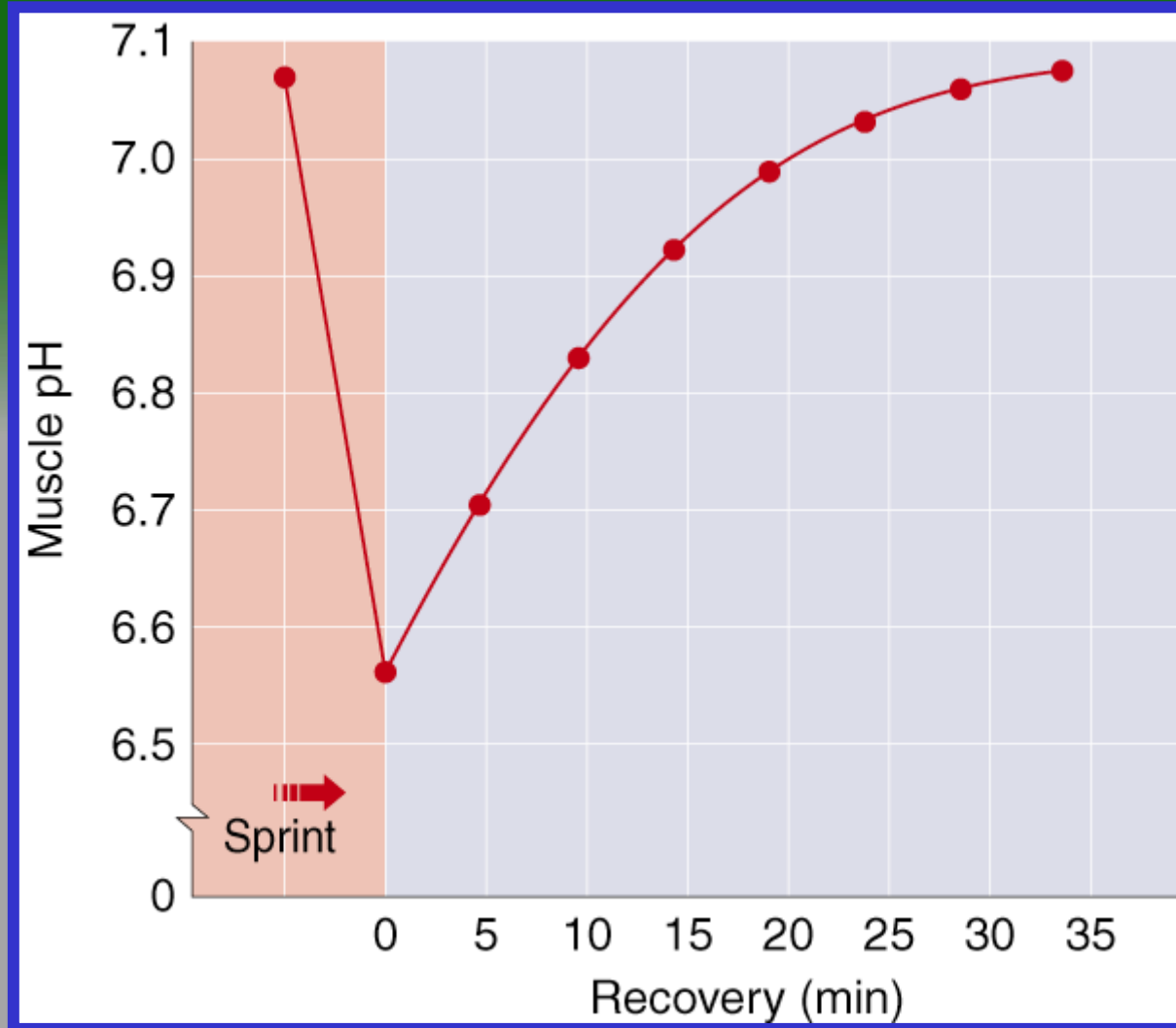


Metaboliti e Fatica

- Attività di breve durata dipendono dalla glicolisi anaerobica e favoriscono la produzione di lattato e H^+ .
- Le cellule tamponano gli H^+ con bicarbonato (HCO_3^-) al fine di mantenere il pH cellulare tra 6.4 e 7.1.
- Un pH intercellulare minore di 6.9, tuttavia, rallenta la glicolisi e la produzione di ATP.
- Quando il pH raggiunge 6.4, la concentrazione di H^+ blocca la glicolisi e causa l'esaurimento.



MODIFICAZIONI DEL pH MUSCOLARE

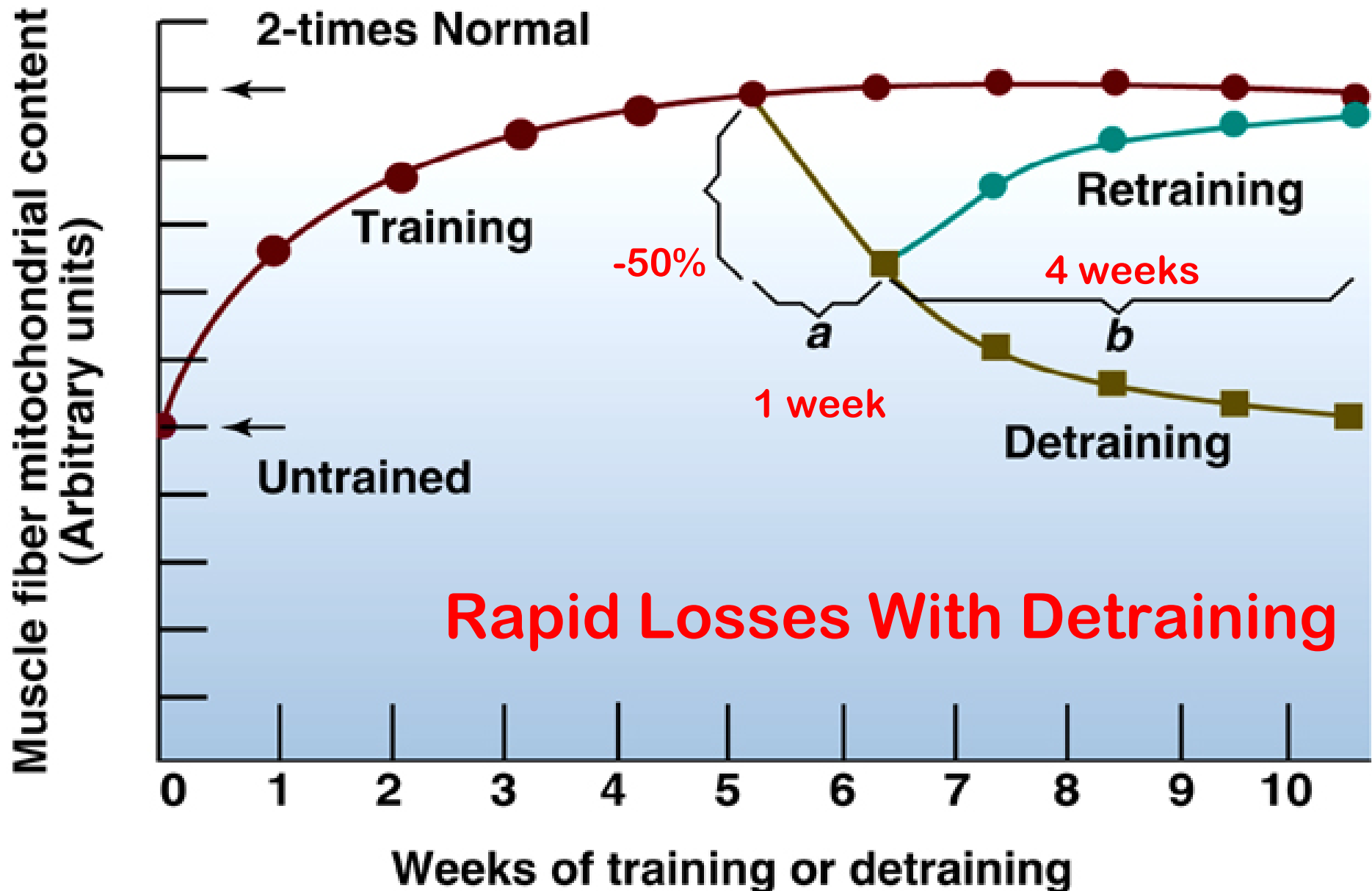


Key Points

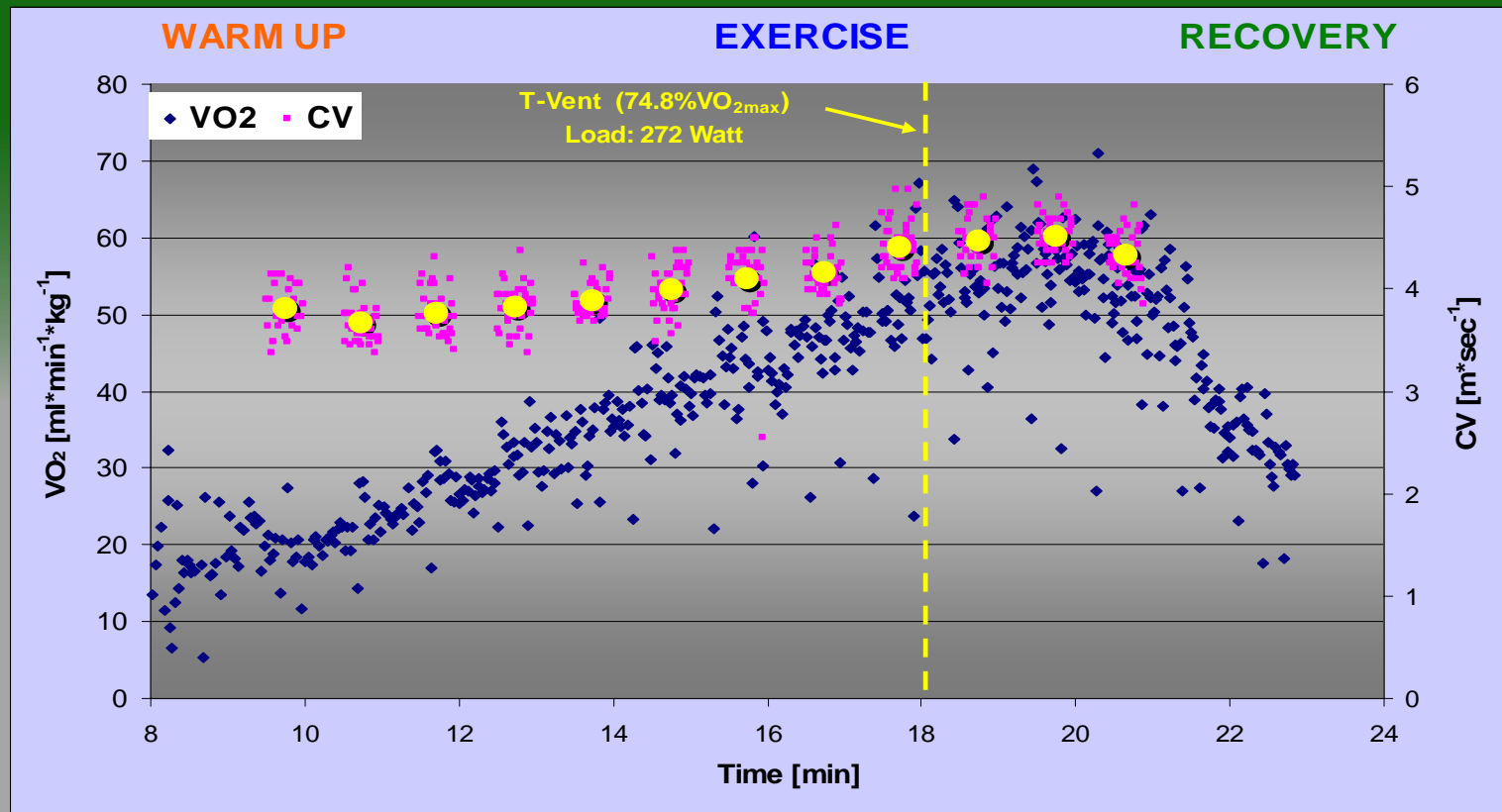
Cause della Fatica

- Fatica può derivare dalla deplezione della PCr o del glicogeno, il che, a sua volta, compromette la ricarica di ATP.
- Gli H⁺ generati dall'acido lattico provocano fatica poiché fanno diminuire il pH muscolare ed alterano i processi cellulari di liberazione di energia and contrazione muscolare.
- L'interruzione della trasmissione nervosa potrebbe essere una causa di alcune forme di fatica.
- La percezione della fatica da parte del SNC potrebbe essere un meccanismo protettivo.

Mitochondrial changes with training



Esempio: VCFM Vs VO_{2max}



Incremental Maximal Test in a representative subject

GRAZIE

