

Risposte all'allenamento aerobico

Fisiologia della prestazione sportiva

1

Università degli Studi di Verona
Scienze Motorie
aa 2014-2015

Obiettivi

1. Illustrare i principi dell'allenamento: stimolo allenante, intensità, quantità e specificità
2. Paragonare i risultati ottenuti in studi trasversali e in studi longitudinali
3. Indicare le tipiche modificazioni del V'O₂max ottenute con i programmi di allenamento e l'effetto dei valori iniziali sull'entità dell'incremento
4. Illustrare i tipici valori di V'O₂max in varie popolazioni
5. Spiegare le modificazioni di V'O₂max alla luce dell'equazione di Fick; indicare quali siano le variabili che influenzano maggiormente le modificazioni indotte dall'allenamento e le differenze riscontrate nelle varie popolazioni
6. Discutere, alla luce del modello introdotto al punto 5, come soggetti sedentari introdotti in programmi di allenamento possano aumentare il loro V'O₂max.
7. Discutere il ruolo del precarico, postcarico e contrattilità cardiache nell'aumento del volume di eiezione che avviene nel corso dell'allenamento

Esercizio: una sfida all'omeostasi

Temperature regulation
(10–25 kcal/min)

Mean arterial blood pressure
(Vasodilation of muscle)

PCO_2
($\uparrow \dot{\text{VCO}}_2$)

Exercise:
A Challenge to Homeostasis

PO_2
($\uparrow \dot{\text{VO}}_2$)

[Glucose]
(\uparrow uptake 7–20 fold)

$\downarrow \text{pH}$
 \uparrow [Lactate]

Principi dell'allenamento

- **Stimolo**
 - Gli effetti dell'allenamento sono indotti quando si compie un esercizio ad intensità superiori a quelle alle quali solitamente si svolge attività fisica
- L'allenamento può essere descritto quantitativamente in termini di
 - **Intensità**: p.e. velocità, carico
 - **Quantità**: numero delle sedute, ripetute
- **Specificità**
 - L'allenamento è costruito per coinvolgere prevalentemente:
 - Specifiche fibre muscolari
 - Vie energetiche
 - Velocità di contrazione
 - Tipi di contrazione (eccentrica, concentrica, isometrica)
- **Reversibilità**
 - I guadagni sono persi quando lo stimolo è tolto

Disegni sperimentali utilizzati per studiare l'⁵effetto dell'allenamento

- Studi trasversali (cross-sectional)
 - Studiano contemporaneamente soggetti che svolgono un livello diverso di attività fisica
 - Misurano le differenze tra i due gruppi
- Studi longitudinali
 - Esaminano gruppi prima e dopo allenamento
 - Misurano le modificazioni indotte dall'allenamento in funzione del tempo

Allenamento di resistenza e

- Allenamento per aumentare $V'O_{2\max}$
 - Esercizi dinamici che coinvolgono grandi gruppi muscolari
 - 20-60 min, 3-5 volte/settimana, 50-85% $V'O_{2\max}$
 - Misurano le differenze tra i due gruppi
- Aumenti attesi di $V'O_{2\max}$
 - +15 % in media
 - +2/3 % in quelli con $V'O_{2\max}$ iniziale elevato
 - +30/50% in quelli con $V'O_{2\max}$ iniziale basso
- Predisposizione genetica
 - Giustifica il 40-66% del $V'O_{2\max}$ individuale
 - Prerequisito per $V'O_{2\max}$ elevato

$V' O_{2\text{max}}$ in diverse popolazioni

7

TABLE 13.1

$\dot{V}O_2$ Max Values Measured
in Healthy and Diseased
Populations

Population	Males	Females
Cross-country skiers	84	72
Distance runners	83	62
Sedentary: young	45	38
Sedentary: middle-aged adults	35	30
Post myocardial infarction patients	22	18
Severe pulmonary disease patients	13	13

Values are expressed in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Taken from Saltin and Åstrand (91), Åstrand and Rodahl (4), and Howley and Franks (51).

Fattori determinanti V'O_{2max}

$$V'O_{2\text{max}} = FC_{\text{max}} \times SV_{\text{max}} \times (a-v)_{O_2\text{max}}$$

- Differenze in V'O_{2max} in differenti popolazioni
 - Dovute a differenze in SV_{max}
- Miglioramenti in V'O_{2max}
 - 70% dovuti a ↑SV
 - 30% dovuti a ↑a-vO₂

TABLE 13.2 Physiological Basis for Differences in $\dot{V}O_2$ Max in Different Populations

Population	$\dot{V}O_2$ max (ml · min ⁻¹)	=	Heart Rate (beats · min ⁻¹)	×	Stroke Volume (l · beat ⁻¹)	×	a-v $\dot{V}O_2$ Difference (ml $\dot{V}O_2$ · l ⁻¹)
Athletes	6,250	=	190	×	.205	×	160
Normally active	3,500	=	195	×	.112	×	160
Mitral stenosis	1,400	=	190	×	.043	×	170

From L. B. Rowell, *Human Circulation Regulation During Physical Stress*. Copyright © 1986 Oxford University Press, New York, N.Y. Reprinted by permission.

TABLE 13.3 Longitudinal Data on Changes in Maximal Oxygen Uptake

	$\dot{V}O_2$ max (l · min ⁻¹)	HR max (b · min ⁻¹)	Stroke Volume (ml · beat ⁻¹)	Cardiac Output (l · min ⁻¹)	a-v $\dot{V}O_2$ Difference (ml · l ⁻¹)
Subject LM					
Before training	3.58	206	124	25.5	140
Four months	4.38	210	143	28.1	142
Eighteen months	4.53 + 26%	205	149	30.5 + 20%	149 + 6%
Subject IS					
Before training	3.07	205	122	23.9	126
Four months	3.87	205	134	26.2	131
Thirty-two months	4.36	185	151	27.6	158
Fifty-one months	4.41 + 44%	186	146	26.6 + 12%	166 + 32%

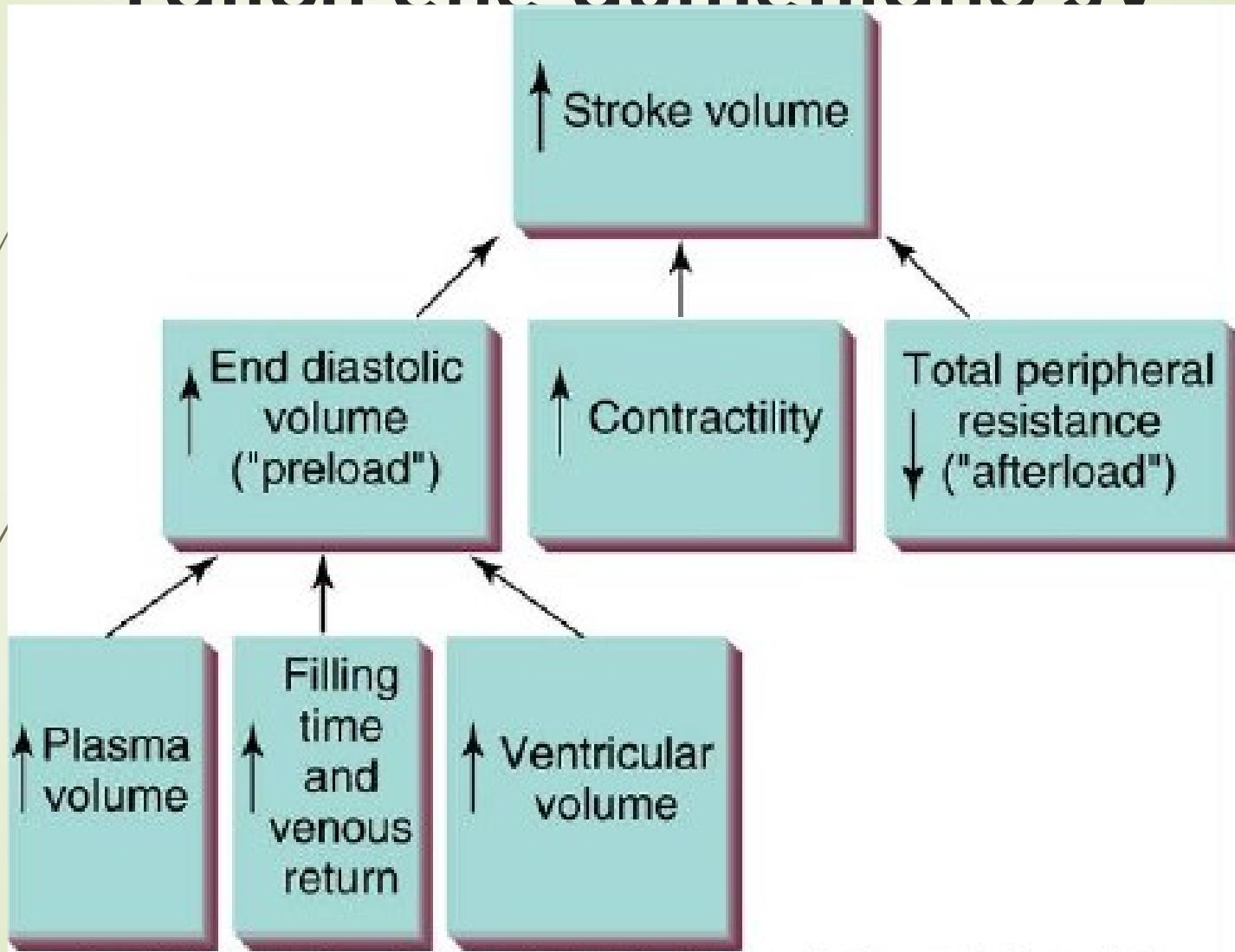
From B. Ekblom, "Effect of Physical Training on Oxygen Transport System in Man," in *Acta Physiologica Scandinavica*, Supplement 328. Copyright © 1969 Blackwell Scientific Publications, Ltd., Oxford, England. Reprinted by permission.

Aumento di $V' O_{2\max}$: cause

Aumento SV_{\max}

- \uparrow Precarico (EDV)
 - \uparrow Volume plasmatico
 - \uparrow Ritorno venoso
 - \uparrow Volume ventricolare
- \downarrow Postcarico (TPR)
 - \downarrow Vasocostrizione arteriosa
 - \uparrow Massimo flusso muscolare con Pressione Arteriosa Media inalterata
- \uparrow Contrattilità

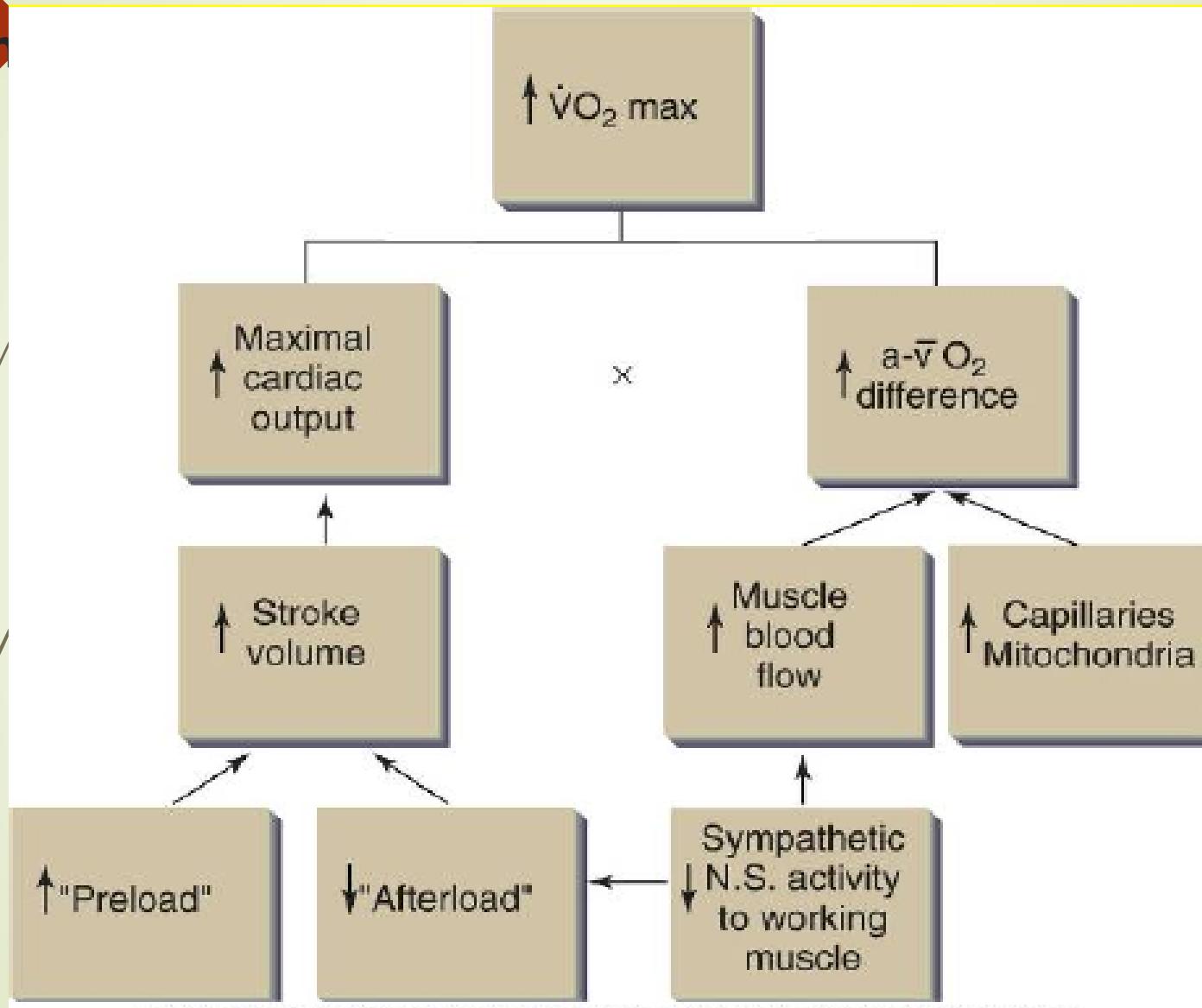
Fattori che aumentano SV



Aumento di $V' O_{2\max}$: cause periferiche

- $a-v O_{2\max}$
 - \uparrow Aumento del flusso ematico muscolare
 - \downarrow vasocostrizione simpatomediata
 - \uparrow Capacità estrazione/utilizzazione O_2 da parte dei muscoli
 - \uparrow Densità capillare
 - \uparrow Massa mitocondri

Fattori che inducono l'aumento di $\dot{V}O_{2\text{m}}$

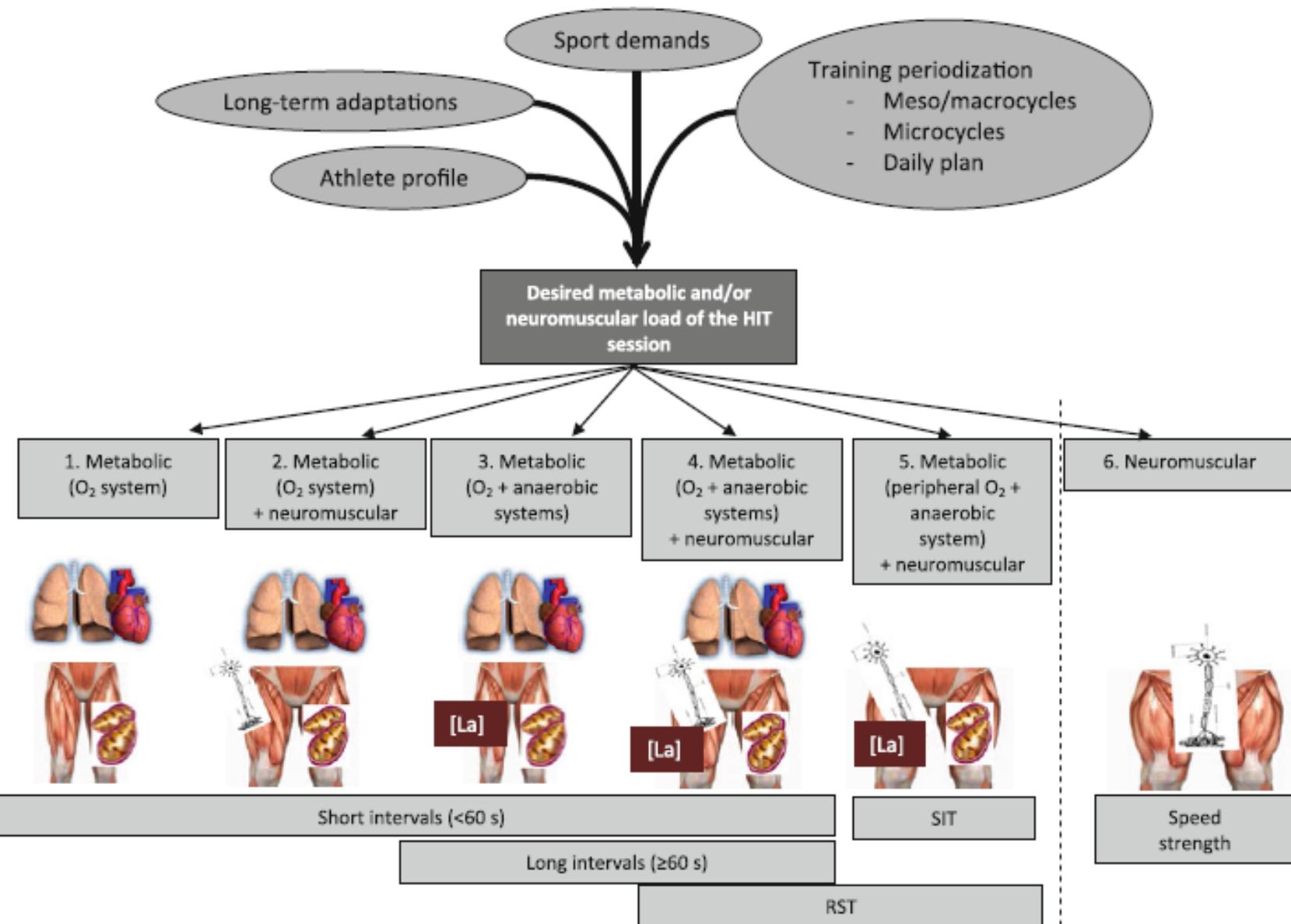


HIT

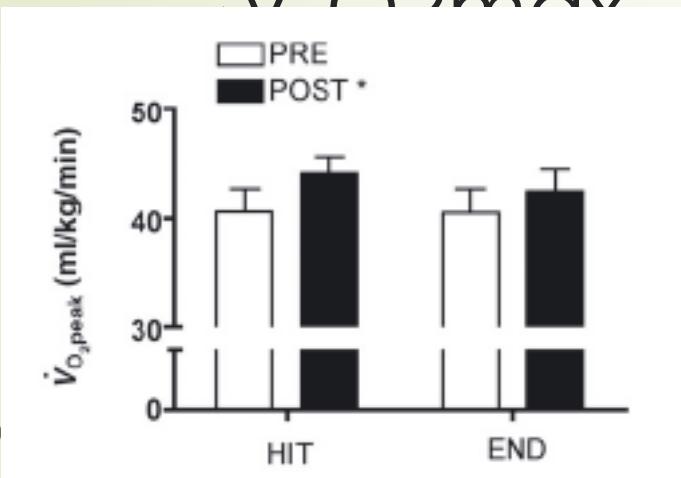
High-Intensity Interval Training

High Intensity Interval Training

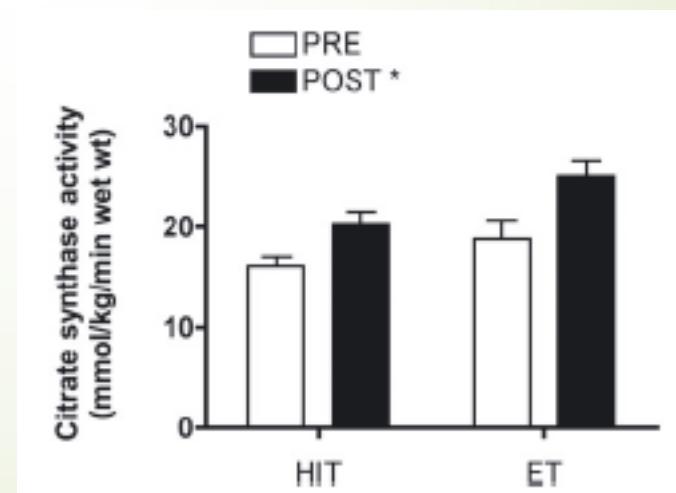
- AIT: 4-6 cicli di 2-4 minuti, 80-95 % V'O₂max, 3-4 minuti di recupero
- SIT: 4-6 cicli di 30 s, all-out con 4-4.5 minuti di recupero
- Alta intensità, basso volume, poco tempo



High Intensity Interval Training e $\dot{V}O_{2\text{max}}$

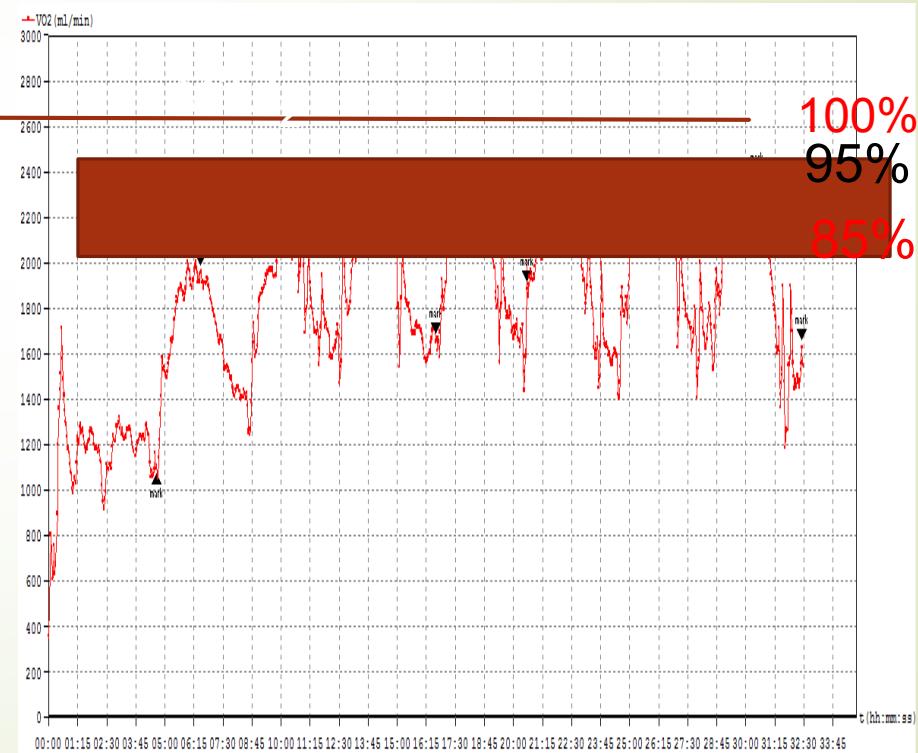


Gibala et al, 2012



Allenamento aerobico: High Intensity Interval Training

During each session (3die/wk), after suitable warm-up, the subject performed 7 repetitions pedaling (Monark 915E, Sweden) for 2 minutes at an intensity equal to 40% of $V' O_2 \text{peak}$ alternated with 2 minutes of pedaling at intensities equal to 80-90% of $V' O_2 \text{max}$ (workout lasting about 30 min)

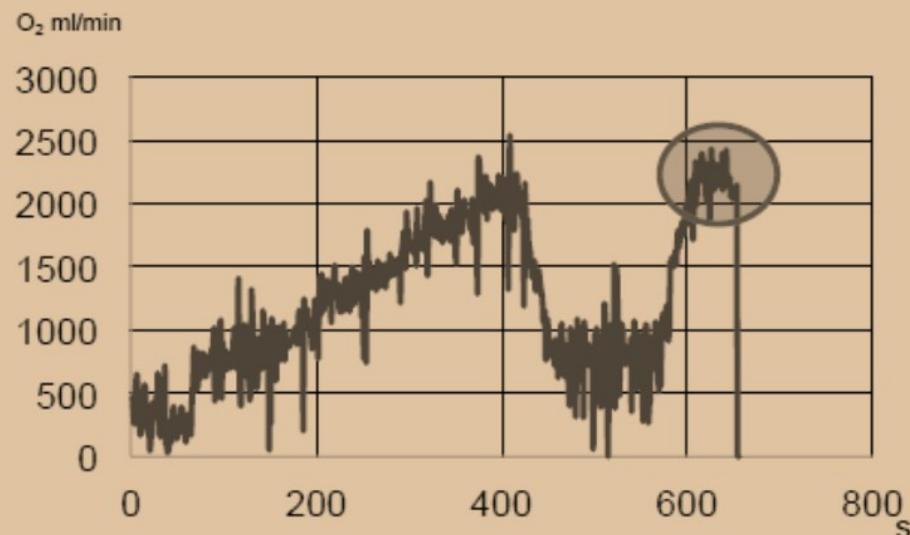


HIT improves Aerobic Power

19

Incremental
cycle ramp test
+
2 min 105% max power (W)
ramp test

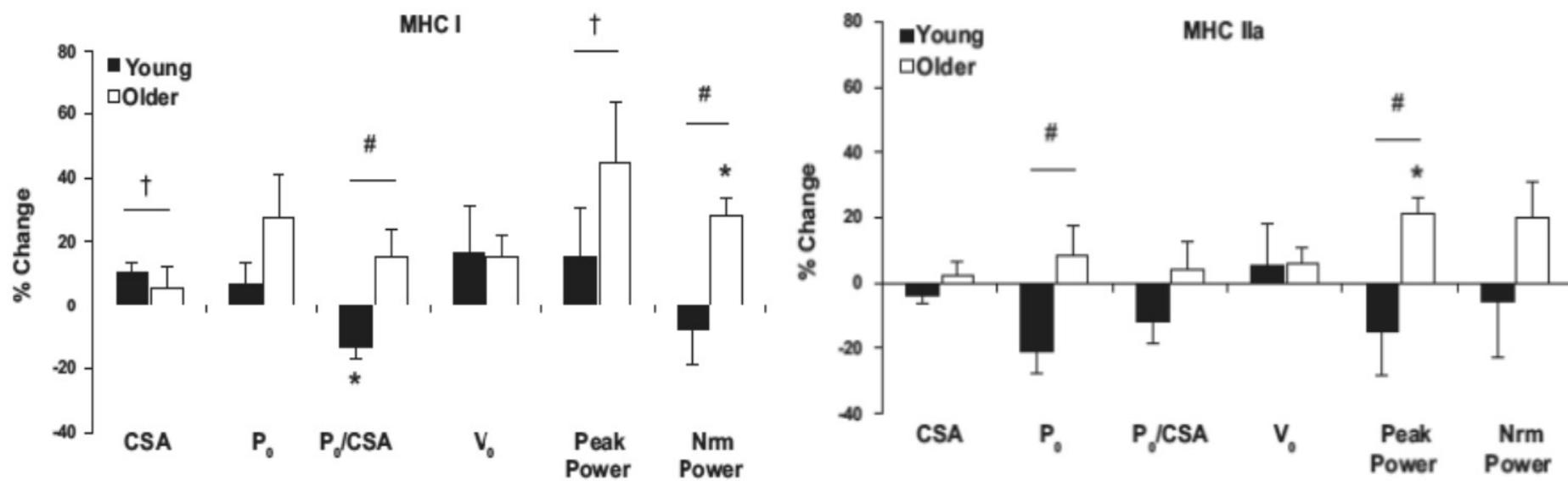
(Rossiter, 2005)



	PRE	POST	Δ%	p
V'O ₂ max (l/min)	2,34±0,35	2,48±0,38	+5,4	< 0,05 ES=0,5
V'O ₂ max (ml/kg/min)	29.9±4.3	32,6±6.0	+11,7	< 0,05 ES=0,4

Allenamento aerobico e ipertrofia....

- 12 settimane di allenamento aerobico (42 sessioni in totale di 20'-45' ciascuna; 60-80 % $V'\text{O}_{2\text{max}}$) su un gruppo di giovani e anziani sani
- Aumento della CSA delle fibre di Tipo I
- Aumento della potenza di MHC I e di MHCIIA (solo in anziani)

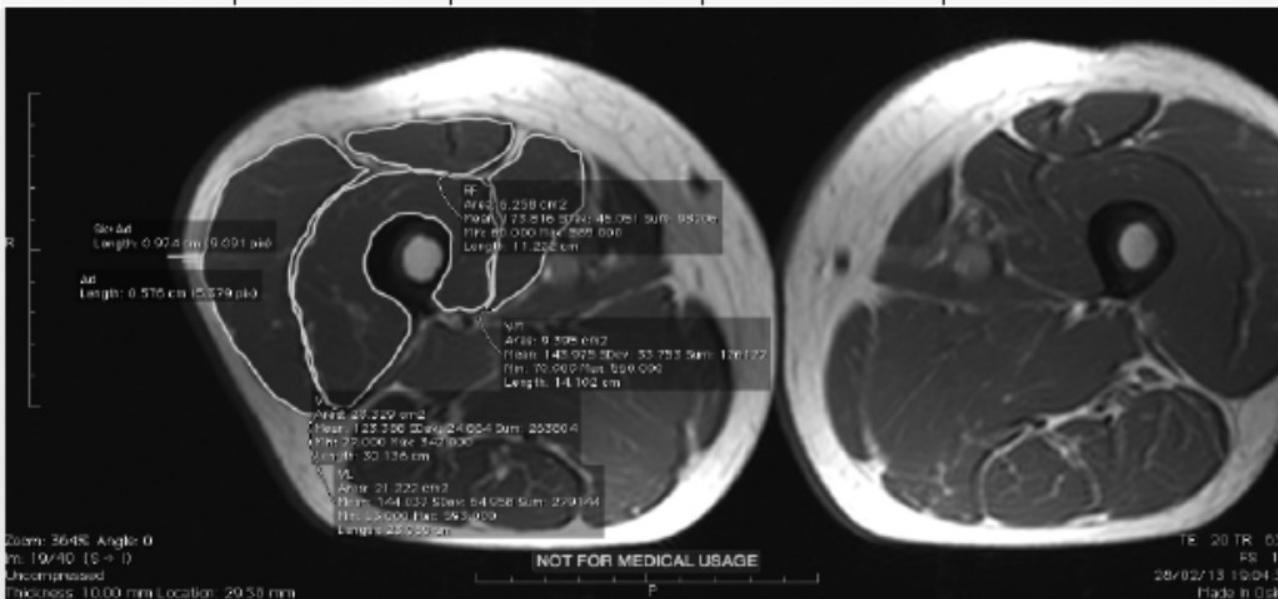


Allenamento aerobico HIT e ipertrofia....

- 8 settimane di HIT (allenamento aerobico intervallato ad alta intensità) su 12 volontari anziani sani

◎ Quadriceps Cross Sectional Area (CSA) at 50%VL

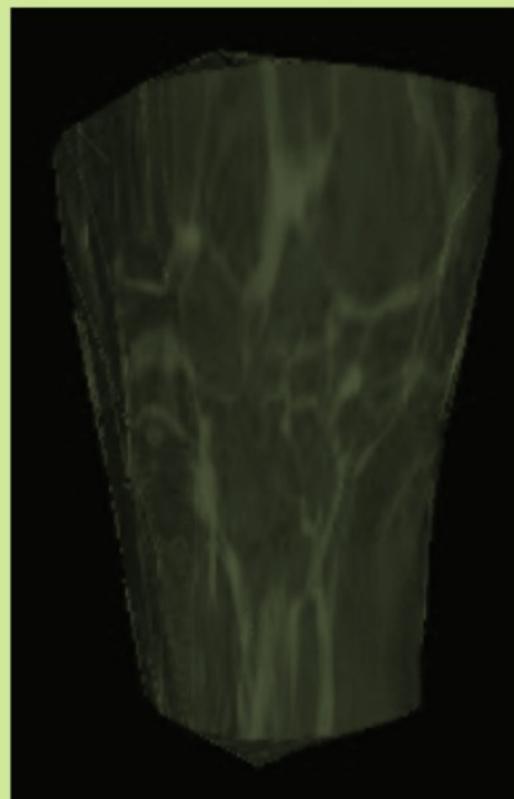
	PRE	POST	Δ%	p
CSA (cm^2)	60.3±10.6	62.9±10.5	+4,4	<0,005 ES=0,1



Allenamento aerobico HIT e ipertrofia....

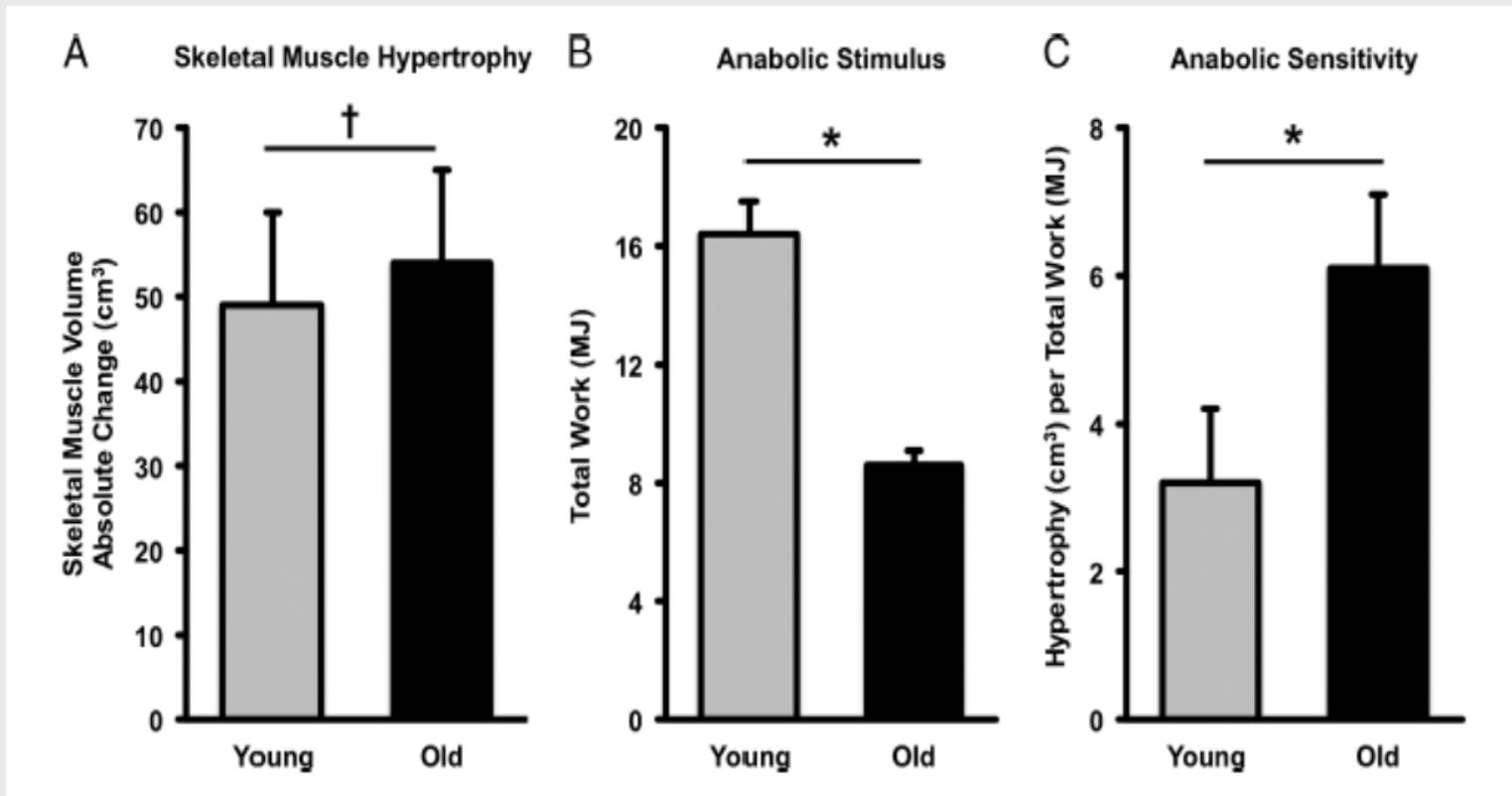
◎ Quadriceps Volume

	PRE	POST	$\Delta\%$	p
QV (cm^3)	817±198	859±200	+5,4	< 0,0031 ES=0.21



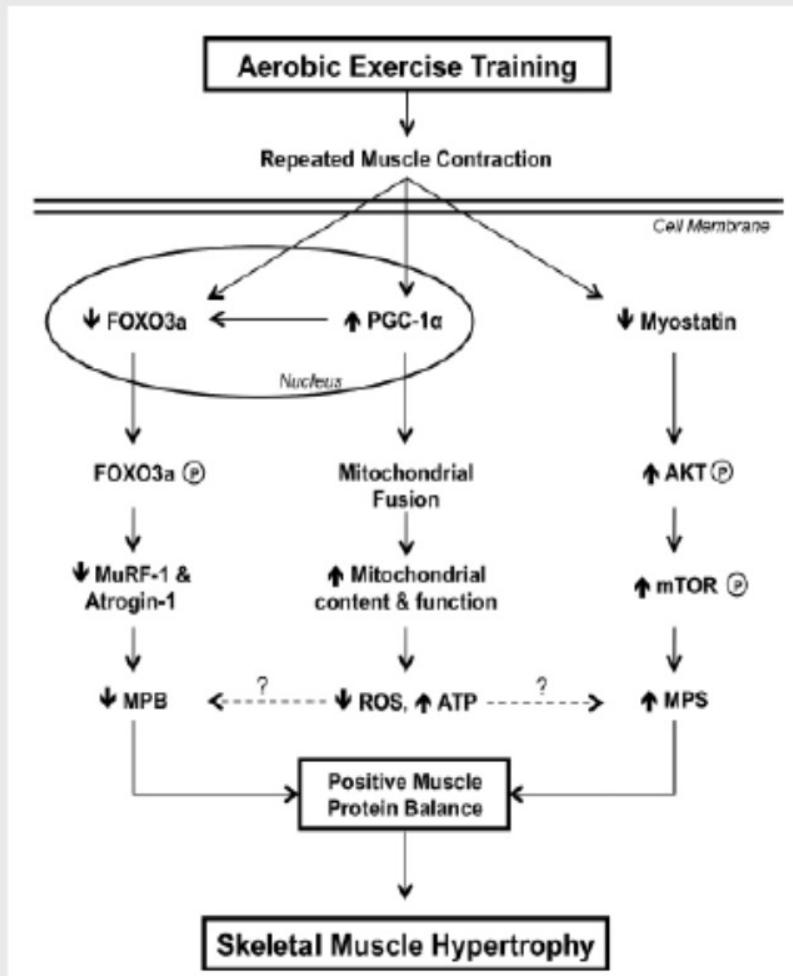
Allenamento aerobico HIT e ipertrofia....

- Gli anziani sembrano essere più sensibili ad uno stimolo cronico anabolico



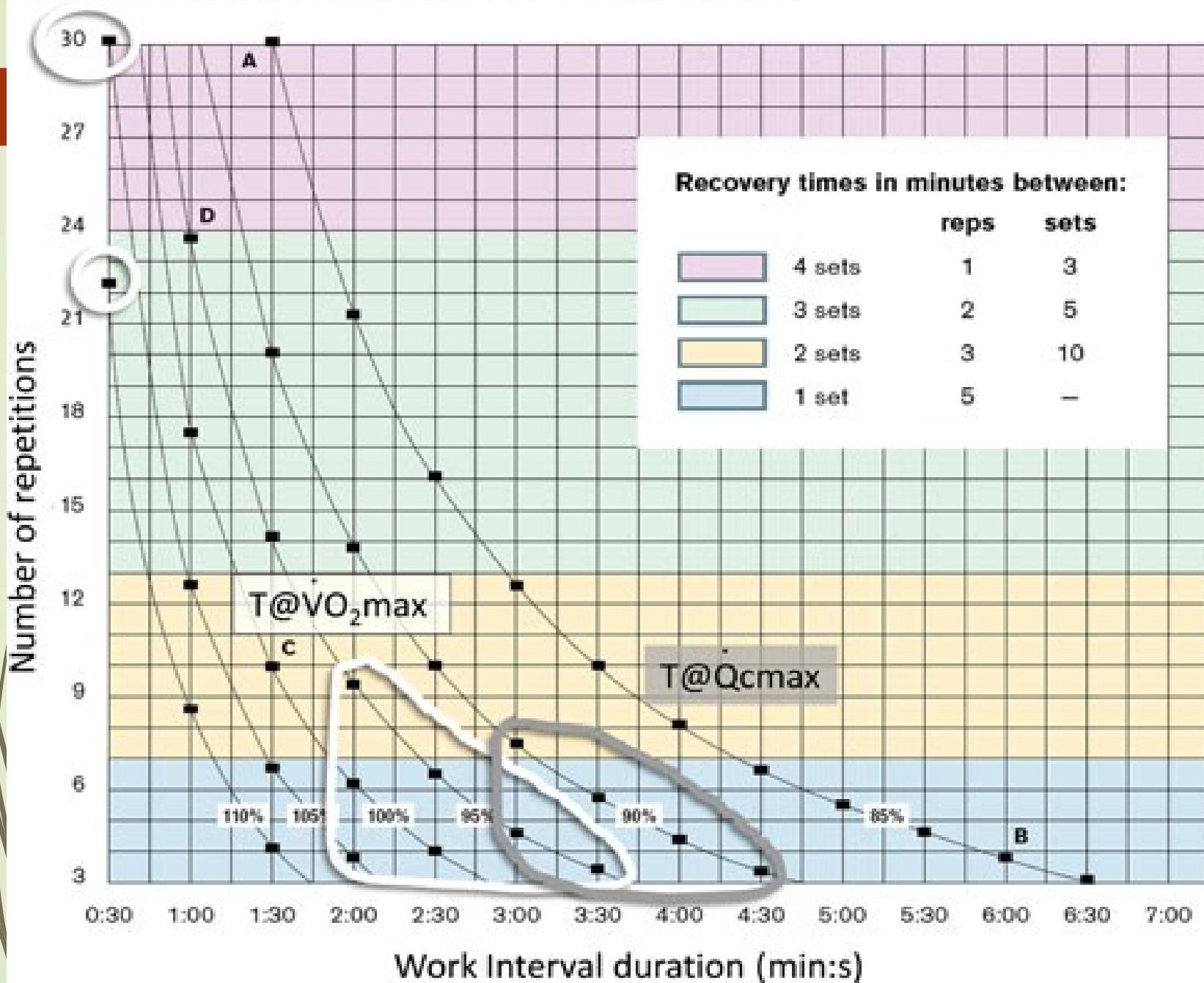
Allenamento aerobico e ipertrofia....

- Meccanismi di azione



- Il catabolismo proteico è ridotto
- La sintesi proteica è aumentata
- La biogenesi mitocondriale è incrementata

INTERVAL TRAINING MODEL



Thibault' graphical model.

²⁶ All particular high-intensity interval training sessions (black dots) are obtained while manipulating work interval duration (x axis) and the number of repetitions (y axis).

All sessions are (empirically) believed to represent a similar overall exercise strain based on empirical observations with respect to the rating of perceived exertion responses (see Part I, Sect. 2.4 [1]). The black lines join the different sessions performed at a similar percentage of the minimal velocity/power associated with maximal oxygen uptake ($v/p_VO_{2\max}$). For a work interval of 95 % of $p_V O_{2\max}$ for example, if 3 intervals are performed, the suggested interval duration of each is 3 min 30 s, if 4–5 intervals are performed, then 3 min each, if 6–7 intervals are performed, then 2 min 30 s each, etc.

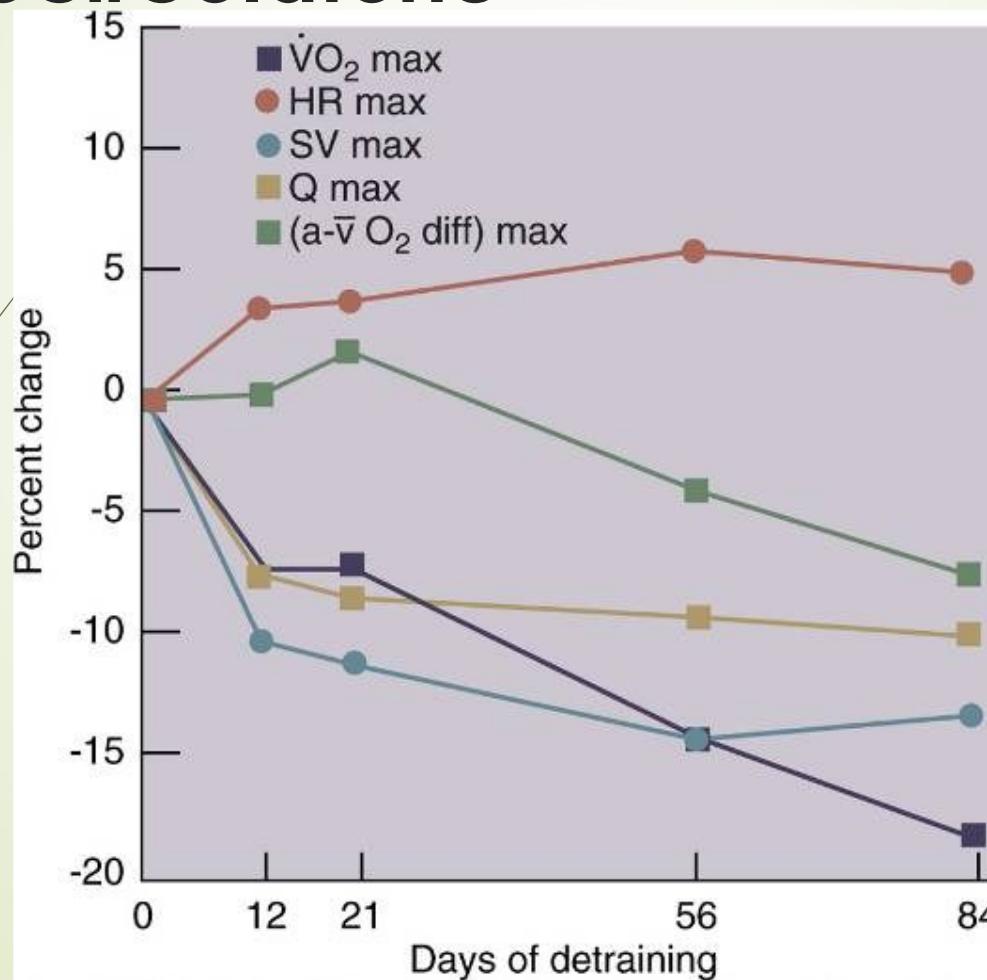
The number of series needed to perform a given number of repetitions is provided in the table, together with the between-series recovery duration. As an example, the two small white circles on the y axis illustrate two high-intensity interval training sessions (i.e. 22 9 1 min 30 s at 110 % and 30 9 2 min at 105 % of $v/p_V O_{2\max}$) believed to be identical with respect to RPE. The large white-circled zone illustrates the maximized high-intensity interval training formats with respect to time spent at maximal oxygen uptake ($T@V_O_{2\max}$) and the grey-circled zone illustrates the maximized high-intensity interval training formats with respect to time spent at maximal cardiac output ($T@Q:cmax$) (Part I [1]). Reproduced from Thibault

Deallenamento e V' O_{2max}

Diminuzione di V' O_{2max} alla cessazione dell'allenamento

- ↓ SVmax
 - Rapida diminuzione del volume plasmatico
- ↓ Massima differenza a-vO₂
 - ↓ Massa mitocondriale
 - ↓ Capacità ossidativa del muscolo
 - ↓ Fibre Tipo IIa e ↑ Fibre tipo IIx

Deallenamento, diminuzione di $\dot{V}O_{2\max}$ e modificazione delle variabili cardiocircolatorie



Bibliografia

- *Ferretti G e Capelli C. Dagli Abissi allo Spazio*, edi-ermes, Milano, 2009, Cap.2.
- *Gibala et al.* Physiological adaptations to low volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 590: 1077-1084 2012
- *Thibault G.* A graphical model for interval training. *IAAF New Studies in Athletics*. 2003;18:49–55.
- *Martin Buchheit • Paul B. Laursen* High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle Part I: Cardiopulmonary Emphasis *Sports Med* (2013) 43:313–338