

I test di valutazione funzionale

www.fisiokinesiterapia.biz

LA PRESTAZIONE

Fattori che la determinano:

- Anagrafici (età)
- Antropometrici (statura, peso, biotipo)
- Psicologici (attitudine, motivazione)
- Ambientali (temperatura, umidità, vento,...)
- Coordinativi
- Organico-funzionali (caratteristiche metaboliche e meccanico muscolari)
- Specifici di ogni sport (tecnica, mezzi,...)

LA PRESTAZIONE

$$V = E / C$$

V = prestazione

E = potenza

C = costo

Il miglioramento della prestazione
può derivare da un \uparrow E e da \downarrow C

La valutazione funzionale

Si occupa di fornire indicazioni sullo stato e sulla evoluzione dei fattori organico-funzionali che contribuiscono a determinare la prestazione sportiva

Test di valutazione funzionale

Consistono nella misura rigorosa,
diretta o indiretta, di una o più
grandezze considerate
rappresentative di una determinata
qualità che si intende indagare.

Valutazione funzionale: obiettivi

- ✓ Determinare lo stato di forma fisica
- ✓ Identificare le caratteristiche fisiologiche di un atleta
- ✓ Impostare/individualizzare un protocollo di allenamento
- ✓ Monitorare gli effetti dell'allenamento
- ✓ Prevenire infortuni, reinfornuti, sovrallenamento
- ✓ Facilitare la ripresa sportiva a seguito di infortunio o inattività prolungata
- ✓ Selezione dei talenti

VALUTAZIONE FUNZIONALE

RISPOSTE FISILOGICHE
ALL'ESERCIZIO

QUALITA' ORGANICO-
FUNZIONALI DELL'ATLETA

IN GARA
(aggiustamenti)

IN ALLENAM.
(aggiustamenti)

DI BASE
(genetiche)

DOPO ALLENAM.
(adattamenti)

MODELLO FUNZIONALE
DELLO SPORT

MODELLO FUNZIONALE
DELL'ALLENAMENTO

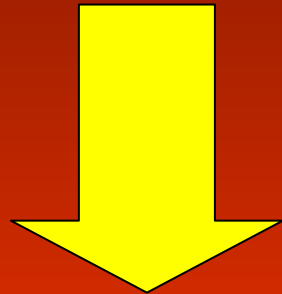
ALLENAMENTO

PRESTAZIONE

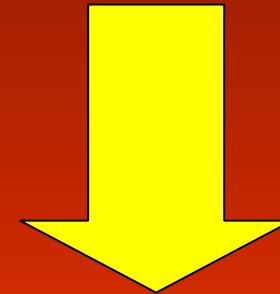
SELEZ TALENTI

Modificata da "Valutazione dell'atleta", Dal Monte-Faina, Utet 2000

VALUTAZIONE FUNZIONALE

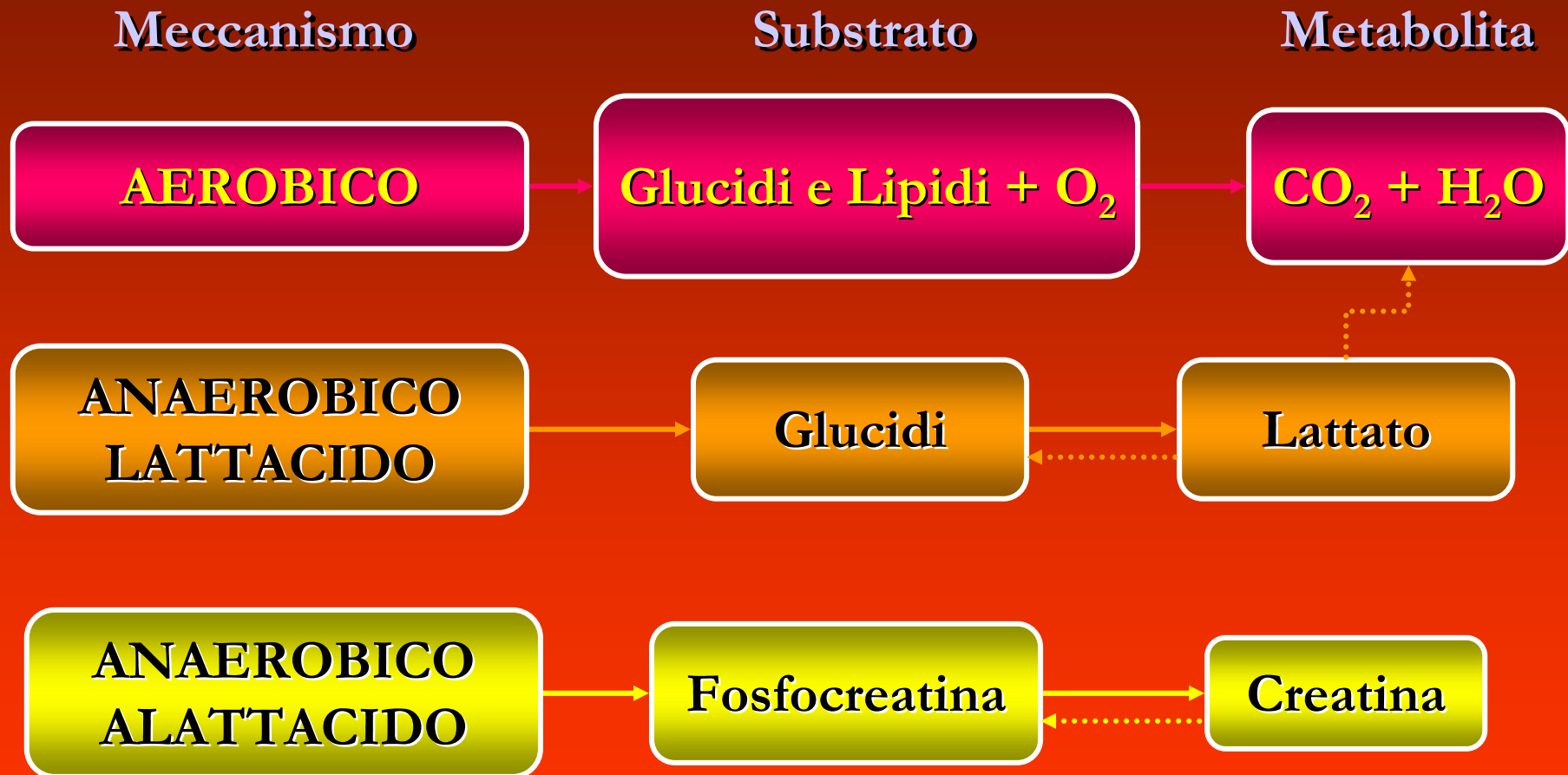


TEST CHE INDAGANO
LA PERFORMANCE
IN SOGGETTI SANI



TEST CHE STUDIANO
L'ESERCIZIO
PER MOTIVI CLINICI
(PATOLOGIA)

VIE METABOLICHE DI RISINTESI DELL'ATP



VIE METABOLICHE

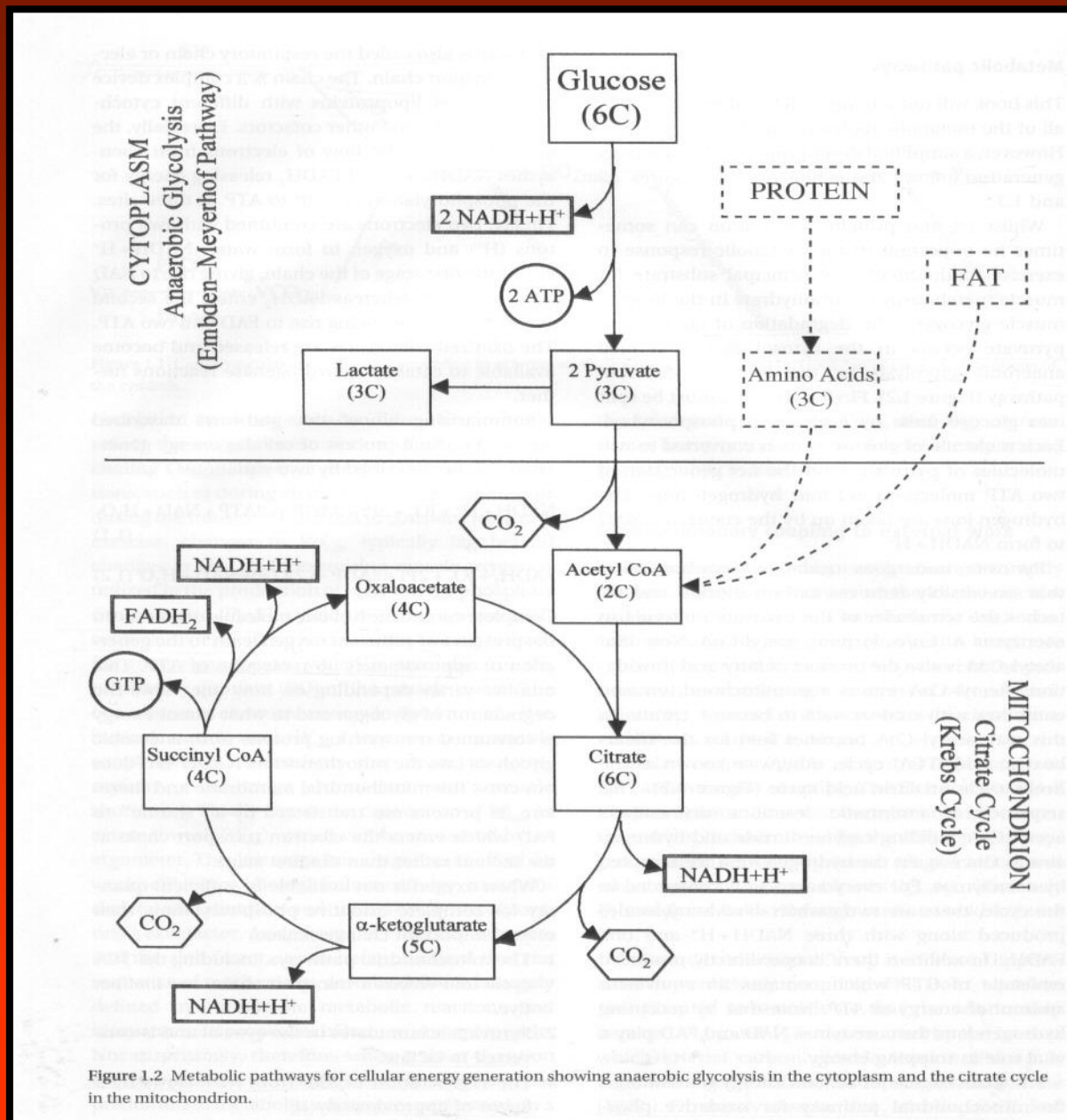
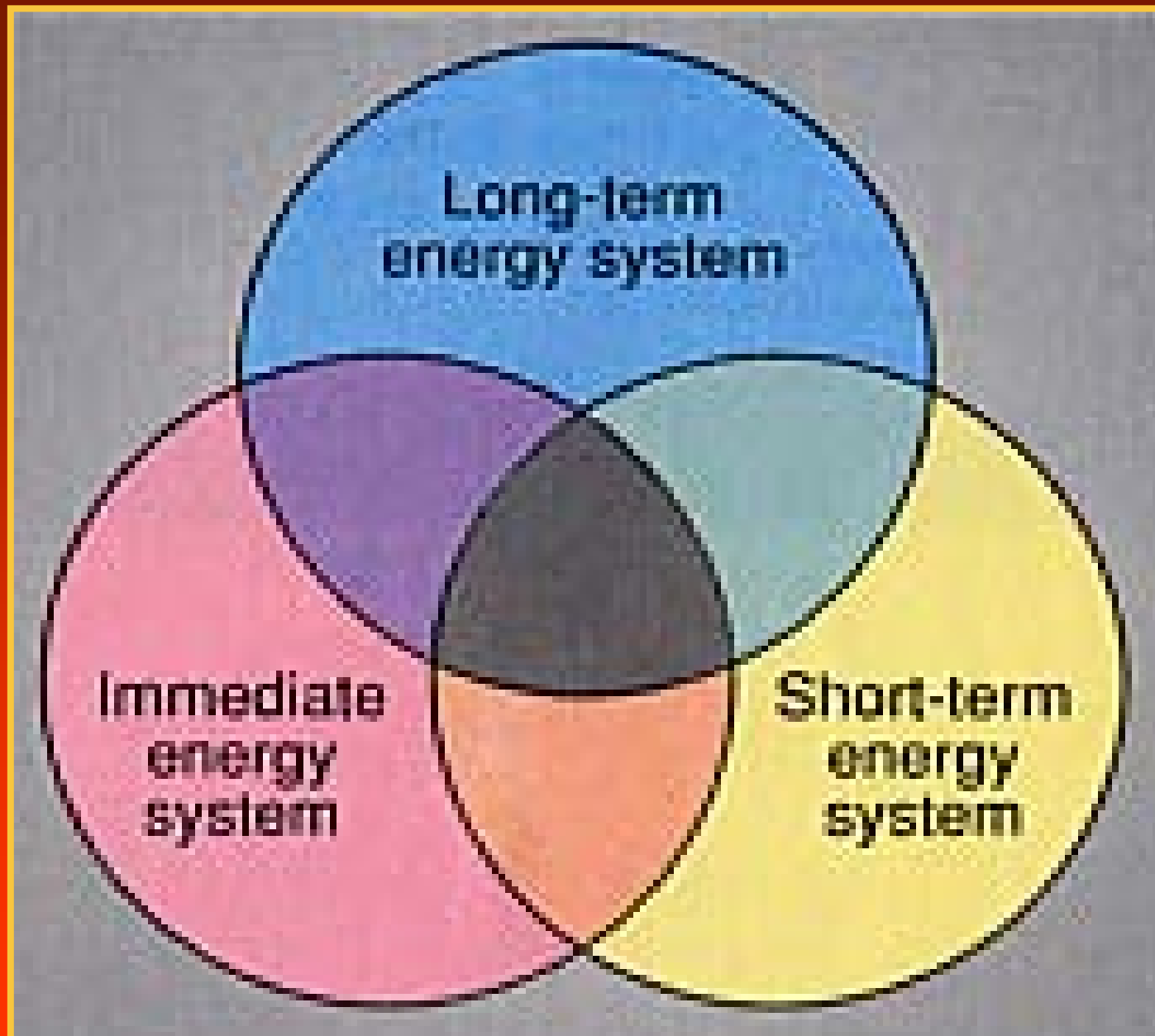
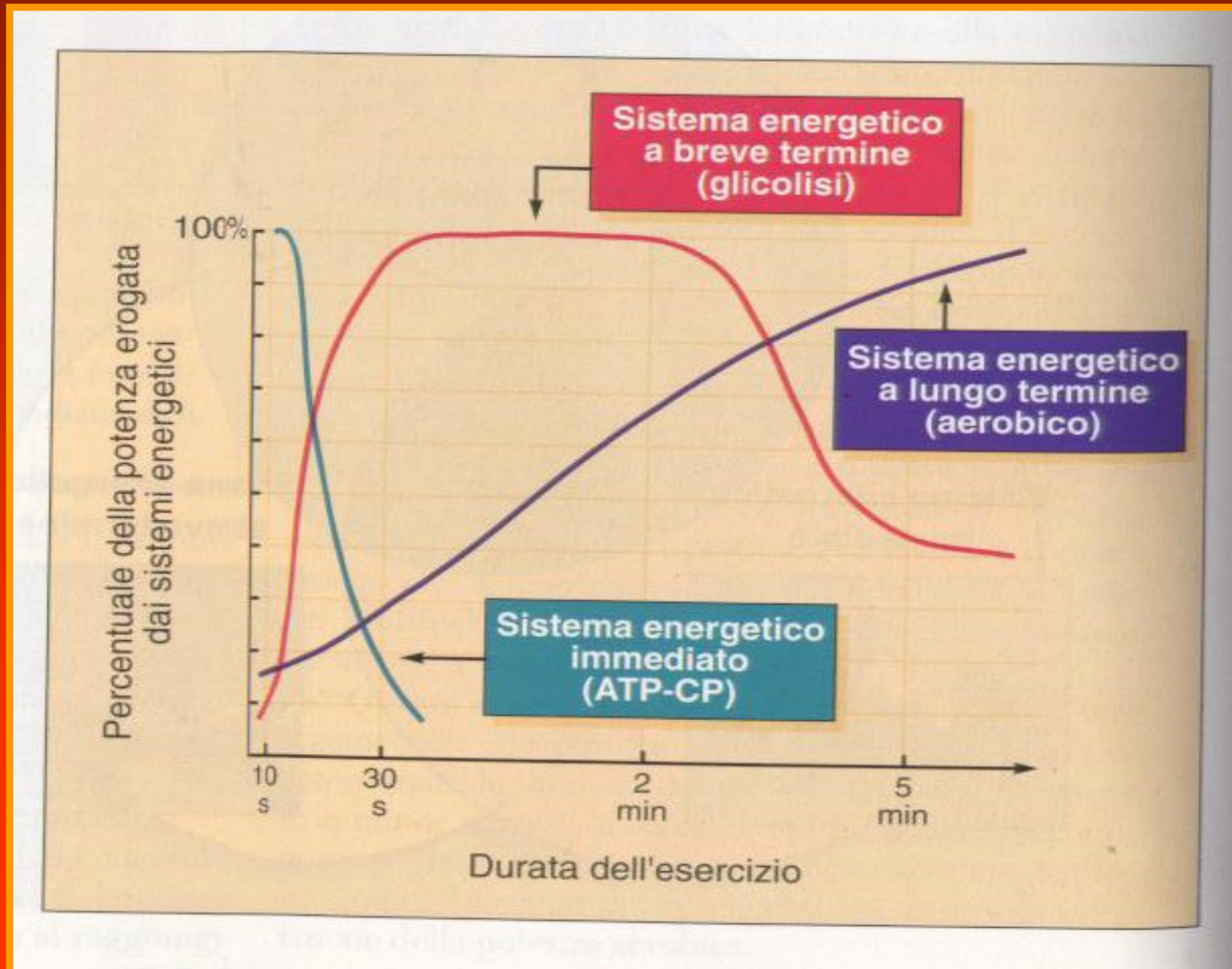


Figure 1.2 Metabolic pathways for cellular energy generation showing anaerobic glycolysis in the cytoplasm and the citrate cycle in the mitochondrion.

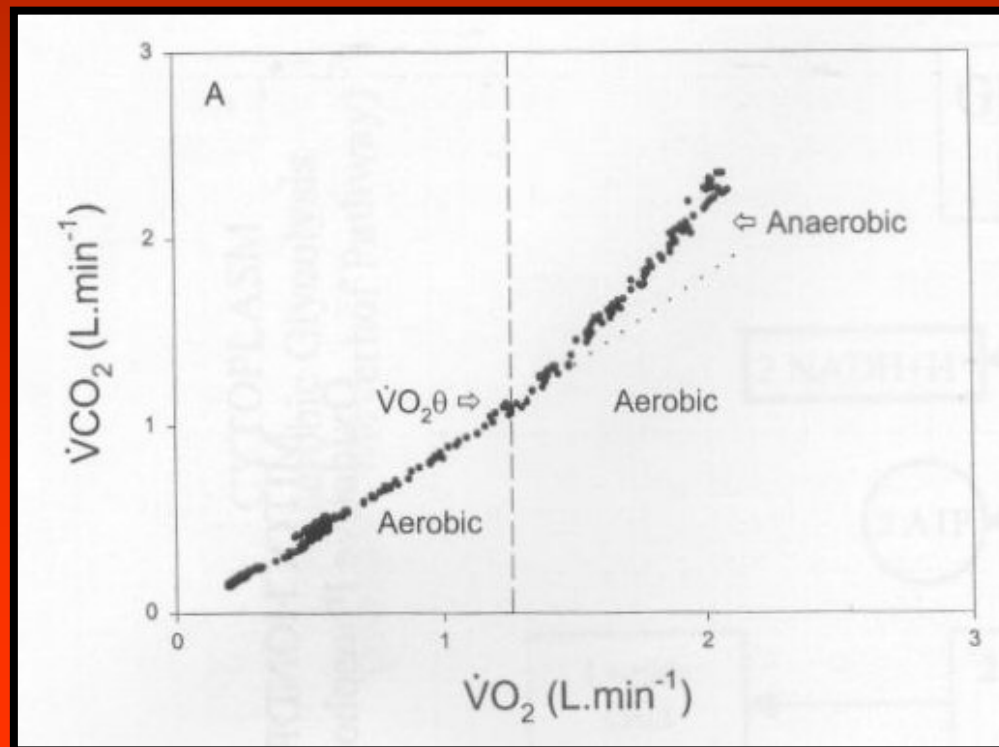


CONTRIBUTO DEI DIVERSI METABOLISMI DURANTE L'ESERCIZIO



CONCETTO DI SOGLIA

Riassumendo in base all'intensità dell'esercizio possono essere identificati due diversi “domini” **AEROBICO E ANAEROBICO** e la transizione tra i due definita come “soglia metabolica”



Classificazione delle attività sportive

- A impegno prevalentemente anaerobico lattacido
- A impegno aerobico-anaerobico massivo
- A impegno prevalentemente aerobico
- A impegno aerobico-anaerobico alternato
- Attività prevalentemente anaerobiche alattacide (di potenza)
- Attività di destrezza

Attività a impegno prevalentemente anaerobico lattacido

Durata tra 20 e 45 secondi

- Coinvolgimento di elevate % di masse muscolari
- Intensa richiesta di forza muscolare
- Prevalente utilizzo della sistema glicolitico lattacido
- Minimo coinvolgimento del sistema aerobico

Tab. 2.1. Attività a impegno prevalentemente anaerobico lattacido (durata: 20-45 secondi) (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Atletica leggera		Ciclismo BMX su pista	1, 4
200 m	1, 4	Nuoto 50 m	1, 4
400 m	1, 4	Nuoto pinnato	
Body-building	1, 4	50 m apnea	1, 4
Pattinaggio ghiaccio 500 m velocità	1, 4	100 m sub	1, 4
Pattinaggio rotelle 300 m cronom.	1, 4		

Percentuale masse muscolari impegnate: 1) +++; 2) ++; 3) +.

Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) +++; 5) ++; 6) +.

Attività a impegno aerobico-anaerobico massivo

Durata tra 45 secondi e 4-5 minuti

grande coinvolgimento cardiorespiratorio e muscolare → grande potenza aerobica ed elevata capacità anaerobica

Tab. 2.2. Attività a impegno aerobico-anaerobico massivo (durata 45 secondi - 4-5 minuti) (modificata da DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Nuoto		Atletica leggera	
100 m	1, 4	800 m	1, 4
200 m	1, 4	1500 m	1, 4
400 m	1, 4	400 m hs	1, 4
Nuoto pinnato		Braccio di ferro	2, 4
200 m sup	1, 4	Pattinaggio ghiaccio	
400 m sup	1, 4	1000 m	1, 4
400 m sub	1, 4	1500 m	1, 4
Canottaggio		3000 m	2, 4
Singolo	1, 4	Pattinaggio rotelle	
Due di coppia	1, 4	500 m inseguimento	1, 4
Quattro di coppia	1, 4	1500 m	1, 4
Due con	1, 4	Ciclismo	
Due senza	1, 4	Inseguimento individuale	1, 4
Quattro con	1, 4	Inseguimento a squadre	1, 4
Quattro senza	1, 4	Km da fermo	1, 4
Otto	1, 4	Keirin	1, 4
Canoa 500 m e 1000 m		Tiro alla fune	1, 4
Kayak K1-K2-K4	2, 4		
Canadese C1-C2	2, 4		

Percentuale masse muscolari impegnate: 1) +++; 2) ++; 3) +.

Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) +++; 5) ++; 6) +.

Attività a impegno preval. aerobico

Durata superiore a 4-5 minuti

Energia fornita da metabolismo aerobico

Smaltimento del lattato accumulato

Tab. 2.3. Attività a impegno prevalentemente aerobico (durata superiore a 4-5 minuti) (modificata da DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Sci nordico		Triathlon (classico)	1, 4
15 km	1, 5	182 km ciclismo	
30 km	1, 5	+ 42 km corsa	
50 km	1, 5	+ 4 km nuoto	
Ski roll	1, 5	Atletica leggera	
Nuoto		3000 siepi	1, 4
800 m	1, 4	5000 m	1, 4
1500 m	1, 5	10000 m	1, 5
Nuoto pinnato		20 e 50 km marcia	1, 5
800 m sub	1, 4	Maratona	2, 5
800 m sup	1, 4	Sci alpinismo	1, 4
1500 m sup	1, 5	Alpinismo	
Ciclismo		Scalata vette	1, 5
Su strada	2, 4	Pattinaggio rotelle	
Stayer	2, 4	3000 m	1, 4
Ciclocross	1, 4	5000 m	2, 5
Mountain bike-MTB	1, 4	10000 m	2, 5
Pattinaggio ghiaccio		20000 m	2, 5
5000 m	1, 5	Canoa 10000 m	
10000 m	1, 5	Kayak K1-K2-K4	2, 4
Trekking	2, 5	Canadese C1-C2	2, 4
		Maratona	2, 5

Percentuale masse muscolari impegnate: 1) +++; 2) ++; 3) +.

Forza muscolare distrettuale richiesta: 4) +++; 5) ++; 6) +.

Attività a impegno aerobico- anaerobico alternato

Alternanza di fasi aerobiche e anaerobiche e riposo

Contributo dei diversi sistemi esergonici a fasi alterne

Tab. 2.4. Attività a impegno aerobico-anaerobico alternato (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Calcio	1, 4	Tamburello	1, 4
Calcetto	1, 4	Pugilato	1, 4
Tennis	1, 4	Boxe francese	1, 4
Badminton	1, 5	Ciclismo	
Squash	1, 5	100 km crono-squadre	2, 4
Lacross	1, 5	Pista individuale punti	2, 4
Korfball	1, 5	Hockey ghiaccio	1, 5
Baseball	1, 4	Hockey su prato	1, 5
Softball	1, 4	Hockey rotelle	1, 5
Cricket	1, 5	Hurling	1, 5
Pallavolo	1, 5	Football americano	1, 4
Pallamano	1, 5	Rugby	1, 4
Canoa polo	2, 4	Sledog	1, 4
Pelota basca	1, 4	Lotta	
Pallone a bracciale	1, 5	Greco-romana	1, 4
Palla elastica	1, 5	Libera	1, 4
Pallacanestro	1, 4	Catch	1, 4
Pallanuoto	1, 5	Sumo	1, 4

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

Attività a impegno prevalentemente anaerobico alattacido (potenza)

Durata 1-10 secondi

Attività con richiesta di sforzi intensi e brevi, importanti accelerazioni

Uso del sistema esoergonico creatin-fosfato

Meccanismo aerobico per ristabilire le condizioni metaboliche di base al termine dell'esercizio

Tab. 2.5. Attività a impegno prevalentemente anaerobico alattacido (o di potenza) (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

1) A prevalente impegno di forza		3) A prevalente impegno propulsivo	
Sollevamento pesi	1, 4	a) Contro gravità	
		Atletica leggera	
2) A prevalente impegno impulsivo		Salto in alto	1, 4
Atletica leggera		Salto con asta	1, 4
Lancio disco	1, 4	b) A gravità costante	
Lancio martello	1, 4	Atletica leggera	
Lancio giavellotto	1, 4	100 m piani	1, 4
Lancio peso	1, 4	110 ostacoli	1, 4
		Salto in lungo	1, 4
		Salto triplo	1, 4
		Ciclismo	
		Velocità individuale	1, 4
		Velocità tandem	1, 4

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

Attività di destrezza

Prevalente sollecitazione degli apparati sensoriali con richiesta di atti motori estremamente precisi
Comprende attività varie a impegno muscolare rilevante e non

Tab. 2.6. Attività di destrezza con notevole impegno muscolare (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Sci	nautico	Ciclismo	
Figure	1, 5	Ciclopalla	1, 5
Slalom	1, 5	Trialsin	1, 4
Salti	1, 5	Cicloacrobatismo	1, 5
(idem) piedi nudi	1, 5	BMX-Free style	1, 5
Velocità	1, 5	Tuffi	
Sci su erba	1, 5	Trampolino 3 m	1, 4
Sci su sabbia	1, 5	Piattaforma 10 m	1, 4
Sci alpino		Canoa	
Libera	1, 4	Slalom	2, 5
Slalom	1, 4	Discesa rapide	2, 5
Combinata	1, 4	Pattinaggio ghiaccio	
Km lanciato	1, 5	Artistico	1, 5
Sci acrobatico	1, 4	Ritmico	1, 5
Sci estremo	1, 4	Arti marziali	
Scherma		Senza armi	
Spada	1, 5	Judo	1, 5
Fioretto	1, 5	Ju-jitsu	1, 5
Sciabola	1, 5	Karaté	1, 5
Nuoto sincronizzato	1, 5	Tae kwon do	1, 4
Polo	1, 5	Kung fu	1, 5
Orienteering	2, 5	Aikido	1, 5
Windsurf	1, 4	Con armi	
Rafting	2, 4	Kendo	1, 5
Speleologia	1, 5	Kubudo	1, 5
Alpinismo		Nunchaku	1, 5
Su roccia	1, 4	Sai	1, 5
Su ghiacciaio	1, 4	Ginnastica	
Free climbing	1, 4	Artistica	1, 4
		Attrezzistica	1, 4
		Ballo sportivo	1, 5
		Twirling	1, 5

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

Tab. 2.7. Attività di destrezza con impegno muscolare posturale e direzionale (DAL MONTE, 1969 e LUBICH, 1990).

Tiro con l'arco	2, 4	Windsurf su neve	2, 5
Tennis tavolo	1, 5	Vela su ghiaccio	2, 5
Surf	1, 5	Vela su sabbia	2, 5
Bowling	2, 5	Motoscautico	1, 5
Curling	2, 5	Motoslitte	2, 5
Golf	3, 5	Idrospeed	2, 5
Rodeo	1, 4	Skateboard	1, 5
Paracadutismo	3, 6	Slittino	
Parasci	2, 5	Singolo	2, 5
Parapendio	3, 6	Coppia	2, 5
Skjoring	2, 5	Skeleton	2, 5
Monosci	2, 5	Bob	
Scibob	3, 6	Coppia	2, 5
Snowboard	2, 4	Quattro	2, 5
Sci salti	1, 5	Motonautica	
Motociclismo		Formula 1-2-3	3, 6
Velocità	3, 5	Fuoribordo	3, 6
Motocross	1, 4	Offshore	3, 6
Dirt bikes-ATV-Quad	1, 5	Hovercraft	3, 6
Trial	1, 4	Yachting (olimpico)	
Enduro	2, 5	Soling	2, 5
Endurance	2, 5	Star	2, 5
Speedway	1, 5	Tornado	2, 5
Pallamoto	1, 5	Flying dutchman	2, 5
Dragster	3, 6	470	2, 5
Motoalpinismo	1, 5	Equitazione	
Automobilismo		Dressage	1, 5
Formula 1-2-3	3, 5	Completo	1, 5
Formula libera	3, 6	Ostacoli	1, 5
Rallies	3, 5	Turismo equestre	2, 6
Endurance	3, 6	Caccia alla volpe	2, 5
Autocross	2, 4	Corsa con carrozze	3, 6
Fuoristrada	3, 5	Ippica	
Dragster	3, 6	Trotto	2, 6
Karting	3, 5	Galoppo	2, 6
Auto storiche	2, 6	Galoppo siepi	2, 5
Bobcar	3, 5	Attività subacquea	
Aviazione sportiva		Pesca	1, 5
Volo a vela	3, 6	Caccia fotografica	1, 5
Volo libero	3, 6	Orientamento	1, 5
Aeroplano motore	3, 6		
Ultraleggero motore	3, 6		
Mongolfiere	3, 6		

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

Classificazione dei test

- Test generici che indagano qualità fisiche generali
- Test specifici per un tipo di sport
 - Test da laboratorio
 - Test da campo

**Requisiti fondamentali:
VALIDITA' (o accuratezza)**

**La validità consiste nel
misurare effettivamente il
parametro che si intende
valutare.**

Requisiti fondamentali: PRECISIONE

Si riferisce alla capacità di uno strumento di fornire la stessa misura di una variabile quando si effettuano misurazioni ripetute nel tempo

Requisiti fondamentali: AFFIDABILITA'

L'affidabilità si riferisce alla capacità del soggetto di ripetere la stessa prestazione nel test, ed è quindi alta quando un test è ben ripetibile.

Requisiti fondamentali: OBIETTIVITA'

L'obiettività consiste nella capacità del test di fornire lo stesso risultato indipendentemente dalle capacità esecutive dell'operatore; riguarda la ripetibilità intraoperatore e interoperatore.

Requisiti fondamentali

Per soddisfare questi requisiti un test deve essere standardizzato, vale a dire eseguito sempre con le stesse modalità e protocollo, nelle condizioni il più possibile ripetibili.

Il consumo di ossigeno

VO₂

Quando il VO₂ non aumenta più in risposta ad un aumento della richiesta energetica si dice che si è raggiunto il massimo consumo di ossigeno (VO₂ max) oppure che il soggetto sta erogando la massima potenza aerobica



Il massimo consumo di ossigeno

Il VO₂ max è un fattore determinante per gli esercizi di resistenza di durata superiore a 4-5 min.

$$\text{VO}_2 \text{ max} = G_s * F_c * \text{Diff}_{a-v} \text{O}_2$$

- fattori cardiovascolari e polmonari
- densità dei capillari sanguigni
- concentrazione di enzimi della via aerobica
- n° e dimensione dei mitocondri
- la tipologia muscolare

Il massimo consumo di ossigeno

$$\dot{V}O_2 \text{ max} = G_s * F_c * \text{Diff}_{a-v} O_2$$

Il $\dot{V}O_2 \text{ max}$ rappresenta una misura molto importante in fisiologia indicando un elevato livello di integrazione funzionale tra i sistemi cardiovascolare, respiratorio e neuromuscolare

VO₂ max → POTENZA AEROBICA

**ENERGIA DI DERIVAZIONE AEROBICA
UTILIZZABILE NELL'UNITA' DI TEMPO**

$$\text{VO}_2 = \dot{\text{L}} / \text{min} \text{ (ml/kg*min)}$$

DURATA

%VO₂max



10 min

100 %

1 ora

90 %

2 ore

80 %

6 ore

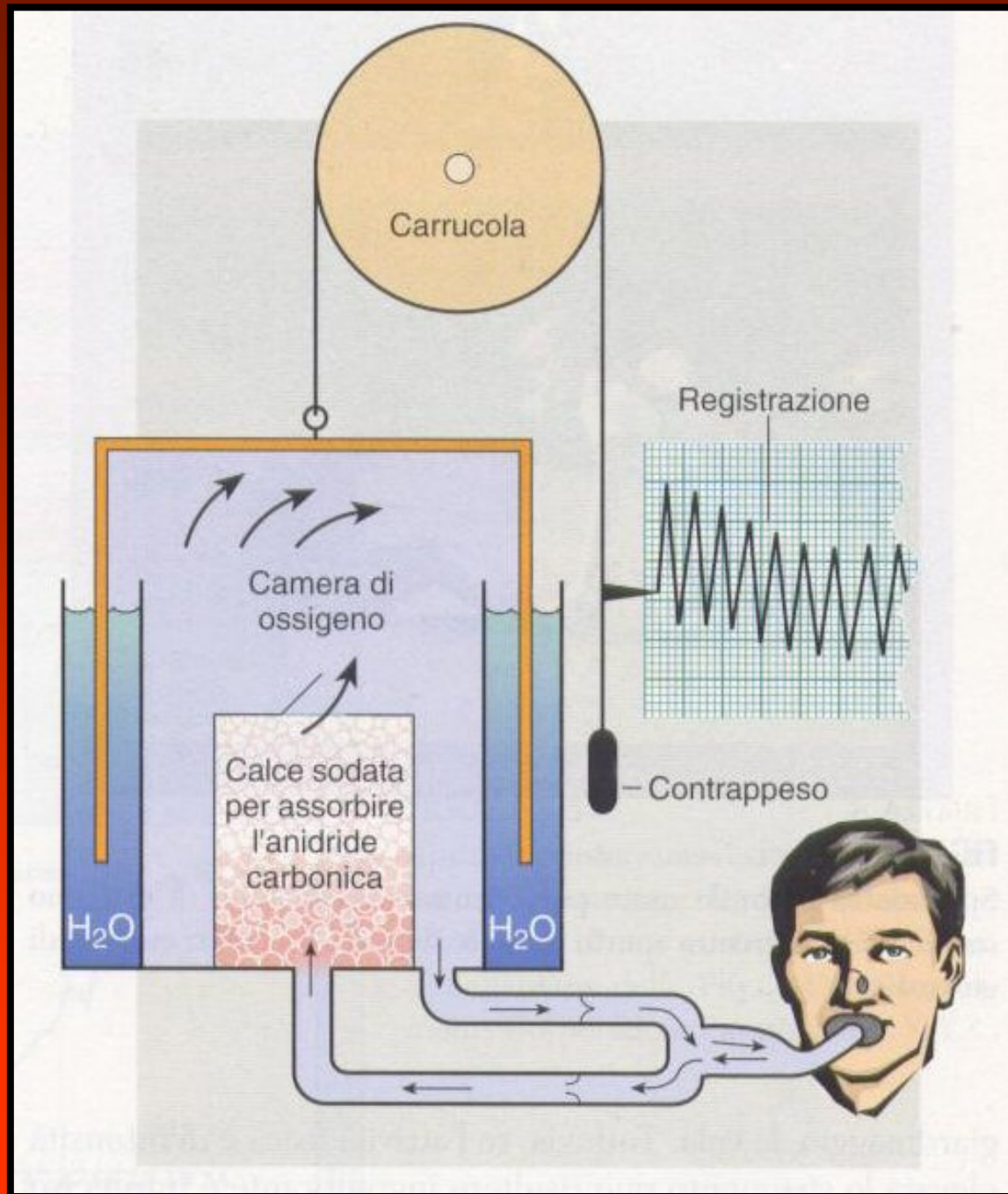
60 %

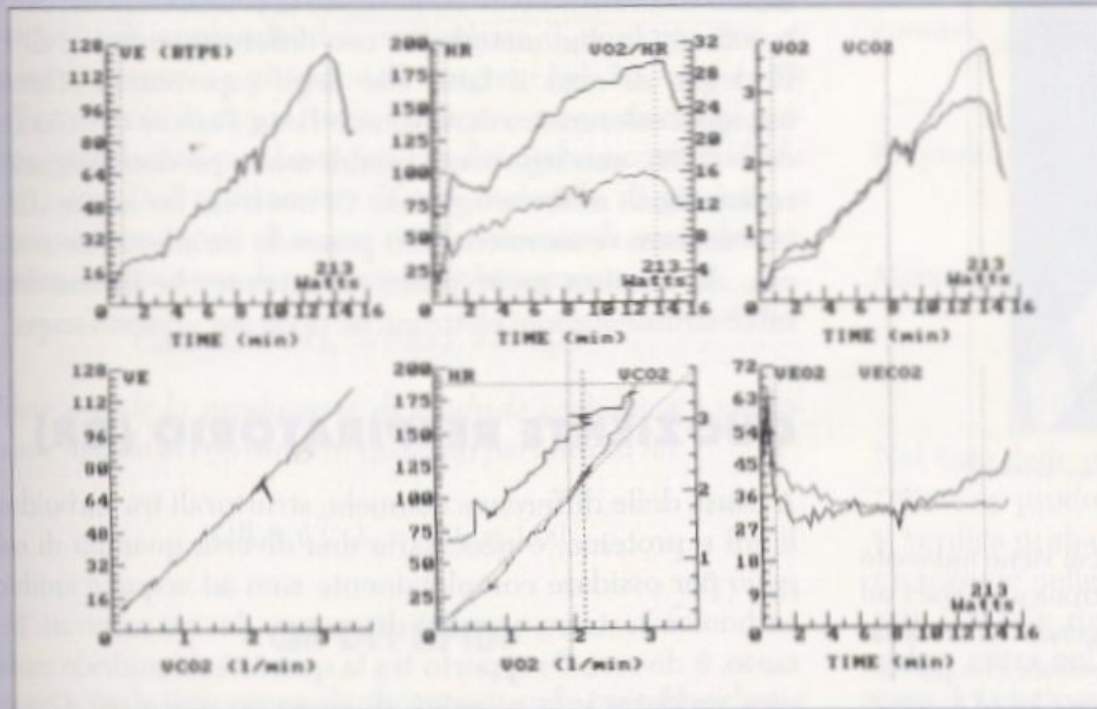
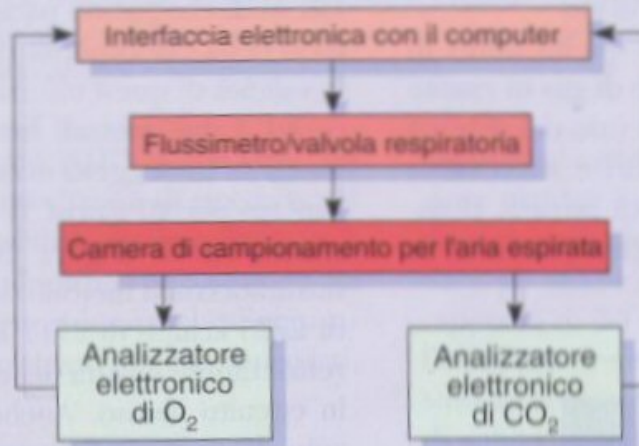
24 ore

50 %

Come si misura il VO2 max







Il consumo di ossigeno massimale

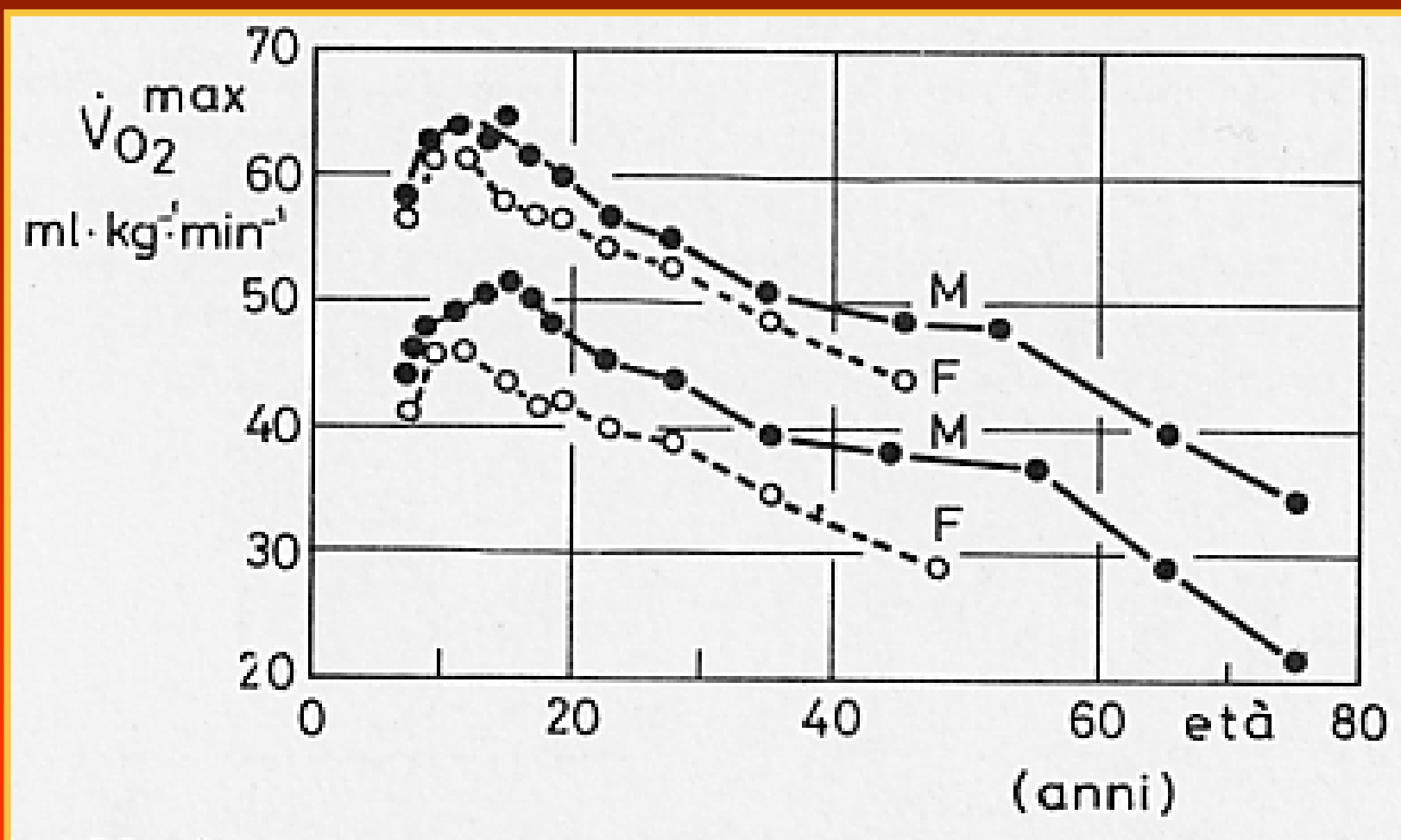
Fattori da considerare nel determinare il VO₂ max

- **esercizio con coinvolgimento di grandi masse muscolari**
- **raggiungimento di un plateau durante esercizio massimale**
- **se si interrompe esercizio per esaurimento muscolare o non si raggiunge plateau si parla di valore di picco del VO₂**

Altri criteri indicativi di raggiungimento del VO₂ max sono:

- **valore di quoziente respiratorio ($QR=VCO_2/VO_2$) > di 1**
- **Valore di FC massimali**
- **Valori di lattacidemia di almeno 8-10 mmol/L**

Diversi fattori influenzano il $\dot{V}O_2$ max: età, sesso, allenamento, tipo di esercizio, genetica.

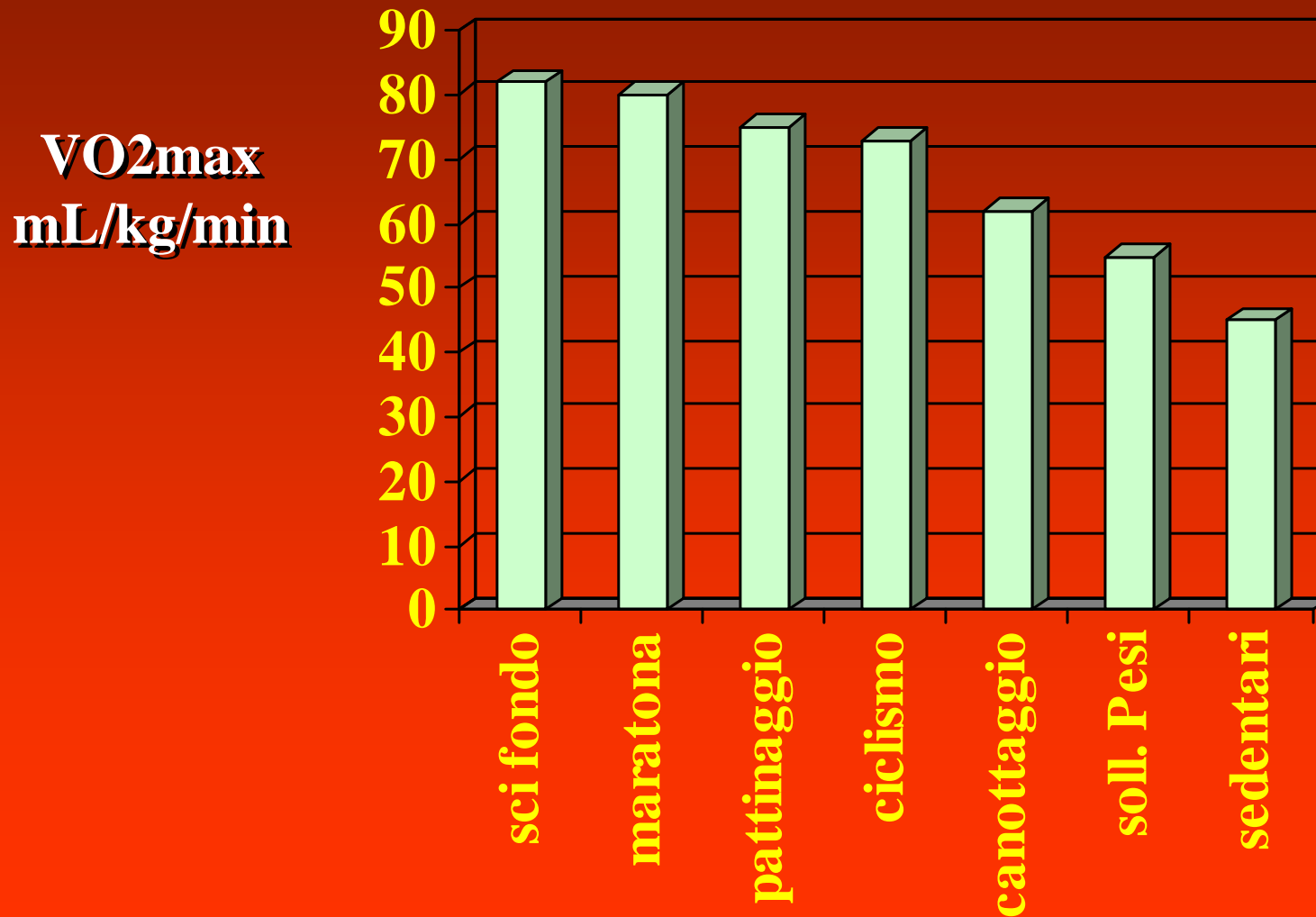


Differenze VO_2 max tra sessi

Il VO_2 max nel sesso femminile è mediamente inferiore del 15-30% rispetto ai maschi (anche per atleti ben allenati) espresso per unità di massa corporea

Cause principali:
composizione corporea
concentrazione di emoglobina

MASSIMA POTENZA AEROBICA



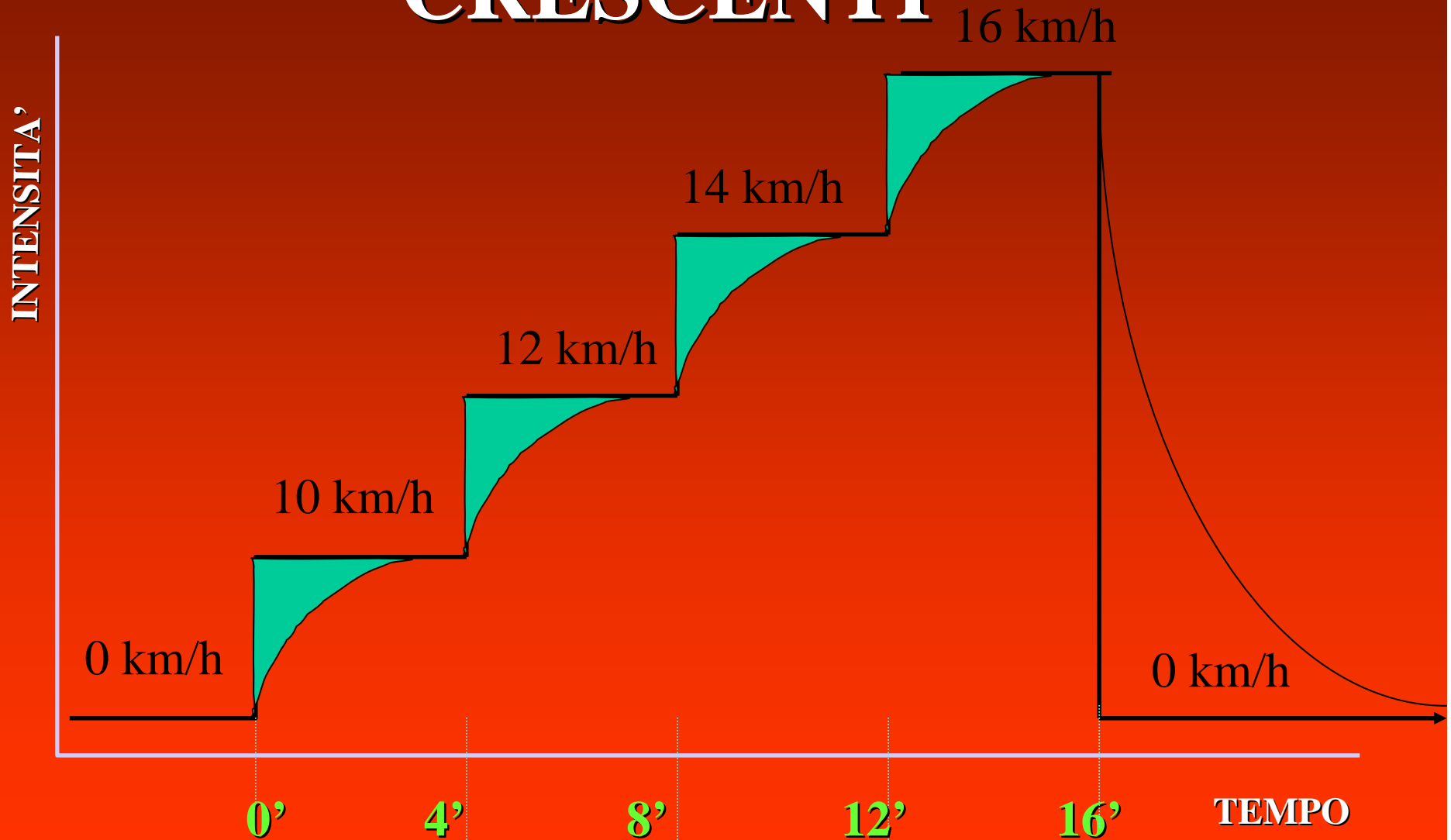
Protocolli per determinare il $\dot{V}O_2$ max

- **Test rettangolari** = singola prova sovramassimale di 5-10 min
- **Test triangolari** = test massimale a carico crescente

Continuo / discontinuo

Carichi brevi/lunghi se interessa solo $\dot{V}O_2$ max
o se vogliamo raggiungere steady state

ESERCIZIO A CARICHI CRESCENTI



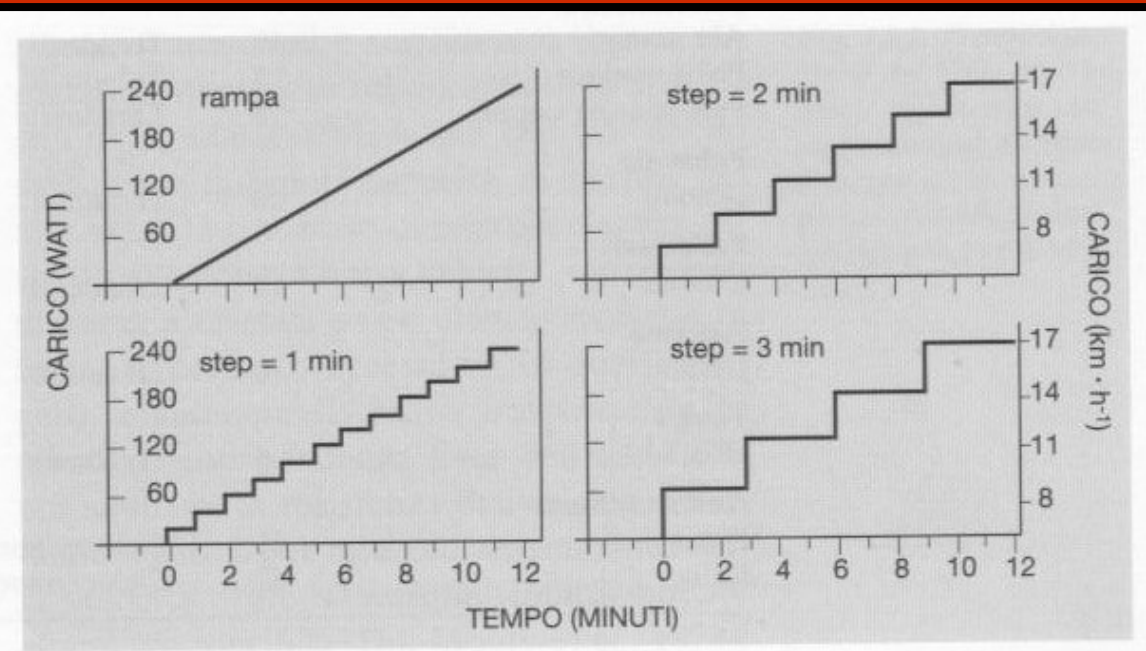
Tab. 11.4. *Protocolli di lavoro al nastro trasportatore per la determinazione del $\dot{V}O_2$ max (da McARDLE et al., 1991).*

Protocollo	Metodologia
Naughton	Step di 3 minuti intervallati da periodi di riposo di pari tempo. Variano sia la velocità che l'elevazione
Astrand	A velocità costante di 5 mph si varia l'inclinazione del nastro del 2,5% ogni 2 minuti
Bruce	La velocità e l'inclinazione variano ogni 3 minuti, secondo il grado di fitness del soggetto
Balke	Mantenendo costante la velocità a 3 mph, dopo un warm up di 1 minuto allo 0% e uno al 2%, si aumenta l'elevazione dell'1% ogni minuto
Ellestad	Si inizia con 3 step a velocità incrementali al 10% di elevazione; successivamente, dopo averla portata al 15%, si aumenta la velocità ogni 3 minuti
Harbor	Dopo 3 minuti a una velocità di passo, si aumenta l'inclinazione di un grado ogni minuto
Saltin e Astrand	A velocità costante di 10 km/h si aumenta l'inclinazione del 2,6% ogni 3 minuti
Ishico e Shephard	Dalla minima velocità alla quale i soggetti allenati e non riescono a correre (6,2 e 4,3 km/h), si incrementa la pendenza del 2,5% ogni 2 minuti
Pollock	Stesso concetto di Ishico e Shephard, ma preceduto da un pretest per individuare la minima velocità di corsa

Protocolli per determinare il $\dot{V}O_2$ max

Consigliati:

Prot. incrementali continui con carichi relativamente brevi (es 4 min) di corsa su nastro trasportatore.



Differenze tra ergometri

Nastro trasportatore: maggior coinvolgimento di masse muscolari, permette di raggiungere valori di VO₂ max più elevati

VO₂ max Cicloergometro circa 10% inferiore rispetto al nastro trasportatore (per sogg. non specificamente allenati)

Ergometri a braccia, in soggetti non specificamente allenati, danno risposte fisiologiche % inferiori rispetto a ergometri per arti inferiori = VO₂ max circa 65-80% del VO₂ max reale

Differenze tra ergometri

Cicloergometro: richiede una gestualità più nota a tutti (non necessita apprendimento particolare) ma può determinare fenomeni di affaticamento precoce che possono condizionare la prova.

Nastro trasportatore: richiede una buona abitudine al suo utilizzo, specie alle alte velocità . Per soggetti poco esperti si può aumentare la pendenza invece di incrementare la velocità, ma anche in questo caso ci si espone a maggior rischio di fatica locale.

Test indiretti sul campo per il VO₂ max

Test di Cooper

Stima del VO₂ max a partire dalla misura della max distanza percorsa in 12 minuti di corsa

(correlazione 0.84 Cooper 1968)

- **Elevato grado di motivazione (durata non breve)**
- **Utilizzare sempre lo stesso tipo di fondo e condizioni ambientali**
- **Riscaldamento 8-10 min, stretching**
- **Non effettuare uno scatto finale, mantenere una andatura costante (prendere passaggio ogni 200 o 400 m)**
- **Valutare FC a fine test: se non vicina FC max forse esercizio non completo**

Test di Cooper

Distanza percorsa in 12 min		$V'O_2$ max
Numero di giri	km	$ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$
4	1,6	24,5*
4 1/4	1,7	26,7*
4 1/2	1,8	28,9
4 3/4	1,9	31,2
5	2,0	33,4
5 1/4	2,1	35,6
5 1/2	2,2	37,9
5 3/4	2,3	40,1
6	2,4	42,3
6 1/4	2,5	44,6
6 1/2	2,6	46,8
6 3/4	2,7	49,1
7	2,8	51,3
7 1/4	2,9	53,15
7 1/2	3,0	55,8
7 3/4	3,1	58,0
8	3,2	60,2

Tabella per il calcolo del
 $\dot{V}O_2$ max

Formula:

$$\dot{V}O_2 \text{ max (ml/kg*min)} = \\ = 22.351 * \text{dist(km)} - 11.288$$

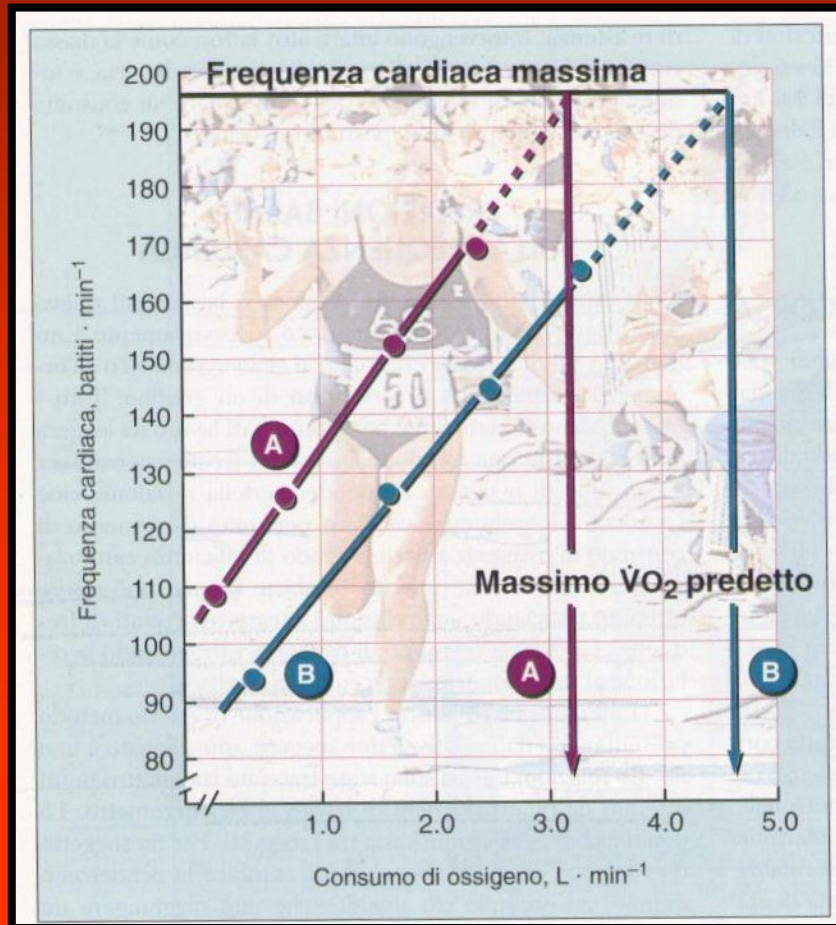
Formula per soggetti
allenati:

$$\dot{V}O_2 \text{ max (ml/kg*min)} = \\ = 11 * \text{dist (km)} + 21.9$$

Test sottomassimali

Utilizzano i valori di Fc durante carichi standard sottomassimali come indice indiretto del VO₂

$$(\text{VO}_2 = \text{Gs} * \text{Fc} * \text{Diff}_{\text{a-v}} \text{O}_2)$$



Presupposto teorico è la linearità della funzione FC/VO₂

**L'AUMENTO DELLA
FREQUENZA CARDIACA
DURANTE ESERCIZIO
INDICA UN
AUMENTO DEL
COINVOLGIMENTO
DEL METABOLISMO
AEROBICO**

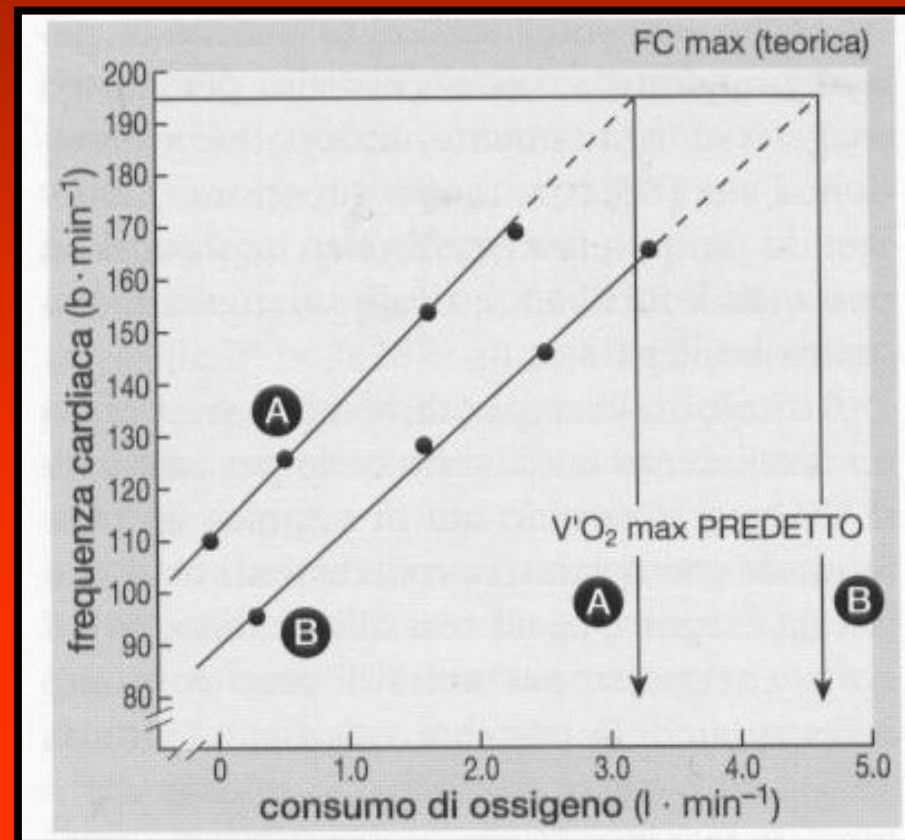


La frequenza cardiaca aumenta linearmente con l'aumentare dell'intensità dell'esercizio fino a raggiungere la frequenza cardiaca max (FC Max)

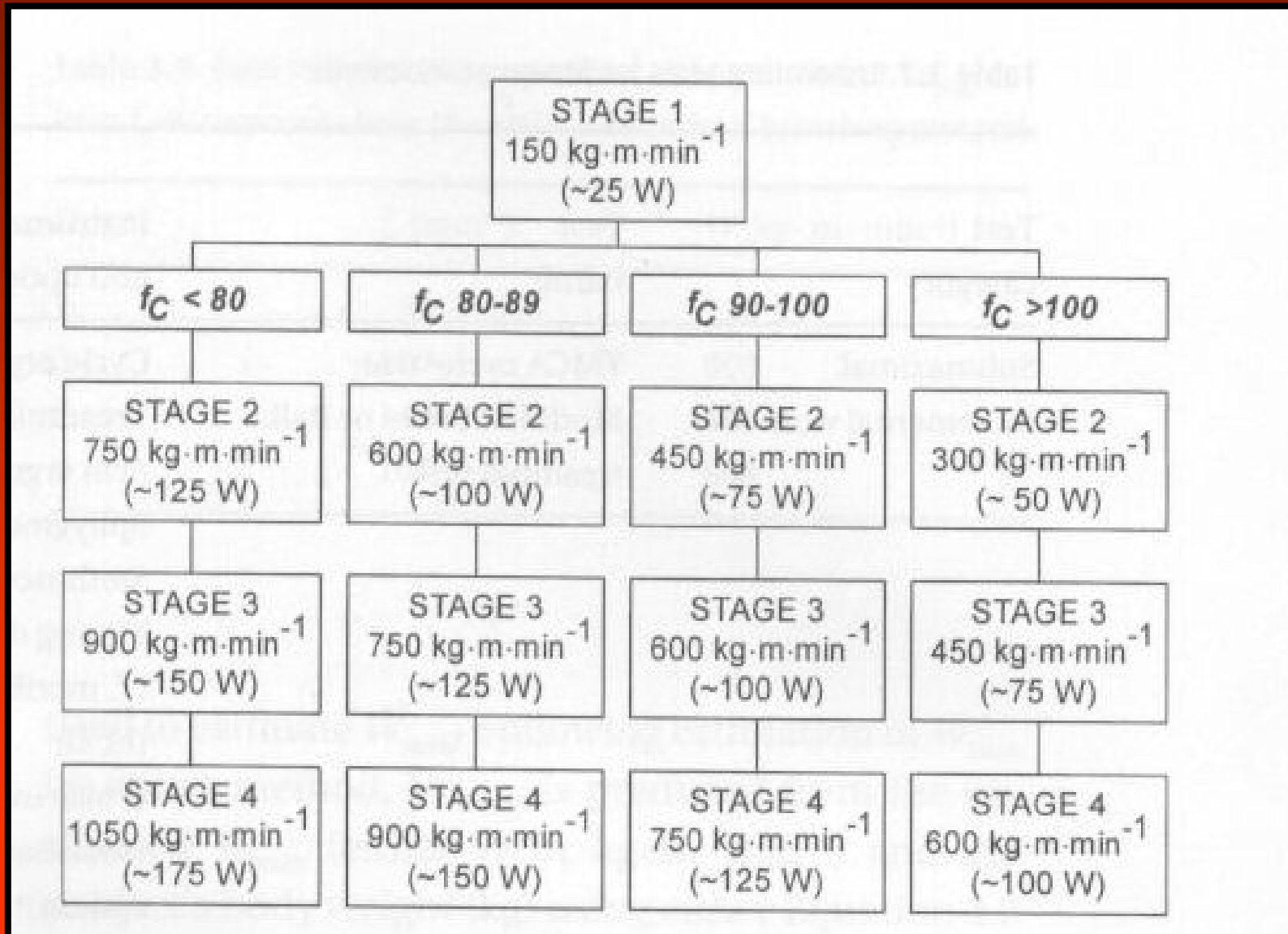
La potenza aerobica aumenta linearmente con l'aumentare dell'intensità dell'esercizio fino a raggiungere la massima potenza aerobica (VO_2max)

Test sottomassimali: calcolo

Si eseguono quindi misure di F_c a più carichi sottomassimali e si riporta nella relazione $F_c/V'O_2$ su un grafico i dati ottenuti estrapolando il $V'O_2$ max predetto corrispondente al valore di F_c max teorica ($F_c \text{ max} = 220 - \text{età}$)



Test sottomassimali: esempio protocollo



La frequenza cardiaca:

**E' INDICATIVA DEL
COINVOLGIMENTO DEL
METABOLISMO AEROBICO**

**UTILIZZO DEI GRASSI
UTILIZZO DEGLI ZUCCHERI**

Allenare la FC: effetti

BASSA FC AI CARICHI INIZIALI

DIMINUZIONE DI FC A PARITA' DI CARICO

MAGGIOR ENTITA' DEL CARICO MASSIMO

MIGLIORAMENTO DELLA FORMA FISICA

Fisiologia dell'esercizio

Accumulo di lattato e metabolismo anaerobico



DEBITO DI OSSIGENO



METABOLISMO ANAEROBICO



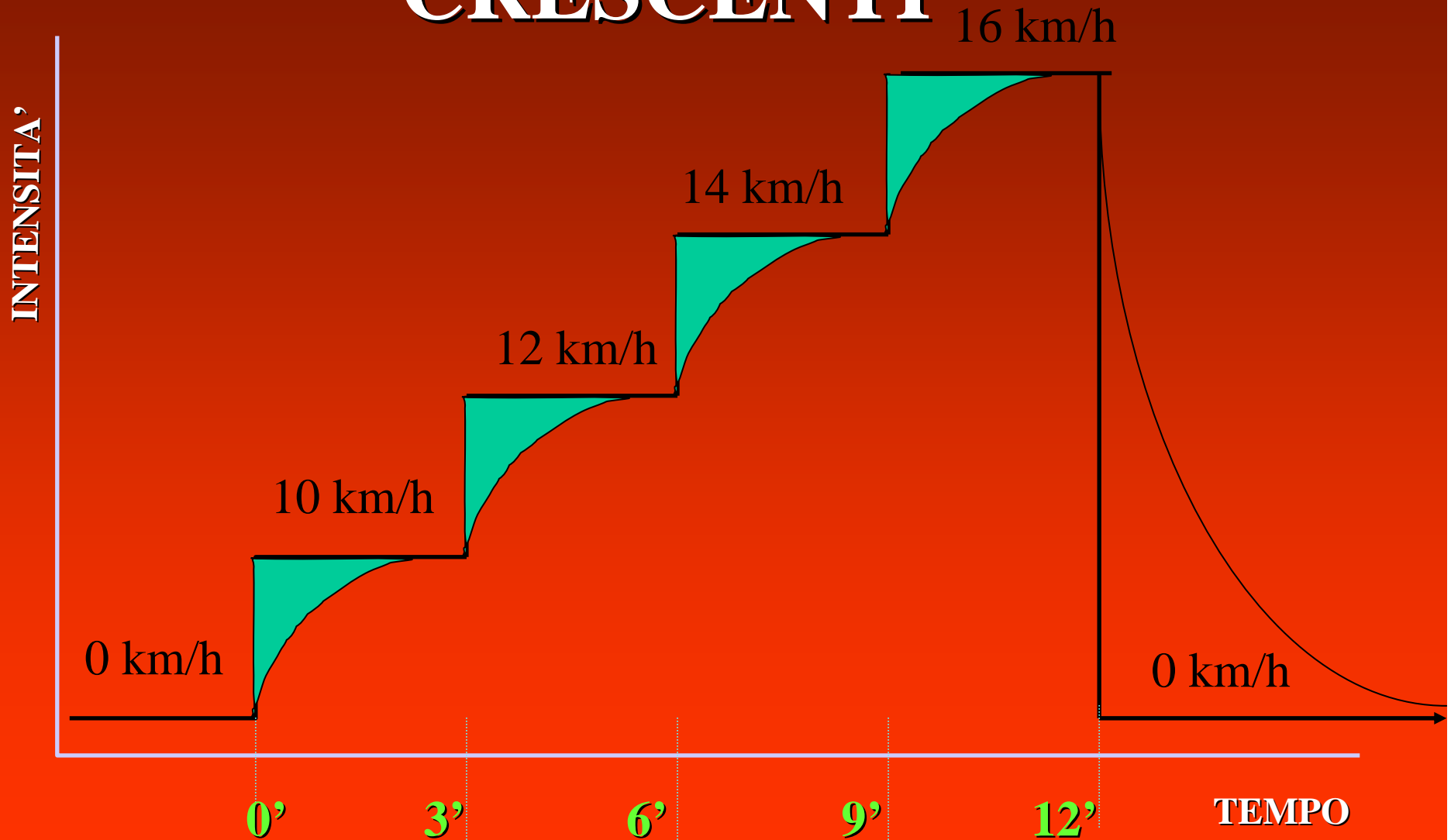
ACIDO LATTICO

**“QUANDO L'APPORTO DI
OSSIGENO E' INSUFFICIENTE
VIENE PRODOTTO ACIDO
LATTICO”**



BARONE VON LIEBIG, 1847

ESERCIZIO A CARICHI CRESCENTI



Lattacidemia a riposo:

1.0 – 1.5 mM

9 mg/100mL

N.B.: è possibile riscontrare valori inferiori a 1.0 mM sia a riposo che durante esercizio

LATTACIDEMIA BASALE

**METABOLISMO BASALE DEL
MUSCOLO POCO PERFUSO**

**METABOLISMO BASALE DI
PELLE, CERVELLO E INTESTINO**

**METABOLISMO DEGLI
ERITROCITI**

**L'AUMENTO DELLA
LATTACIDEMIA
DURANTE ESERCIZIO
INDICA IL
COINVOLGIMENTO
DEL METABOLISMO
ANAEROBICO**

**UTILIZZO DEI
GLUCIDI**



VARIAZIONI LATTACIDEMIA

**DOPO ESERCIZIO MASSIMALE
AL CICLOERGOMETRO**



4-8 mM

**DOPO PROVE MASSIMALI DI
CIRCA UN MINUTO NEI SEDENTARI**



8-17 mM

**DOPO PROVE MASSIMALI
DI CIRCA UN MINUTO IN ATLETI**



15-25 mM

**DOPO PROVE MASSIMALI
INTERMITTENTI**



32 mM

PRODUZIONE



ACCUMULO



ELIMINAZIONE

IL LATTATO VIENE ACCUMULATO:

- 1) all'inizio dell'esercizio (early lactate),**
- 2) quando l'intensità dell'esercizio è tale da richiedere l'intervento del metabolismo anaerobico,**
- 3) sempre, nei soggetti con difetti del metabolismo ossidativo.**

La soglia anaerobica:

Per gli anglofoni OBLA (onset blood lactate accumulation) indica il punto di inizio dell'accumulo di tipo esponenziale dell'acido lattico nel muscolo con il crescere dell'intensità di lavoro.

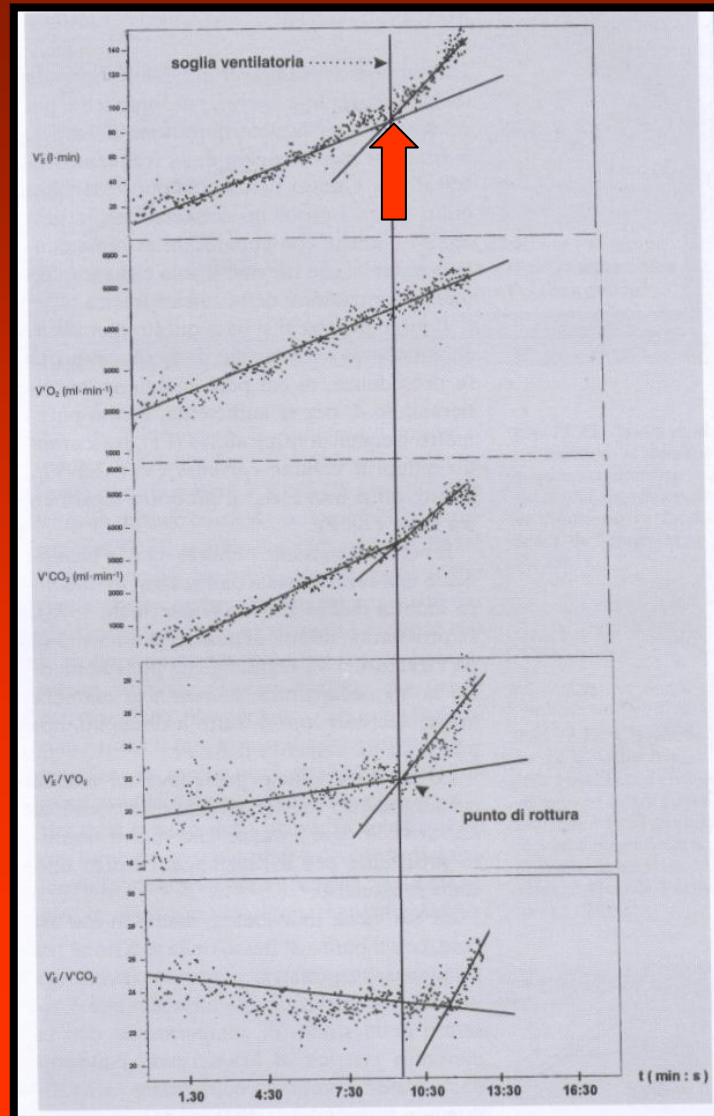
E' un fattore predittivo molto preciso delle attitudini atletiche per una prova di resistenza (es. nella maratona possibile predizione con errore 0,6% rispetto alla prestazione reale)

Determinazione della soglia anaerobica:

- **Valutazione indiretta (soglia ventilatoria)**
tramite la misura dei gas respiratori
 - **Valutazione diretta (soglia metabolica)**
tramite la misura della lattacidemia capillare
- ! Sempre durante esercizio a carichi incrementali (di durata di almeno 3 min ciascuno per raggiungere lo steady state) !**

Determinazione soglia ventilatoria:

Incremento della eliminazione di valenze acide (CO₂) con la respirazione.



Criteri:

- Incremento della relazione $V_E/V'O_2$
- Incremento della eliminazione CO₂ ($V'CO_2$)
- Incremento della P_{ETO_2} (pressione parziale alveolare O₂)
- Quoziente respiratorio > 1

Determinazione soglia metabolica:

TEST DI SOGLIA



CARDIOFREQUENZIMETRO – PRELIEVO DI LATTATO

Test di soglia: esempio protocollo

5 min. di riscaldamento

Inizio a 7-8 km/h

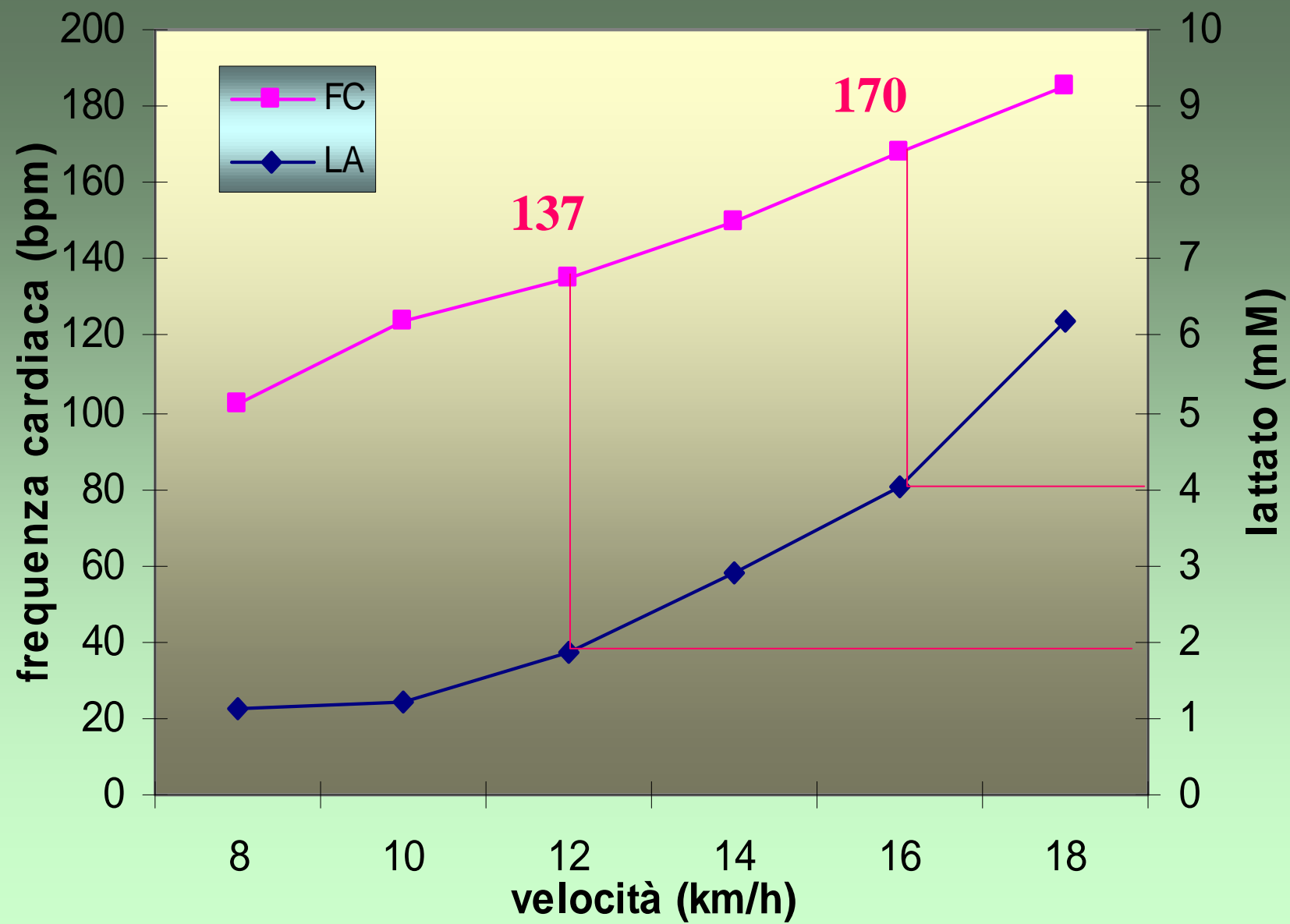
Incrementi di 2 km/h ogni 3 minuti

Rilevazione della Frequenza Cardiaca

Determinazione della lattacidemia

Calcolo della FC di soglia aerobica (2mM)

Calcolo della FC di soglia anaerobica (4mM)



SOGLIA AEROBICA

**Intensità di esercizio
al di sopra della quale
la concentrazione ematica
di lattato supera le 2 mM**

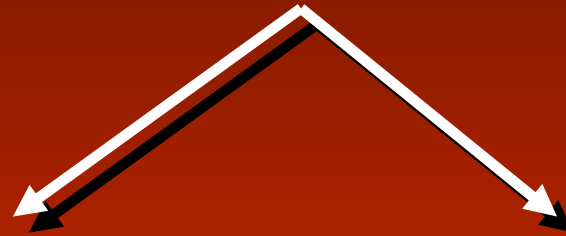
**Indica il passaggio dal metabolismo aerobico
al metabolismo parzialmente anaerobico**

SOGLIA ANAEROBICA

**Intensità di esercizio
al di sopra della quale
la concentrazione ematica
di lattato supera le 4 mM**

**Indica il passaggio al metabolismo quasi
esclusivamente anaerobico**

SOGLIA



AEROBICA

60% VO₂ max

ANAEROBICA

80-90% VO₂ max

“Una concentrazione di lattato costante nel tempo rappresenta una situazione interamente aerobica”.

PRODUZIONE = ELIMINAZIONE

ACCUMULO DI LATTATO

1) Tipo di esercizio

- componente isometrica
- equilibrio o incrementale
- tipo di ergometro

2) Intensità dell'esercizio

3) Durata dell'esercizio

4) Masse muscolari coinvolte

ACCUMULO DI LATTATO

5) Allenamento

6) Dieta

7) Età del soggetto

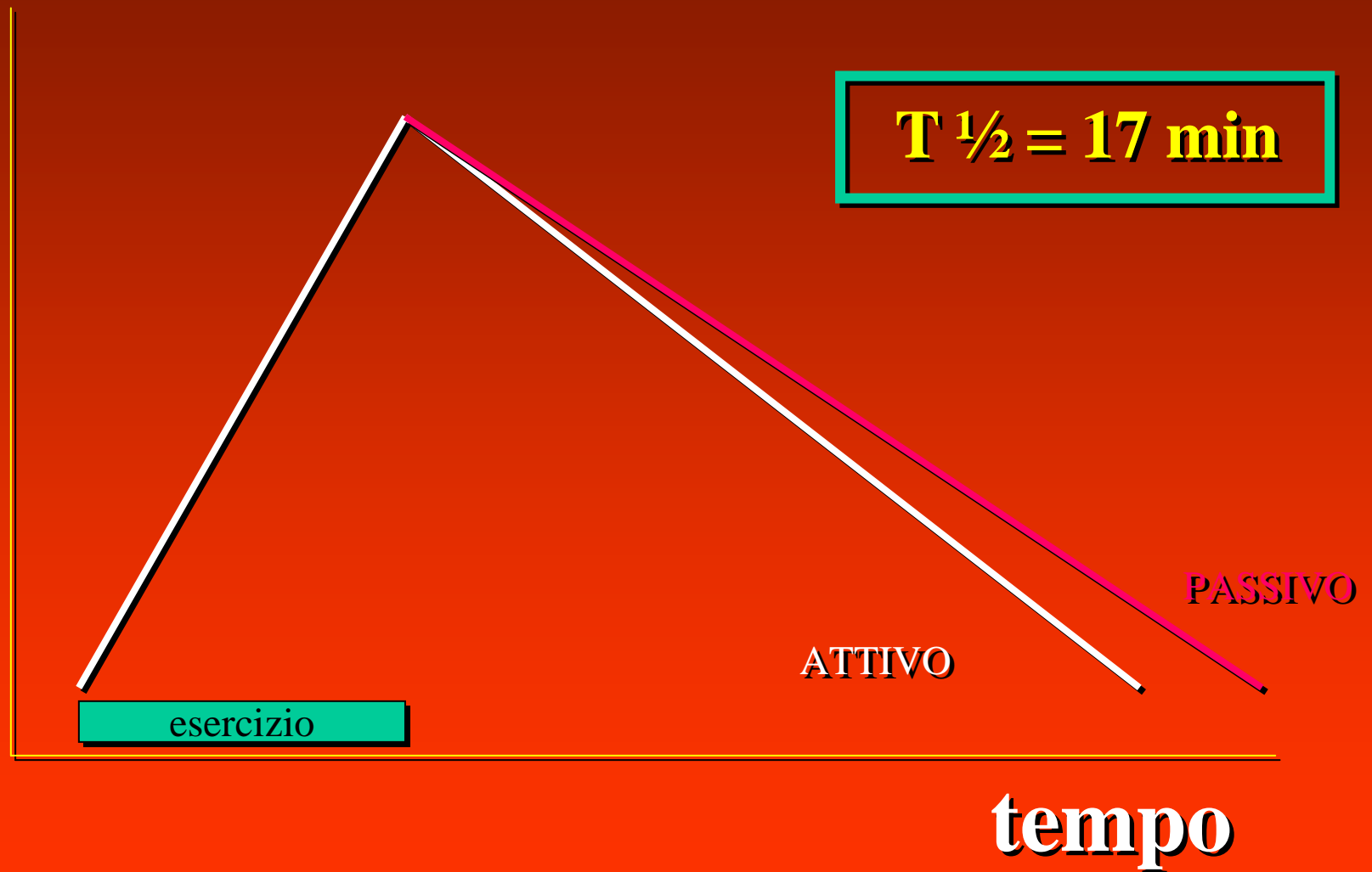
8) Tempo del prelievo

9) Sangue venoso, arterioso, capillare

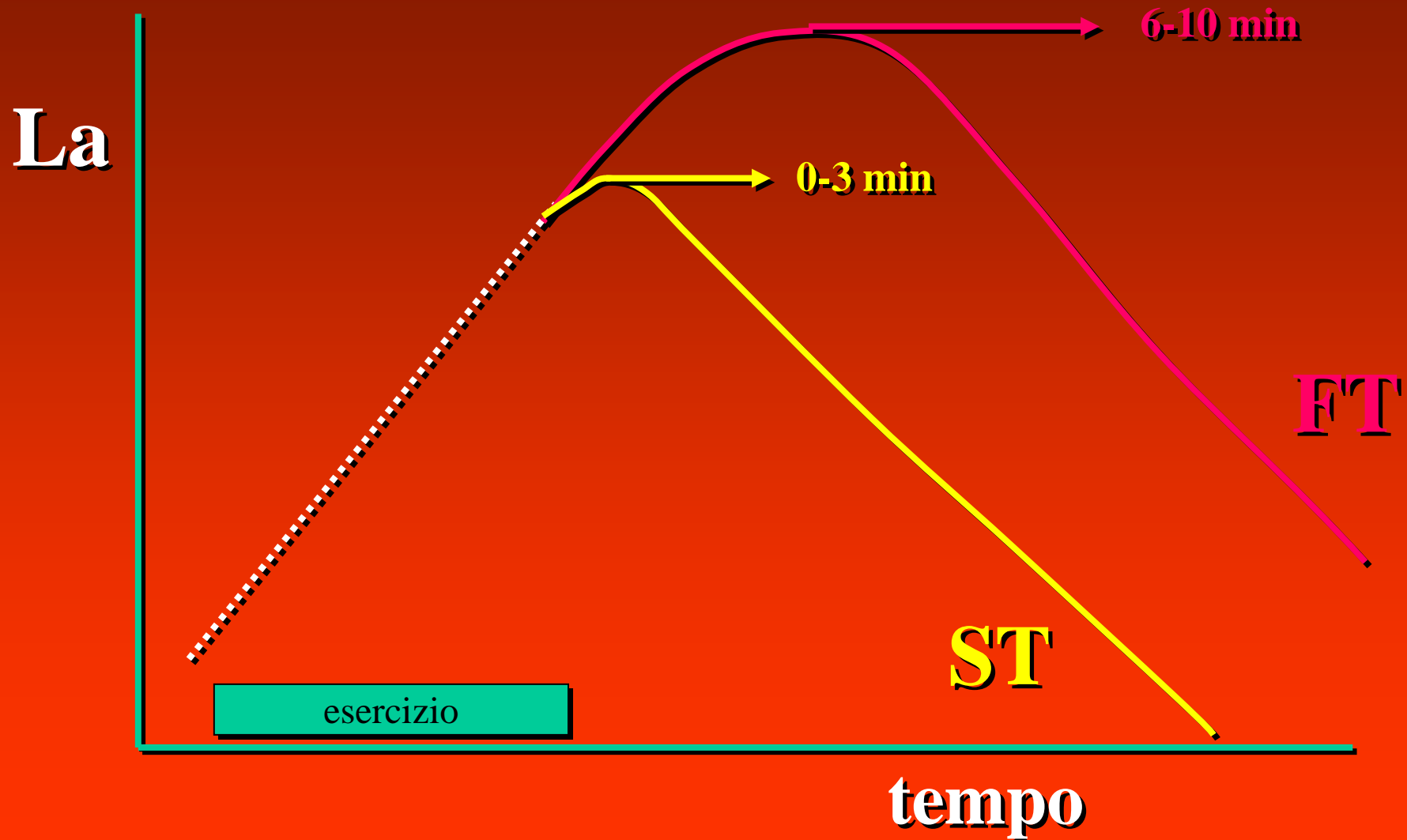
10) Metodica di analisi del campione

CINETICA DEL RECUPERO

La



PICCO DI LATTATO POST ESERCIZIO



DESTINO DEL LATTATO

- 1) **OSSIDAZIONE A $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$**
(nel fegato e nelle fibre lente)
- 2) **RISINTESI A GLICOGENO**
(nel fegato e nelle fibre rapide)
- 3) **ELIMINAZIONE URINARIA**
(trascurabile)

**LA RELAZIONE TRA LATTATO
E CARICO:
COSA CONSIDERARE ?**

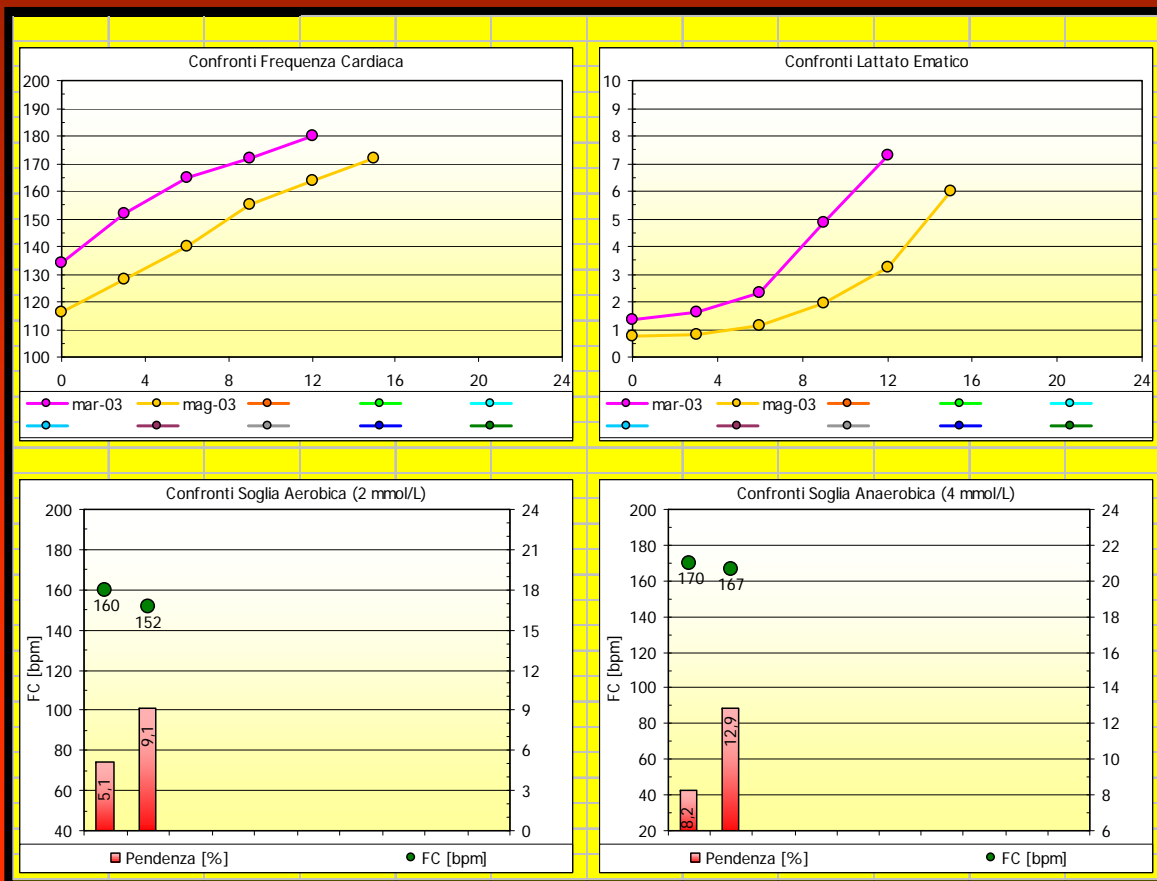
FREQUENZA CARDIACA INIZIALE

ENTITA' DEL CARICO FINALE

**QUANDO IL PAZIENTE
COMINCIA AD ANSIMARE**

LA RELAZIONE TRA LATTACIDEMIA E CARICO:

E' UNA CARATTERISTICA INDIVIDUALE



**E' INDICATIVA
DELLA
FORMA FISICA
GENERALE**

**E' MODIFICABILE
CON
L'ALLENAMENTO**

FREQUENZA CARDIACA E LATTATO

**NEGLI ESERCIZI SUBMASSIMALI
ALL'EQUILIBRIO:**

**QUANDO LA FREQUENZA CARDIACA SI
MANTIENE COSTANTE L'ESERCIZIO E'
AEROBICO**

**QUANDO LA FREQUENZA CARDIACA TENDE
AD AUMENTARE L'ESERCIZIO E'
PARZIALMENTE ANAEROBICO**

Test di soglia sul campo: Mognoni

- Permette di valutare gruppi di persone numerose in poco tempo (20-25/h)
 - Determinazione della soglia anaerobica da un singolo prelievo di lattato capillare
- Attendibile per sport di squadra tecnico-tattici

Test di soglia sul campo: Mognoni



Corsa per 6 minuti a velocità costante 13.5 km/h

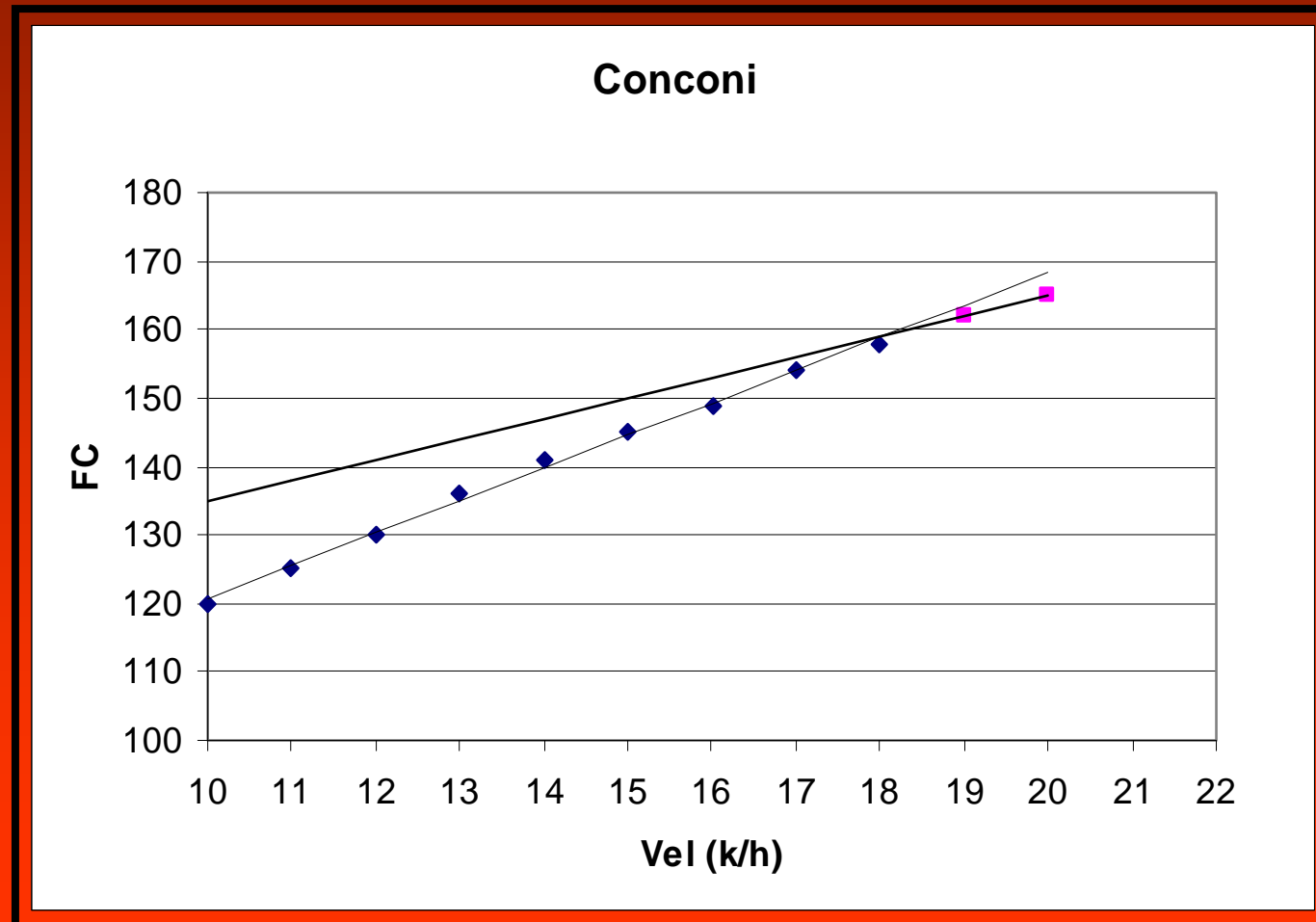


Prelievo di lattato e determinazione della VOBLA

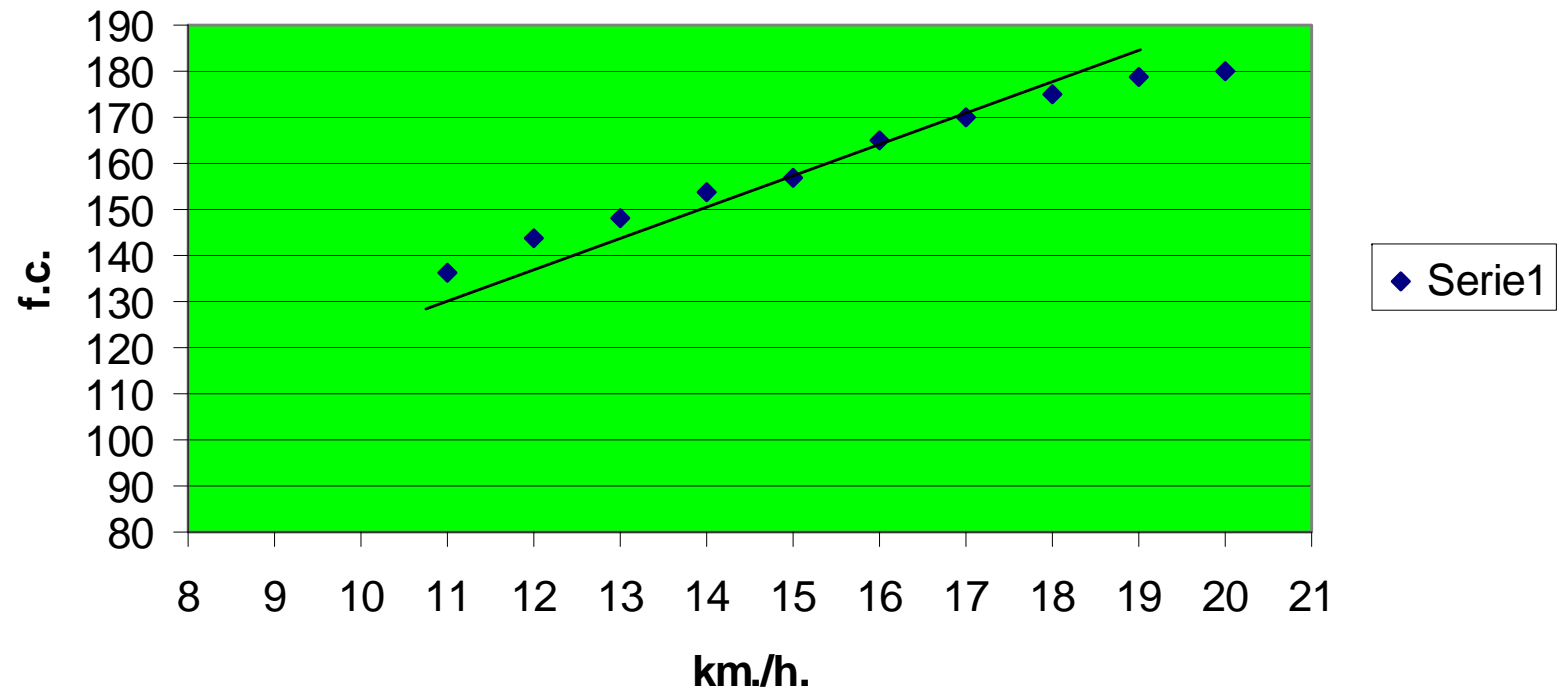
Test di soglia sul campo: Conconi

Si basa sulla relazione FC/carico.

Perdita della linearità della relazione = SA



26-3-7



Test di Conconi:

Semplicità di mezzi ma difficoltà di esecuzione
(trovare il ritmo giusto)

Protocollo:

Buon riscaldamento

**Velocità iniziale con FC intorno a 120 bpm
(sogg. Poco allenati 7-8 km/h)**

**Incrementi di 0,5- 1 km/h ogni 200 m
o incrementi di 2-3 sec sul tempo ogni 200 m**

Rilevamento della Fc a ogni velocità fino esaurimento

Metodi di misura della Forza

- Fattori meccanico muscolari
- Fattori metabolismo anaerobico-alattacido

Test diretti:

RMN

Biopsia muscolare

EMG

Metodi di misura della Forza

Test Indiretti:

Valutazione dinamometrica:

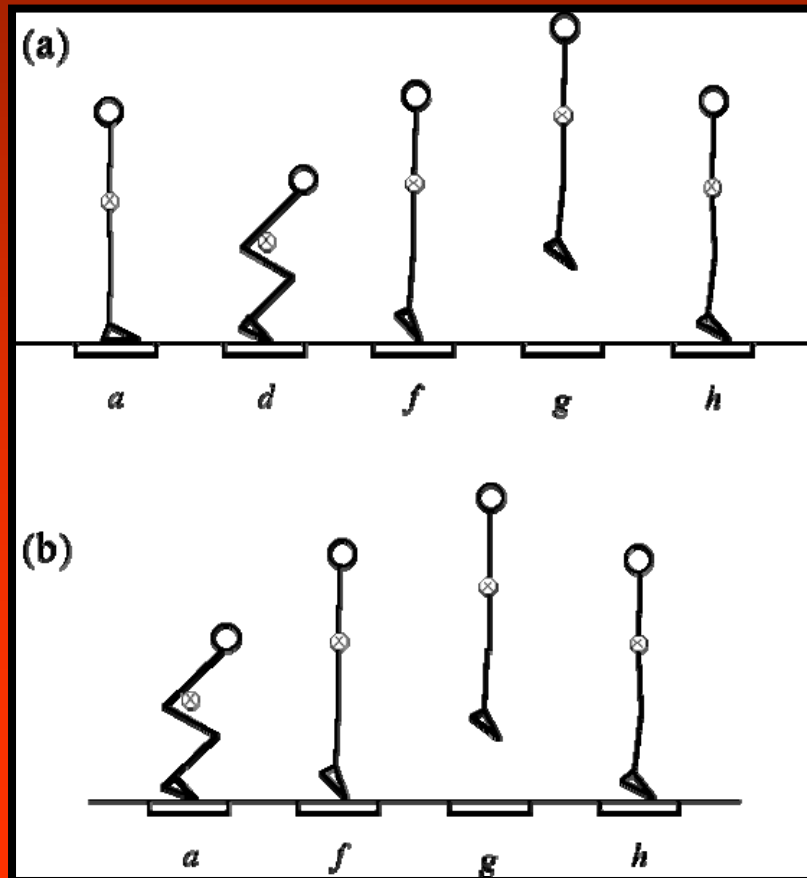
- isocinetica
- isometrica



Metodi di misura della Forza (indiretti)

Salto verticale su piattaforma (SJ, CMJ)

- Su pedana dinamometrica
- Su pedana ottica



Metodi di misura della Forza (indiretti)

Abalakov

Sargeant

Salto in lungo da fermo

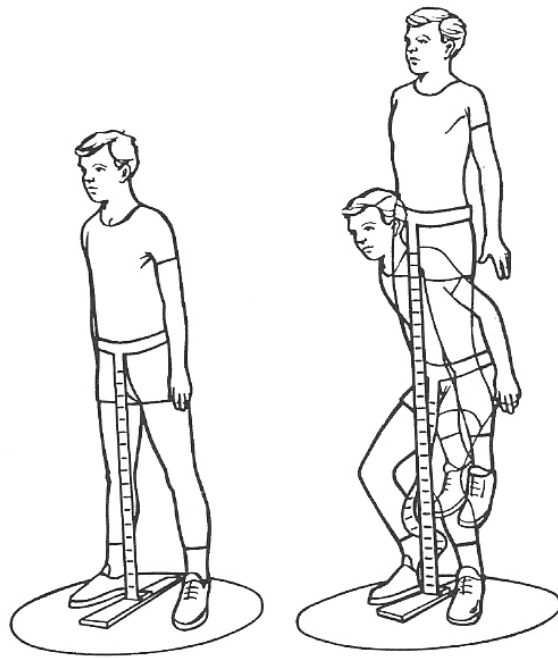


Fig. 8.19. Test di Abalakov.

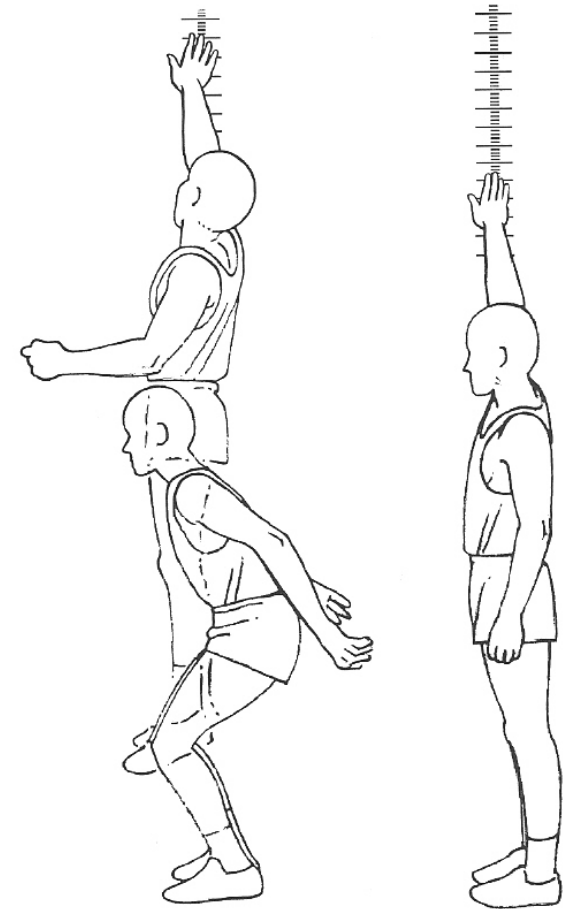


Fig. 8.20. Test di Sargeant.

Metodi di misura della Forza (indiretti)

Test di Margaria:

Rincorsa di 2 m

Salita alla massima velocità di una scala 14 scalini
(h 17.5 cm per scalino), 2 scalini alla volta

Fotocellule al 6° e 12° scalino (max vel dopo 1.5 -2 sec)

Formula:

**(W) Potenza = forza * velocità = peso sogg * vel
verticale = (kg*9.81) * (h/t)**

t e h si riferiscono a tempo e spazio tra le 2 fotocellule

Metodi di misura della Forza (indiretti)

Wingate test 10 sec:

Resistenza nota preimpostata sul cicloergometro

Test al massimo delle proprie capacità

Si misura n° pedalate nei 5 sec più veloci

Formula:

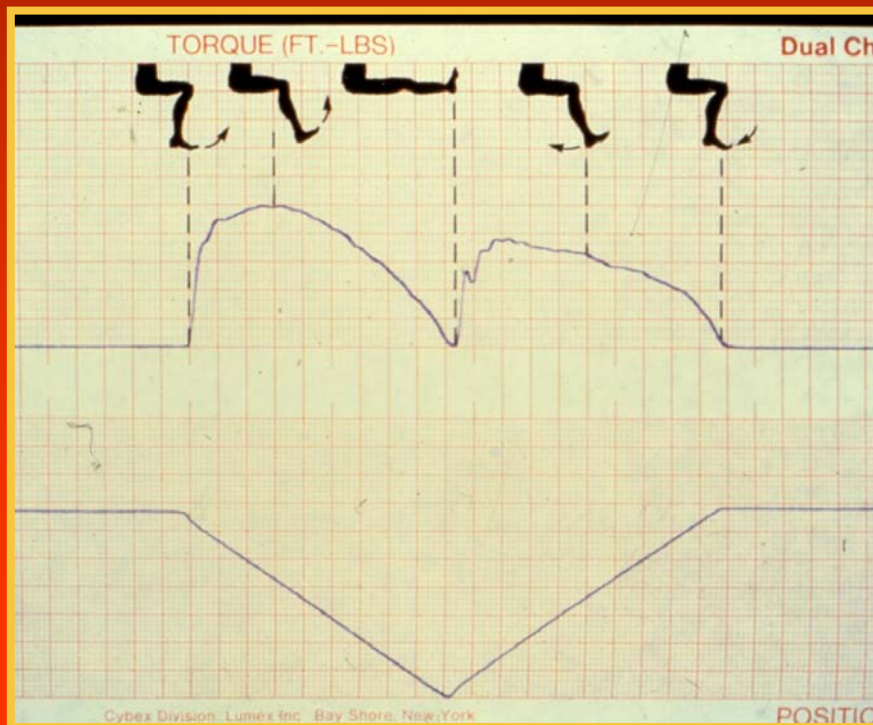
$$(W) \text{ Potenza} = \text{forza} * \text{velocità} = \text{forza} * (\text{spazio} / \text{tempo})$$

Dove spazio = n° pedalate * circonferenza volano

Test isocinetico:

Velocità costante

Resistenza accomodante

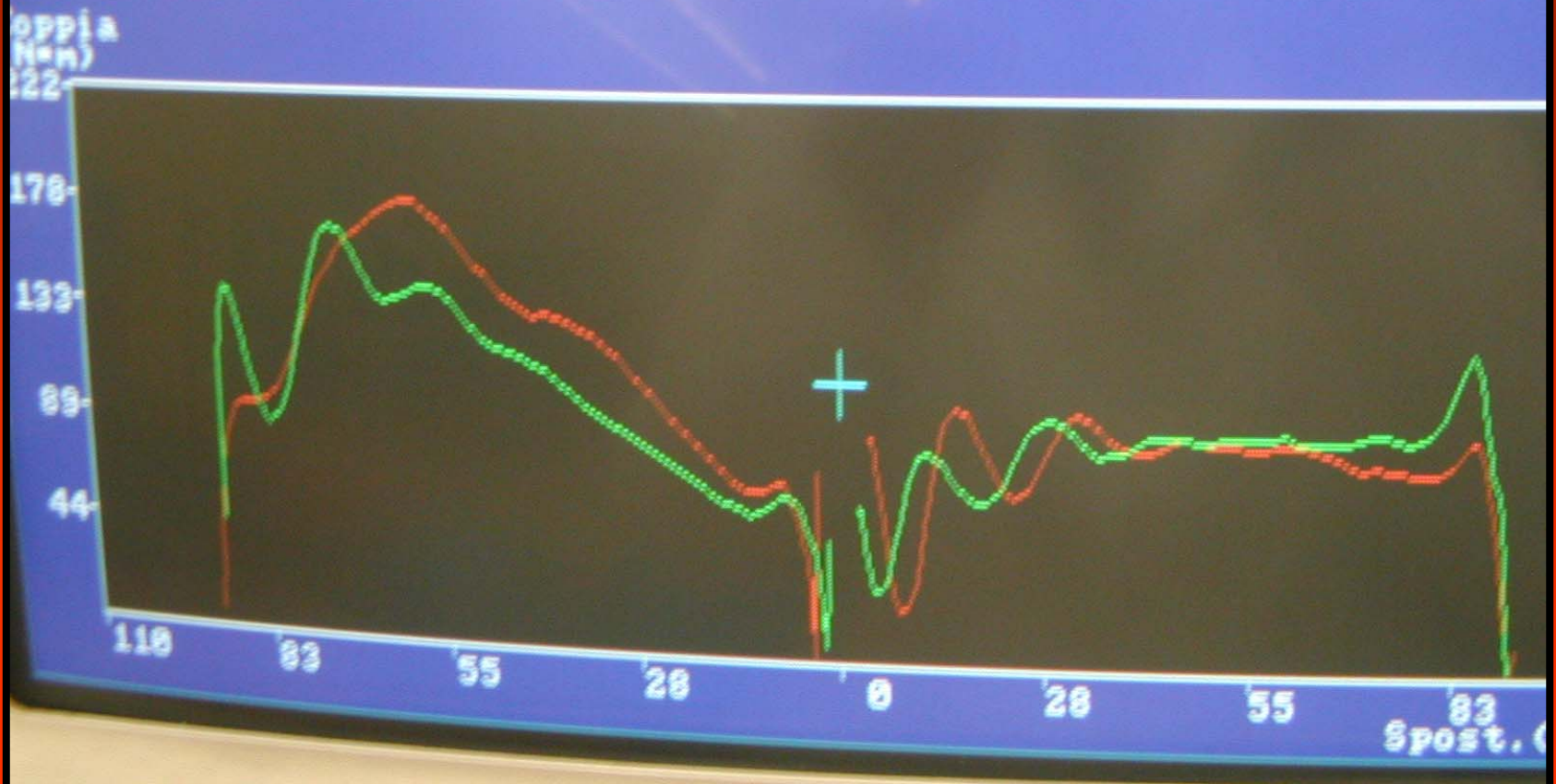


Test isocinetico:

Obiettivi:

- **Valutare i livelli di forza esplosiva**
- **Valutare i rapporti tra gruppi muscolari agonisti ed antagonisti**
- **Valutare i rapporti tra gruppi muscolari controlaterali**

	AGONISTA			ANTAGONISTA		
	1	2	dif.	1	2	dif.
Coppia max. (N ^o n)	178	167	-6%	101	124	22%
Lavoro (J)	182	164	-9%	121	145	19%
Potenza (W)	276	259	-6%	176	193	9%
Indice di fatica	89	90	1%	99	122	23%



Test isocinetico:

Protocollo

- In modalità concentrica
- Forza (basse velocità angolari)
- Resistenza (medio-alte velocità angolari)

Test isocinetico:

Protocollo 1

Velocità	Ripetizioni	Serie	Pausa
180°/sec	3	2-3	> 20"
240°/sec	3	2-3	> 20"
300°/sec	3	2-3	> 20"
120°/sec	3	2-3	> 20"
60°/sec	3	2-3	> 20"

Test isocinetico:

Protocollo 2

Velocità	Ripetizioni	Serie	Pausa
180°/sec	3	2-3	> 20"
60°/sec	1	2-3	> 20"

Test isocinetico:

**Interpretazione del test
quantitativa:
(confronto tra i 2 arti esaminati)**

- deficit lieve: tra 10 e 24%
- deficit moderato: tra 25 e 49%
- deficit grave: tra 50 e 74%
- deficit gravissimo: > 75%

Test isocinetico:

**Interpretazione del test qualitativa:
(confronto tra i 2 arti esaminati)**

- **deficit complessivo di forza: presente a tutte le velocità angolari**
- **deficit di forza massima: presente solo alle basse velocità angolari ($< 120^\circ/\text{sec}$)**
 - **deficit di forza veloce: presente solo alle alte velocità ($> 180^\circ/\text{sec}$)**

Aspetti antropometrici

Peso

Statura

BMI

% Grasso corporeo

Indice massa corporea BMI (kg/m²)

CATEGORIA	UOMINI	DONNE
sottopeso	< 18.5	<19.5
normopeso	18.5-24.4	19.5-23
sovrappeso	24.5-29.1	23.1-29.1
obesi	>29.1	>29.1

Misura del grasso corporeo:

- **Impedenziometria:**

misura la resistenza che il corpo oppone al passaggio di una corrente debolissima e ad altissima frequenza (50.000 Hz). Dal valore della impedenza corporea, tramite alcuni algoritmi e con l'ausilio di un computer, si risale al contenuto di acqua corporea, di massa magra, di massa grassa, ed al metabolismo basale del paziente

- **Pliche e circonferenze cutanee**

Misure antropometriche:

- La percentuale di tessuto adiposo viene determinata indirettamente tramite la misura dello spessore delle pliche cutanee e delle circonferenze corporee
- Forniscono un indice della forma fisica generale e identificano un eventuale fattore di rischio legato al sovrappeso
- Valori di riferimento

Percentuale di tessuto adiposo



Aspetti antropometrici

<i>ETA'</i>	31	<i>ATTIVITA' SPORTIVA</i>	corsa, bici		
<i>PESO (kg)</i>	78,0	<i>ALTEZZA (cm)</i>	179		
SPESSORE PLICHE CUTANEE (mm)					
Guancia	8,8	Addome	24,0	Rotula	11,0
Collo	3,4	Fianco	19,4	Polpaccio Post.	10,0
Petto	8,2	Sovrailio	9,2		
Sottoscapola	14,2	Tricipite	7,6		
INDICE DI MASSA CORPOREA (kg/m ²)	24,3				
TESSUTO ADIPOSO (%)	17,0	SPESSORE MEDIO ADIPE (mm)	3,79		
PESO MAGRO (kg)	64,8	SUPERFICIE CORPOREA (m ²)	1,29		
RIFERIMENTO TESSUTO ADIPOSO (%)	12	ECCESSO DI GRASSO (kg)	3,87		

(plicometria con 10 rilevazioni)

Considerazioni

Fattori che influiscono sul margine di errore nel calcolo della % massa grassa rispetto alla pesata idrostatica:

- **Età** (<19 e >61)
- **Sesso**
- **Razza** (neri e ispanici)
- **Stato di allenamento** (atleti di resistenza e di forza estremamente allenati)

Per ridurre il margine di errore sarebbe indicato utilizzare equazioni popolazione-specifiche!

Le equazioni a carattere generale sono ritenute comunque un'alternativa accettabile

Ricapitolando...

- **Definizione, significato e requisiti dei test funzionali**
- **Le vie metaboliche di risintesi dell'ATP**
- **Classificazione delle attività sportive**
- **Classificazione dei test funzionali**
- **Definizione di VO_2 e VO_2 max (potenza aerobica)**
- **Test di valutazione per il VO_2 max diretti e indiretti (submassimali) da laboratorio e da campo**
- **Il metabolismo dell'acido lattico**
- **Test funzionali per la determinazione della soglia anaerobica (ventilatoria e metabolica)**
- **Test di soglia indiretti sul campo**
- **Test di forza**
- **Test antropometrici**

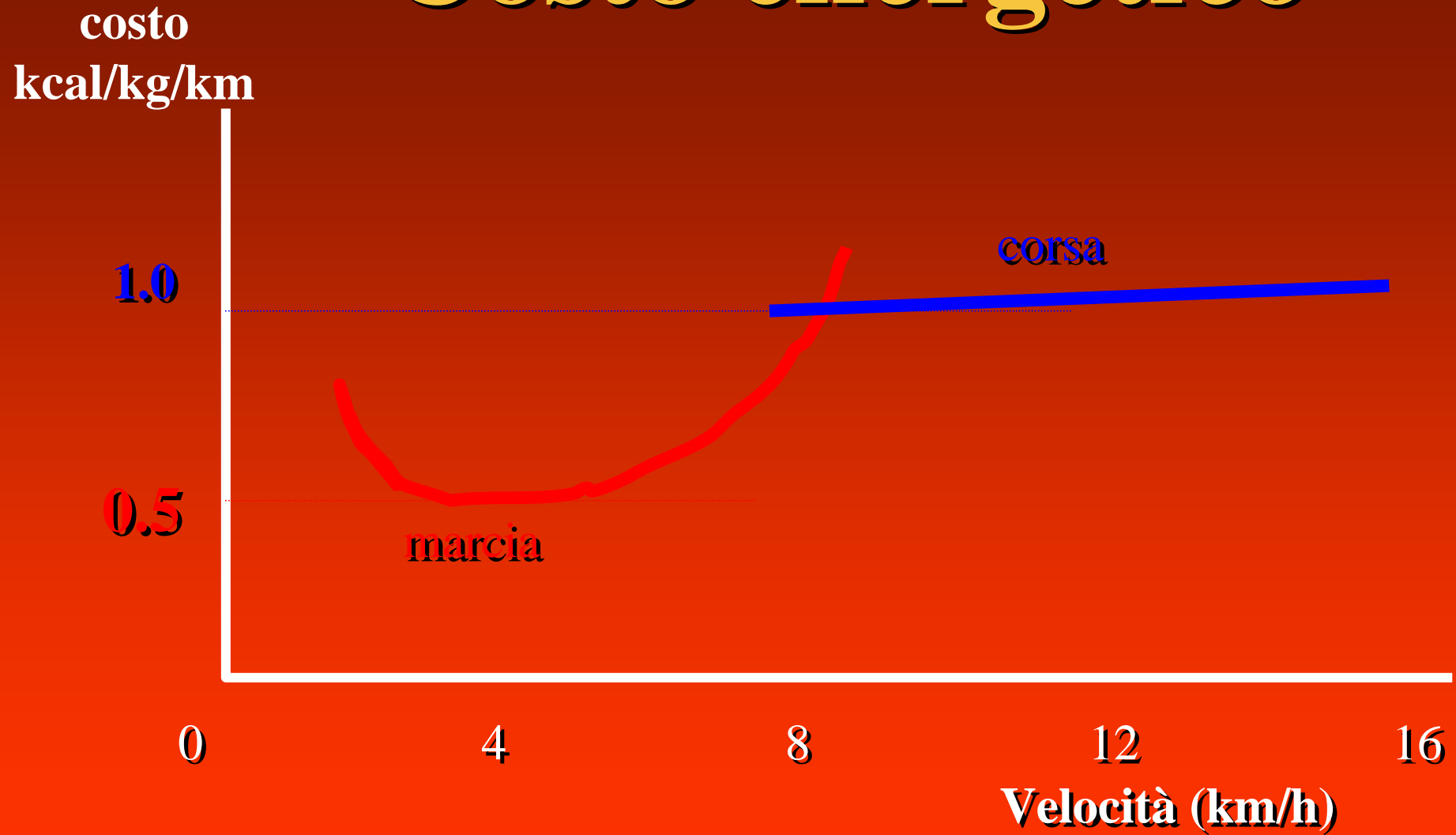
Costo energetico

Quantità di energia spesa per
Unità di distanza percorsa

L O₂ / kg / m

kcal / kg / m

Costo energetico



Dispendio energetico

Quantità totale di energia spesa per compiere un determinato lavoro

Potenza metabolica

Quantità di energia spesa nell'unità di tempo

Costo energetico

Quantità di energia spesa per unità di distanza