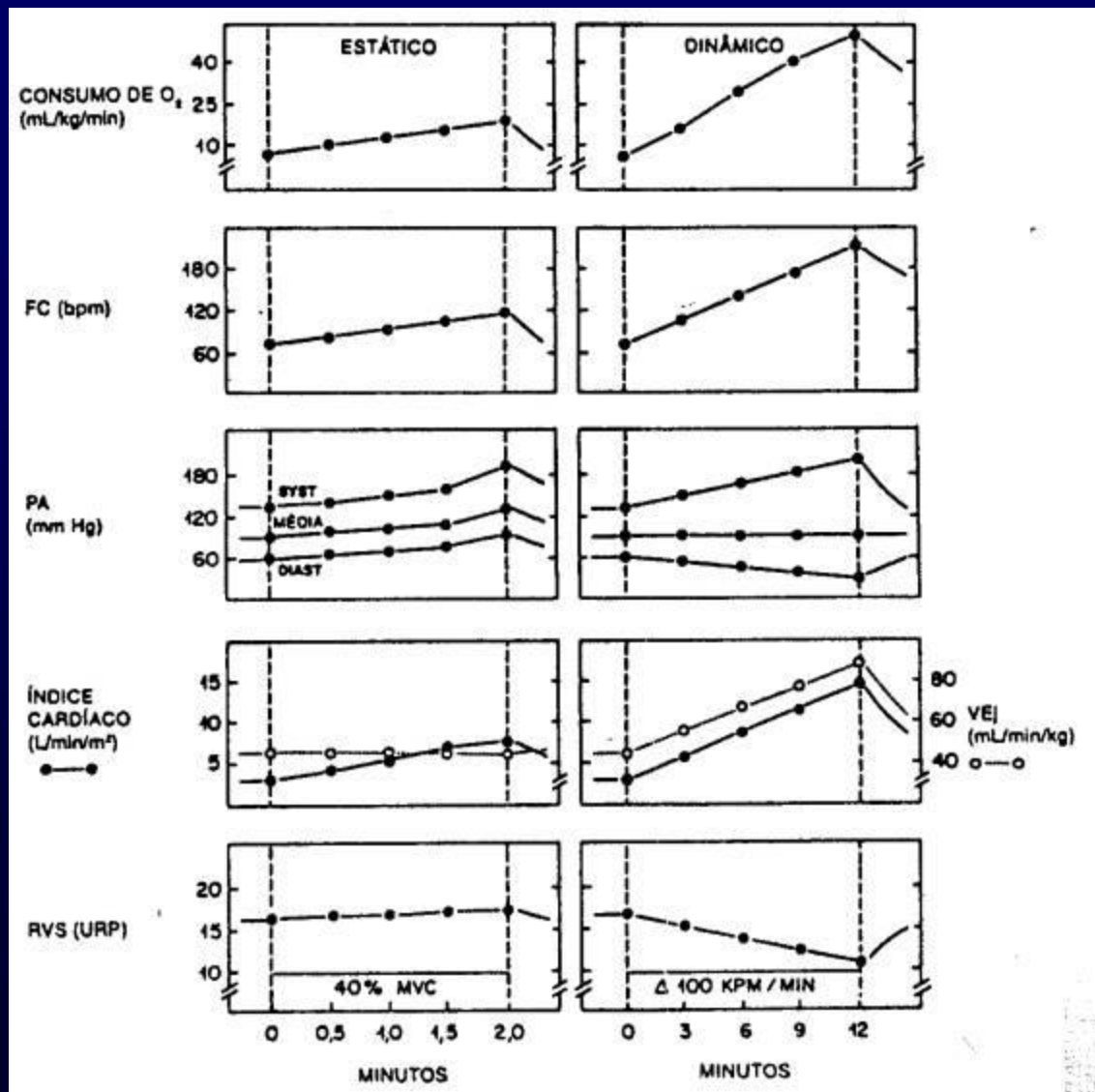


ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES AO TREINAMENTO FÍSICO

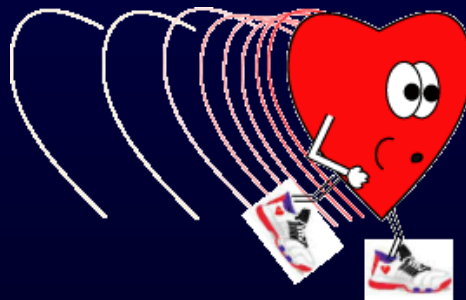
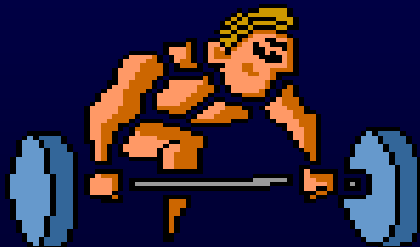
PROFa. Dra. CLÁUDIA FORJAZ
Email: cforjaz@usp.br

Resposta Aguda do Exercício Físico Aeróbico sobre o Sistema Cardiovascular



Mittchell and Raven. In Bouchard et al.,

Qual o efeito da exposição crônica dessas condutas?

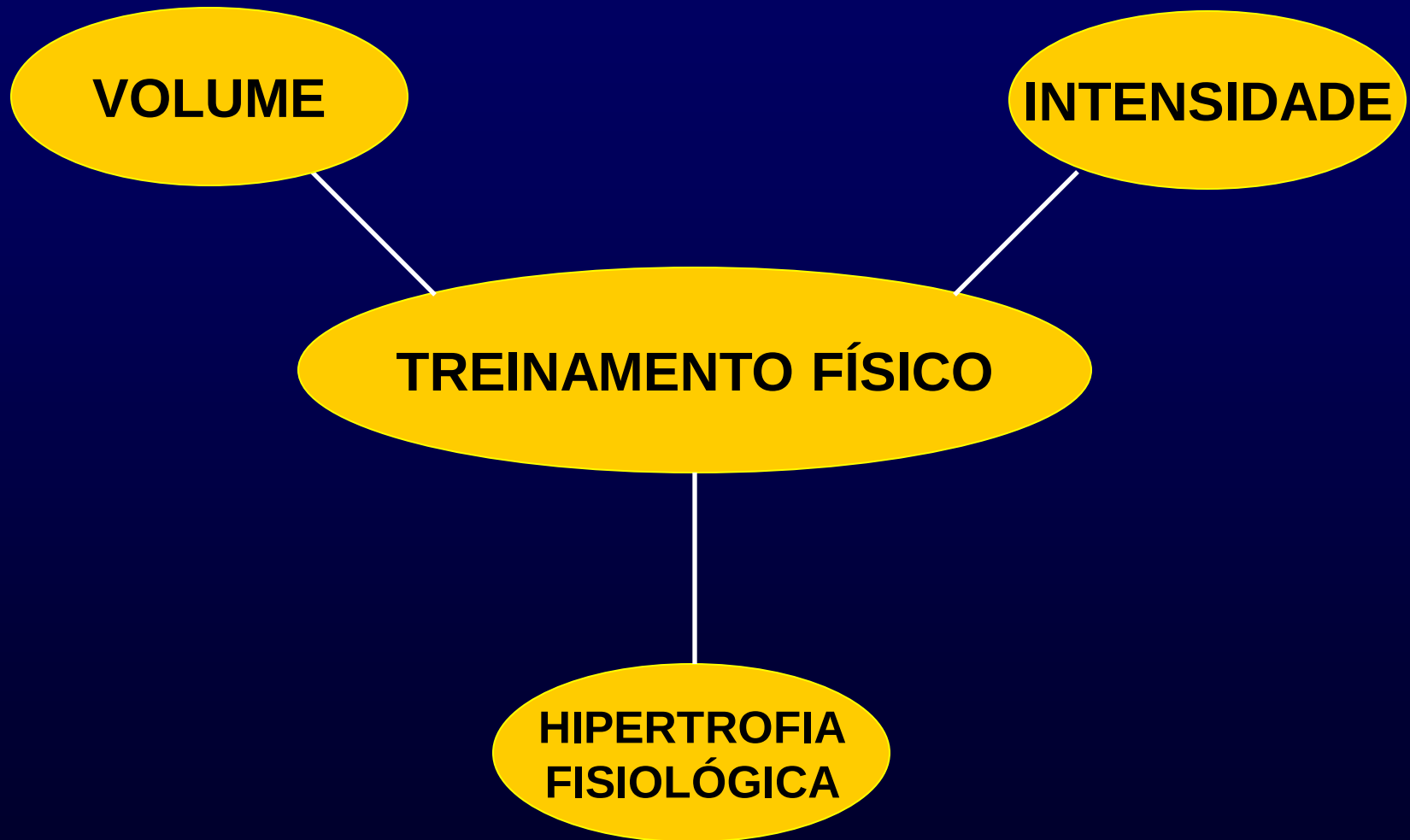


Adaptações



- **Estruturais**
- **Funcionais em Repouso**
- **Funcionais em Exercício**

ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES



DESARROLLO DE LA HIPERTROFIA DEL VENTRICULO IZQUIERDO

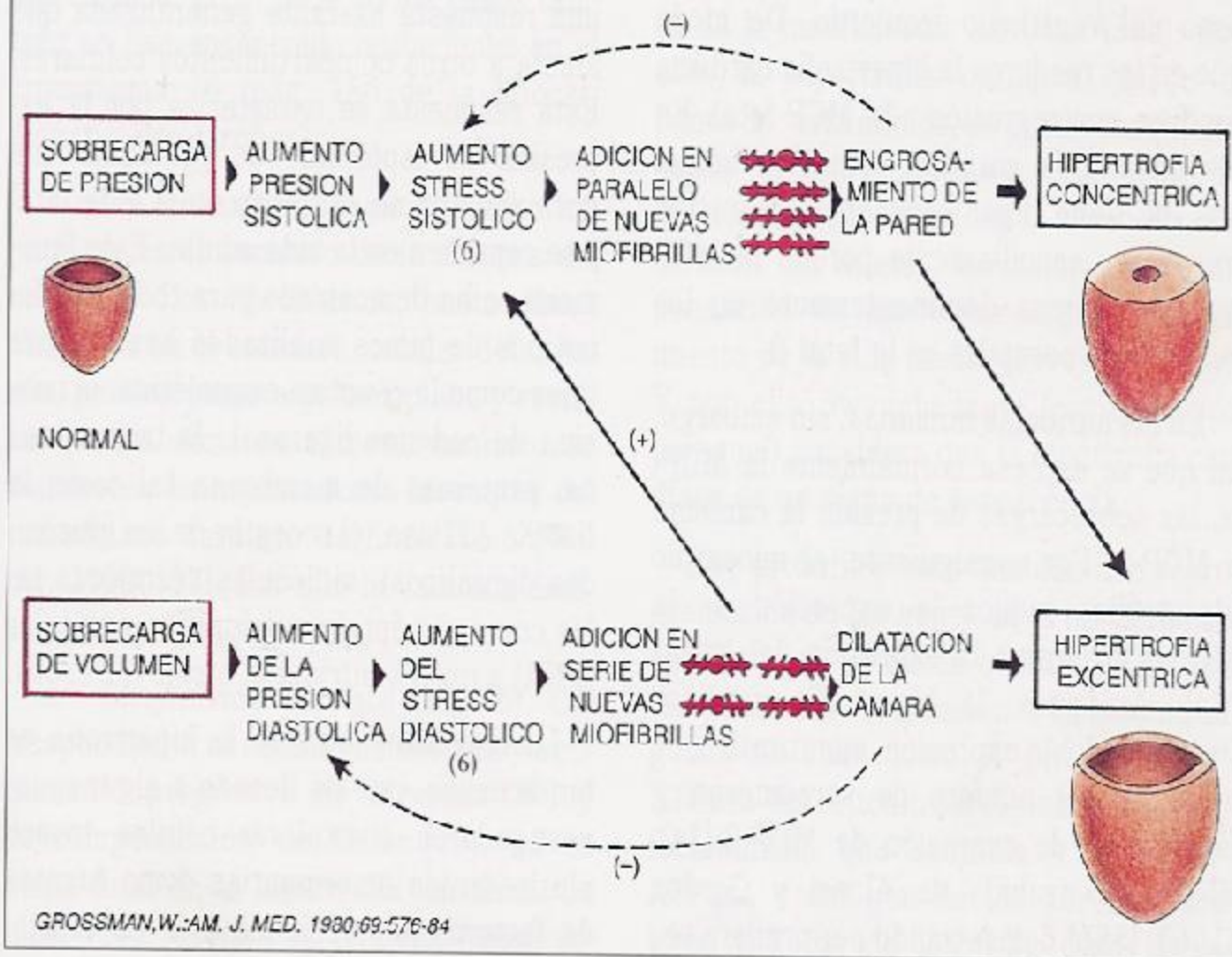


Figura 8. Hipertrofia concéntrica en las sobrecargas de presión e hipertrofia excéntrica en las sobrecargas de volumen. La hipertrofia concéntrica normaliza el estrés sistólico y la hipertrofia excéntrica el estrés diastólico. (Imitada de Grossman) (19).

TABLE 4. *Doppler echocardiographic characteristics of untrained and trained men*

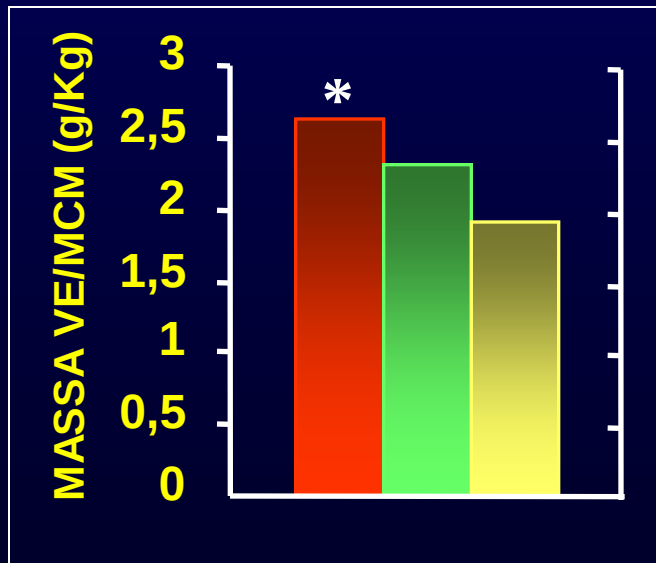
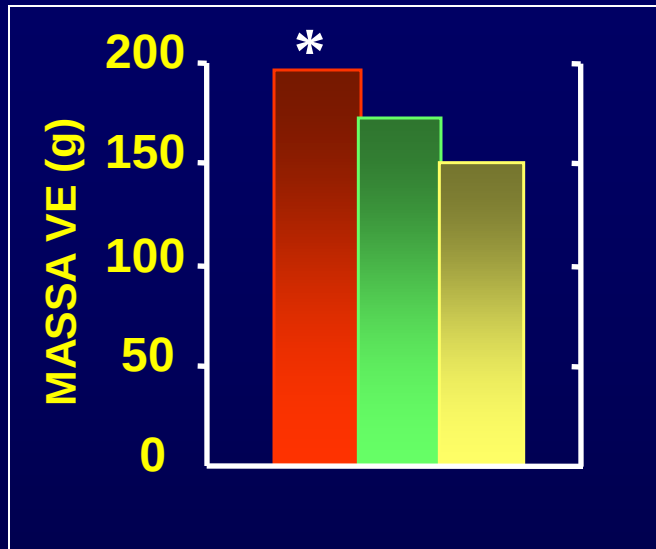
	Untrained	Trained
Left ventricle		
Interventricular septum, cm	0.83±0.02	0.91±0.02*
Posterior wall thickness, cm	0.83±0.02	0.90±0.02*
End-diastolic dimension, cm	4.95±0.11	5.33±0.11*
Mass, g/m ²	93.8±4.1	115.5±6.2*
Volume-to-mass ratio, ml · g ⁻¹ · m ²	0.74±0.04	0.72±0.03
End-diastolic volume, ml	123.3±7.6	153.5±9.2*
End-systolic volume, ml	31.3±2.2	36.3±2.6
Stroke volume, ml	92.1±5.8	117.2±8.5*
Left atrial cavity dimension, cm	3.0±0.12	3.3±0.10
Aortic dimension, cm	3.35±0.08	3.33±0.08

Values are means ± SE. * Significant difference between groups ($P < 0.05$).

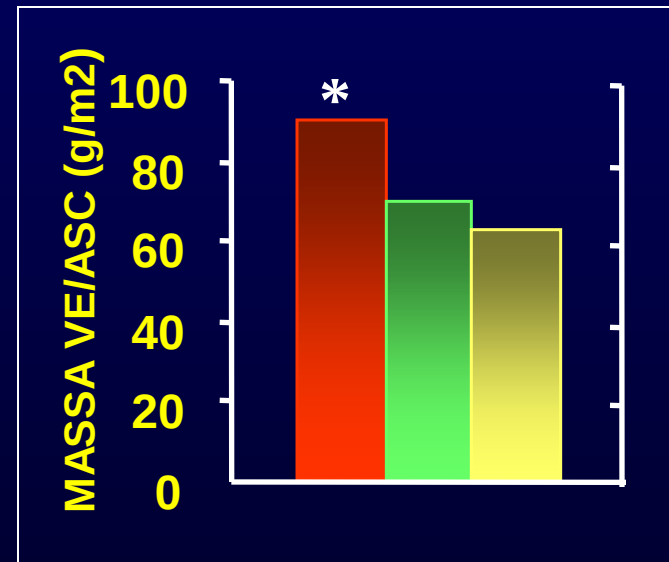
HIPERTROFIA - MODALIDADES

MODALIDADE	PORCENTAGEM DE AUMENTO
Corredores de longa distância	29
Nadadores	45
Ciclistas	64
Triatletas	58

MASSA VENTRICULAR



LEVANTADORES DE PESO
CONTROLE PESADO
CONTROLE LEVE



Diferente do controle leve $P > 0.05$

ECOCARDIOGRAMA M-MODE E ESTRUTURAS CARDÍACAS

	CONTROLE (N=10)	LEVANT. DE PESO (N=16)
Espessura do Septo Ventricular (cm)	0.9 ± 0.2	1.0 ± 0.2
Espessura da Parede Posterior (cm)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.2 *
Espessura da Parede Média (cm)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.2
Dimensão Diastólica Final VE (cm)	5.1 ± 0.5	5.6 ± 0.6 *
Índice Dimensão Diastólica Fina VE (cm/m ²)	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.2
Massa VE (g)	135 ± 28	241 ± 70 #
Índice Massa VE (g/m²)	87 ± 15	114 ± 29 #
Volume Diastólico Final (ml)	136 ± 40	181 ± 50 *
Índice Volume Diastólico Final VE (ml/m ²)	71 ± 22	86 ± 21
Índice Atrial Esquerdo (cm/m ²)	1.8 ± 0.2	1.7 ± 0.2

* P > 0.05; # P < 0.02

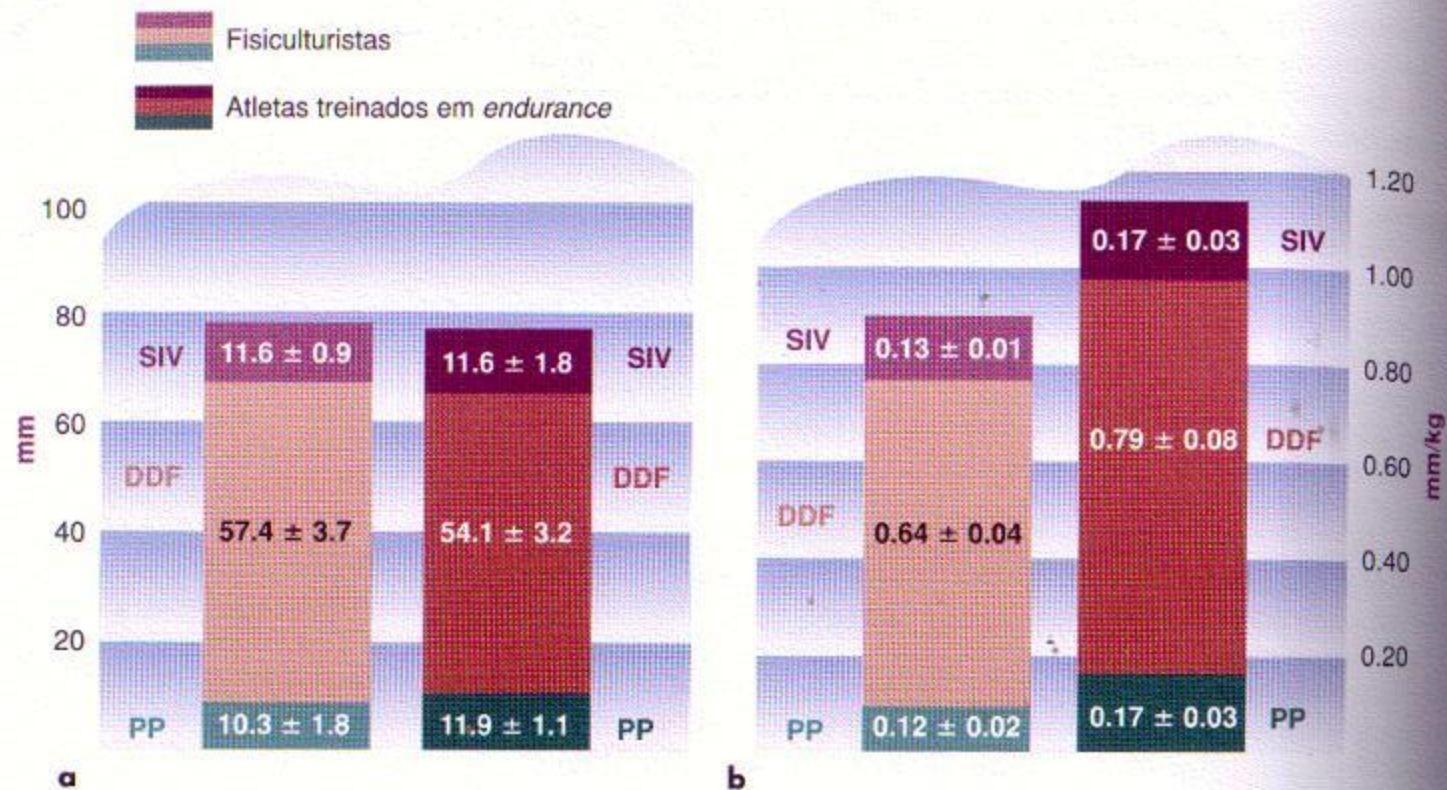
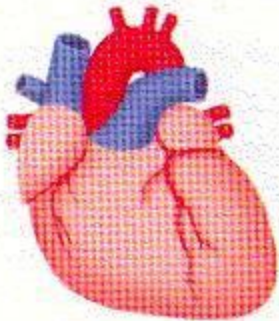


Figura 9.2 Dimensões diastólicas finais do ventrículo esquerdo de fisiculturistas de elite e de atletas de *endurance* altamente treinados expressas (a) como valores absolutos e (b) em relação ao peso corporal. Apesar das dimensões absolutas dos dois grupos de atletas serem similares, os atletas treinados em *endurance* apresentam valores muito maiores quando ajustados às diferenças de tamanho entre os dois grupos. SIV = septo interventricular; DDF = diâmetro diastólico final; PP = parede posterior. Adaptado, com permissão, de A. Urhausen e W. Kindermann, 1989, "One- and two-dimensional echocardiography in body builders and endurance-trained subjects". *International Journal of Sports Medicine* 10: 139-144.

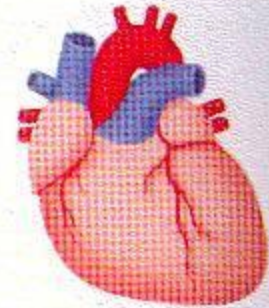
Corte transversal do ventrículo esquerdo (no nível da válvula mitral)



Atleta treinado em *endurance*



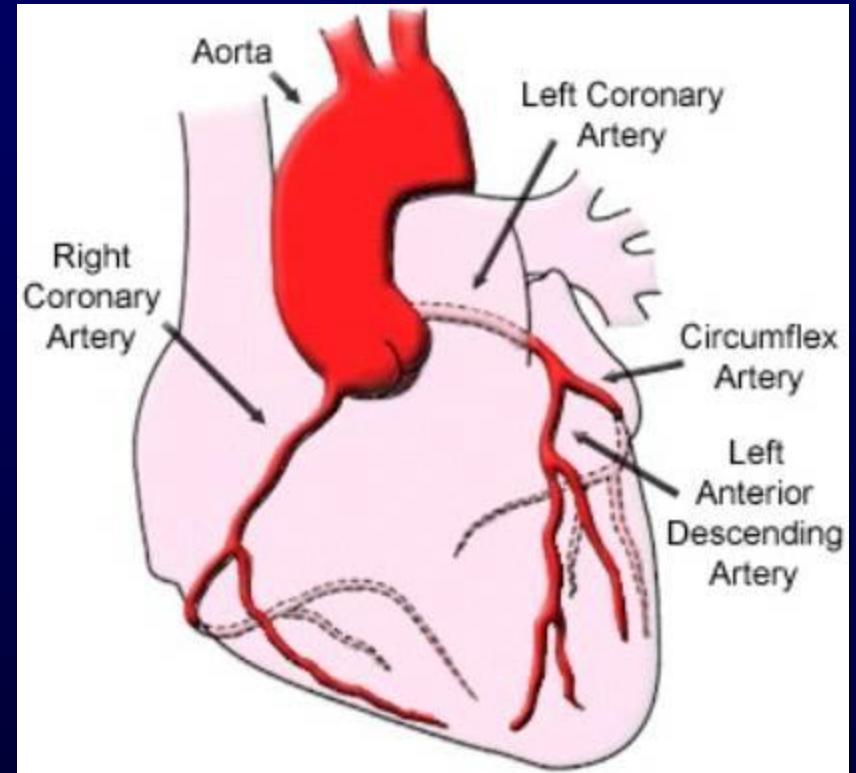
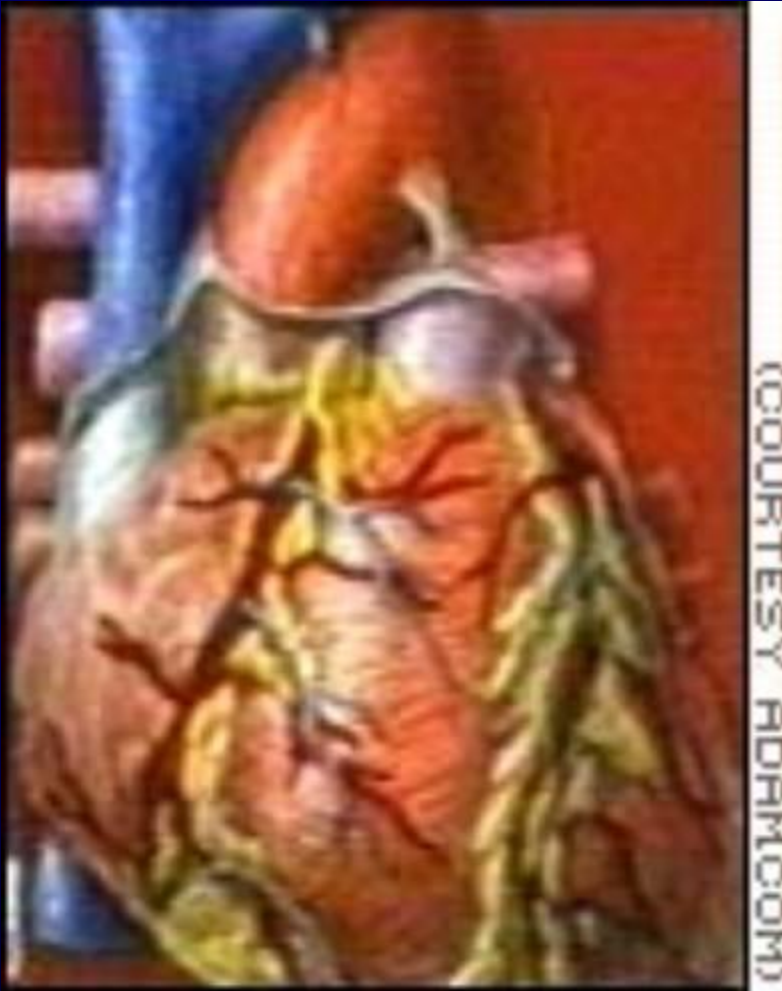
Pessoa sedentária que
não apresenta doença cardíaca



Atleta treinado em força

Figura 9.1 Hipertrofia ventricular esquerda como resultado do aumento do tamanho da câmara e da espessura de sua parede.

Adaptações Estruturais - Coronárias



Regressão da Placa

Dieta baixa gordura + exercício

- Controle - $\uparrow$ 0,13 mm
- Intervenção - $\rightarrow$ placa
- Intervenção com mais 9204kJ/semana - $\downarrow$ placa

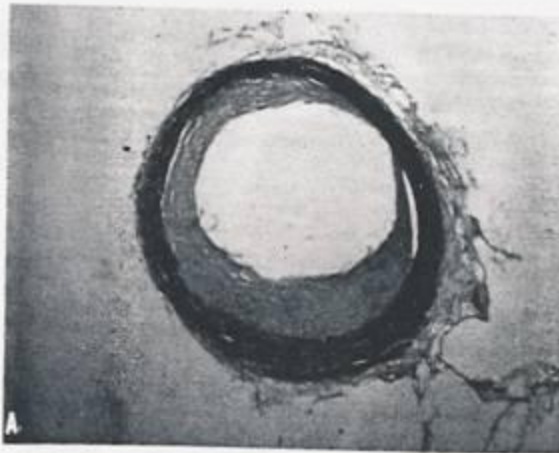


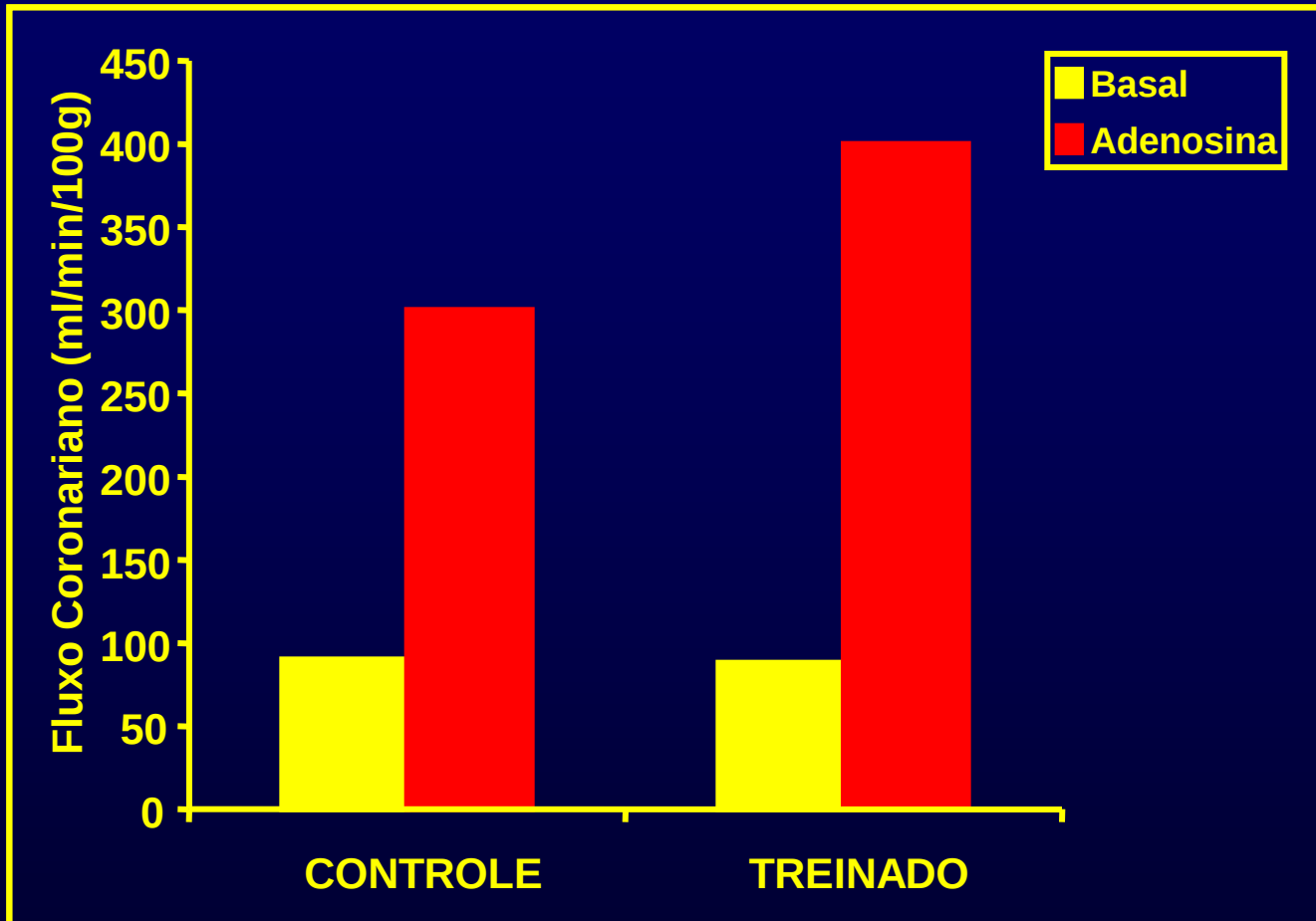
Figure 4. Micrographs of Sections through Comparable Pre-determined Segments of the Main Left Coronary Artery, Perfusion-Fixed under the Same Pressure, from Monkeys on an Atherogenic Diet for 24 Months (Verhoeff-Van Gieson Stain, X30).

Panel A depicts a sedentary monkey, showing considerable luminal narrowing (52 per cent) by a lesion consisting predominantly of fibrotic (collagenous) thickening of the intima. Panel B depicts an exercise-conditioned monkey, showing much less narrowing (7 per cent) by a rather flat lesion consisting predominantly of lipid-laden foam cells; note the much wider arterial lumen in the exercised monkey than in the sedentary monkey, including the internal elastic lamina lumen, as indicated by the internal elastica in both.

**Aumento de
calibre da
coronária**

**Kramsch et al. N. Engl. J. Med
305:1483-9, 1981.**

Vasodilatação Coronariana



Crescimento dos Vasos

- Horas/dias
 - Expressão de fatores de crescimento
- Dias/semanas
 - Crescimento capilares
- Semanas/meses
 - Crescimento de vasos condutores e arteríolas

Fatores envolvidos:
Óxido nítrico
Células pró-genitoras endoteliais

Treinamento Aeróbio e Circulação Coronariana

- ❖ **Regressão da Arteriosclerose**
- ❖ **Formação de colaterais**
- ❖ **Formação de novos vasos**
- ❖ **Melhora da função endotelial**

↑ Fluxo sanguíneo

↑ Oferta de sangue

Efeito do Treinamento de Força Sobre as Coronárias



EFEITO FUNCIONAL

HIPERTROFIA + Fluxo Sanguíneo

```
graph TD; A[HIPERTROFIA + Fluxo Sanguíneo] --> B[VOLUME INTERNO]; A --> C[FORÇA DE CONTRAÇÃO]; B --> D[VOLUME DIASTÓLICO FINAL]; C --> E[VOLUME SISTÓLICO FINAL]; D --> F[VOLUME SISTÓLICO]; E --> F
```

VOLUME INTERNO

FORÇA DE CONTRAÇÃO

VOLUME DIASTÓLICO FINAL

VOLUME SISTÓLICO FINAL

VOLUME SISTÓLICO

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO

VOLUME SISTÓLICO

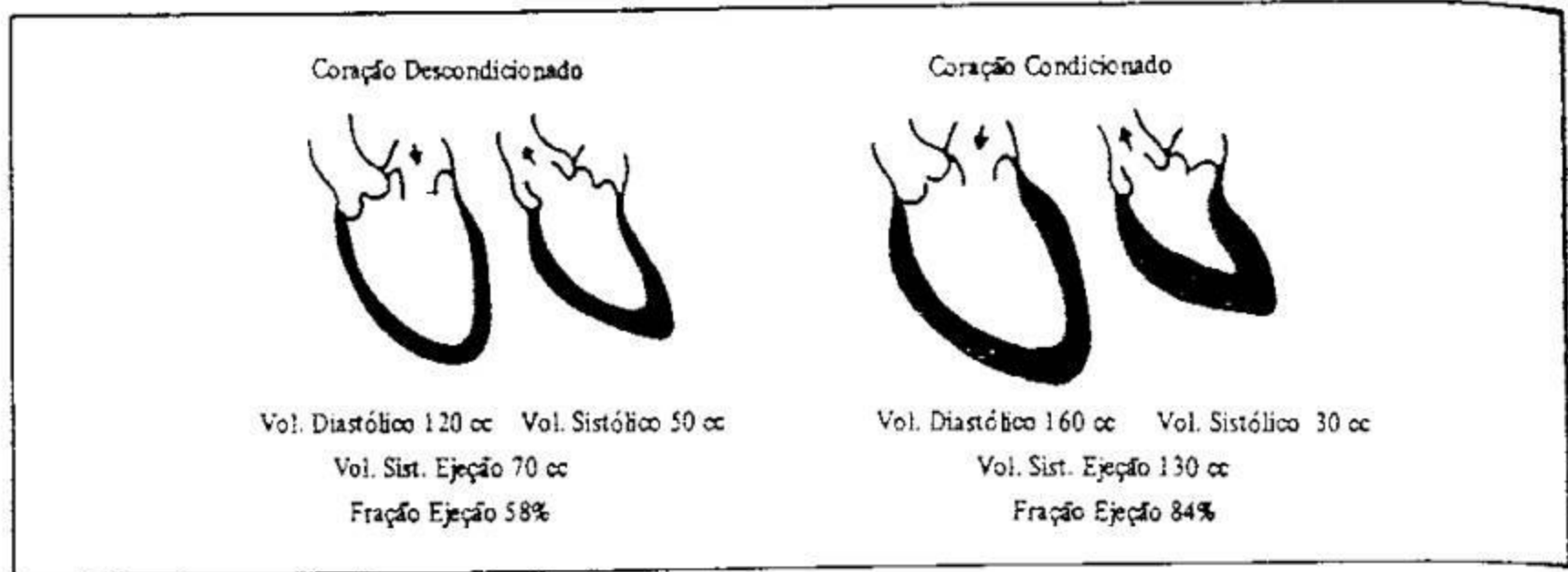


Fig. 1 — À medida que o treinamento progride, o aumento do volume diastólico é acompanhado de redução simultânea no volume sistólico. Isto resulta em um aumento do volume sistólico e da percentagem do volume diastólico ejetado em cada sístole (fração de ejeção) (Segundo Ellestad).^{19a}

TABLE 4. *Doppler echocardiographic characteristics of untrained and trained men*

	Untrained	Trained
Left ventricle		
Interventricular septum, cm	0.83±0.02	0.91±0.02*
Posterior wall thickness, cm	0.83±0.02	0.90±0.02*
End-diastolic dimension, cm	4.95±0.11	5.33±0.11*
Mass, g/m ²	93.8±4.1	115.5±6.2*
Volume-to-mass ratio, ml · g ⁻¹ · m ²	0.74±0.04	0.72±0.03
End-diastolic volume, ml	123.3±7.6	153.5±9.2*
End-systolic volume, ml	31.3±2.2	36.3±2.6
Stroke volume, ml	92.1±5.8	117.2±8.5*
Left atrial cavity dimension, cm	3.0±0.12	3.3±0.10
Aortic dimension, cm	3.35±0.08	3.33±0.08

Values are means ± SE. * Significant difference between groups ($P < 0.05$).

ECOCARDIOGRAMA 2 DIMENSÕES E ESTRUTURAS CARDÍACAS

	CONTROLE (N= 10)	LEV. PESO (N=16)	P *
VOLUME DIASTÓLICO FINAL (ML)	137 ± 34	204 ± 53	<0.01
INDICE VOL. DIAST. FINAL (ML/M2)	72 ± 19	89 ± 30	NS
VOLUME SISTÓLICO VE (ML)	85 ± 20	122 ± 30	<0.01
INDICE VOL. SISTÓL. VE (ML/M2)	45 ± 11	53 ± 18	NS
FRAÇÃO DE EJEÇÃO (%)	63 ± 4	60 ± 8	NS

ADAPTADO DE PEARSON et al., 1986.

Aumento do Vol. Plasmático
com o Treinamento

Aumento do VDF

Enchimento Pleno

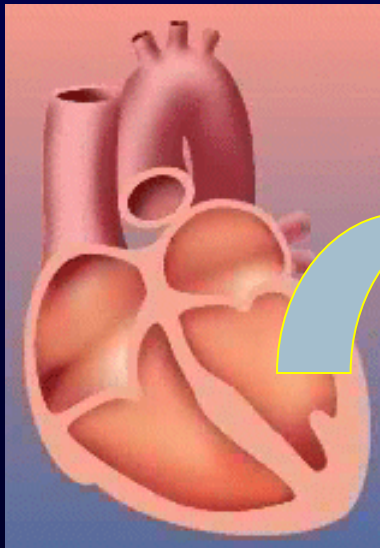
Mecanismo de Frank-Starling

+

FE

Aumento da contratilidade

Redução do VSF



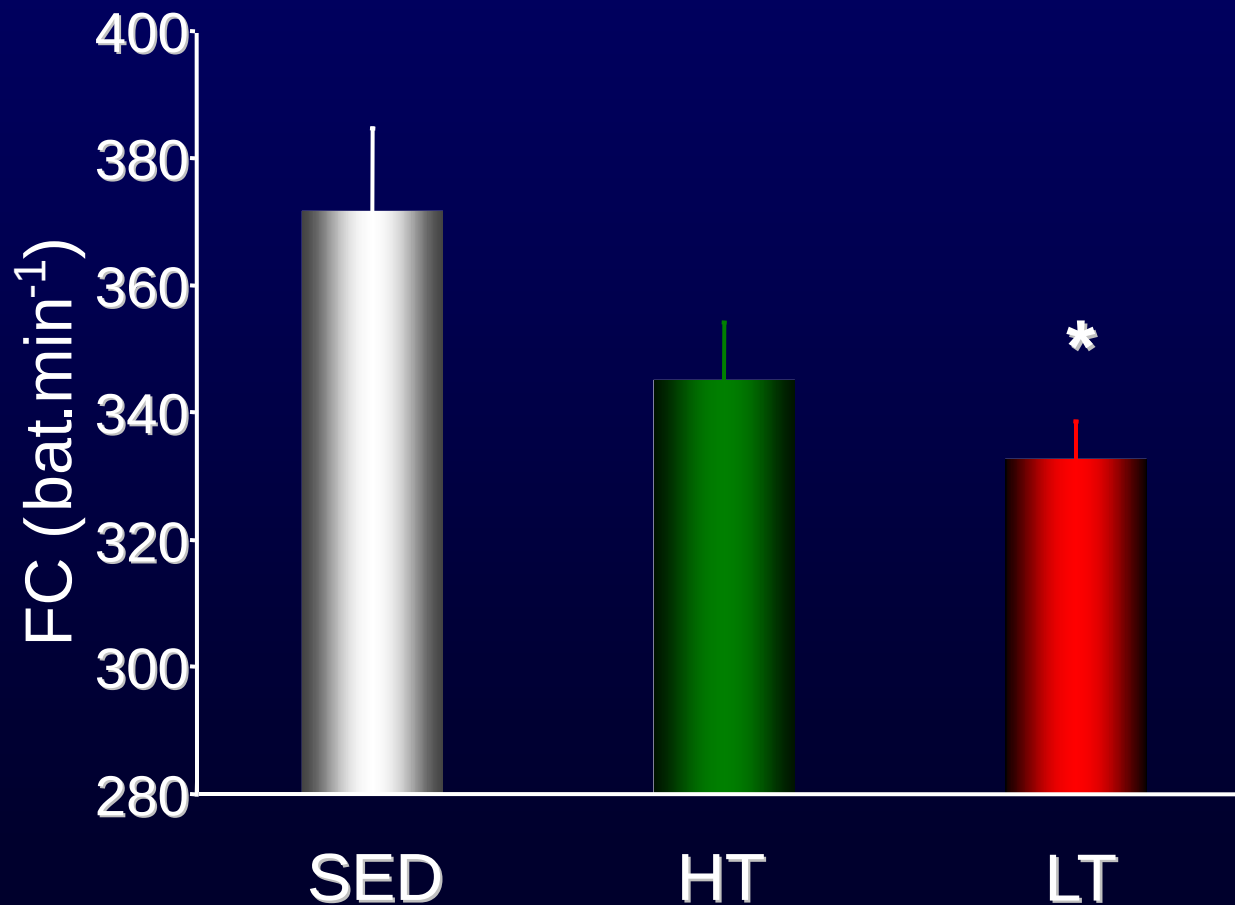
Maior VS

Permite

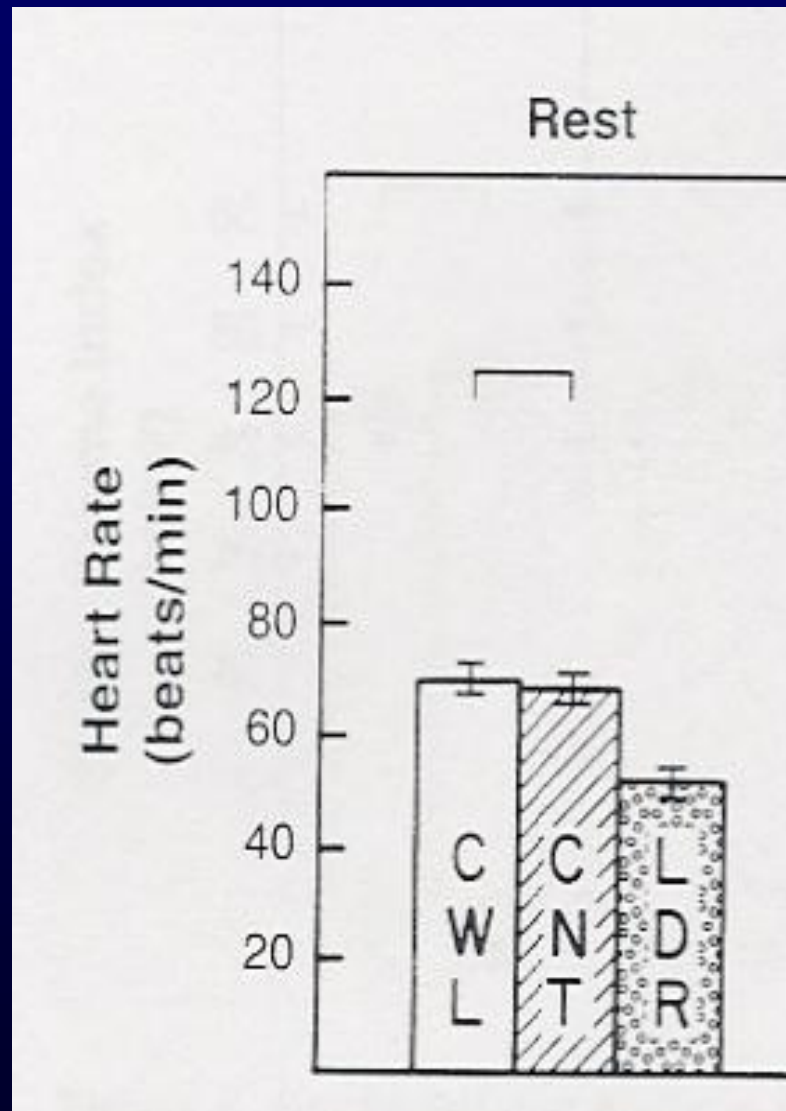
Menor FC

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO

FREQUÊNCIA CARDÍACA

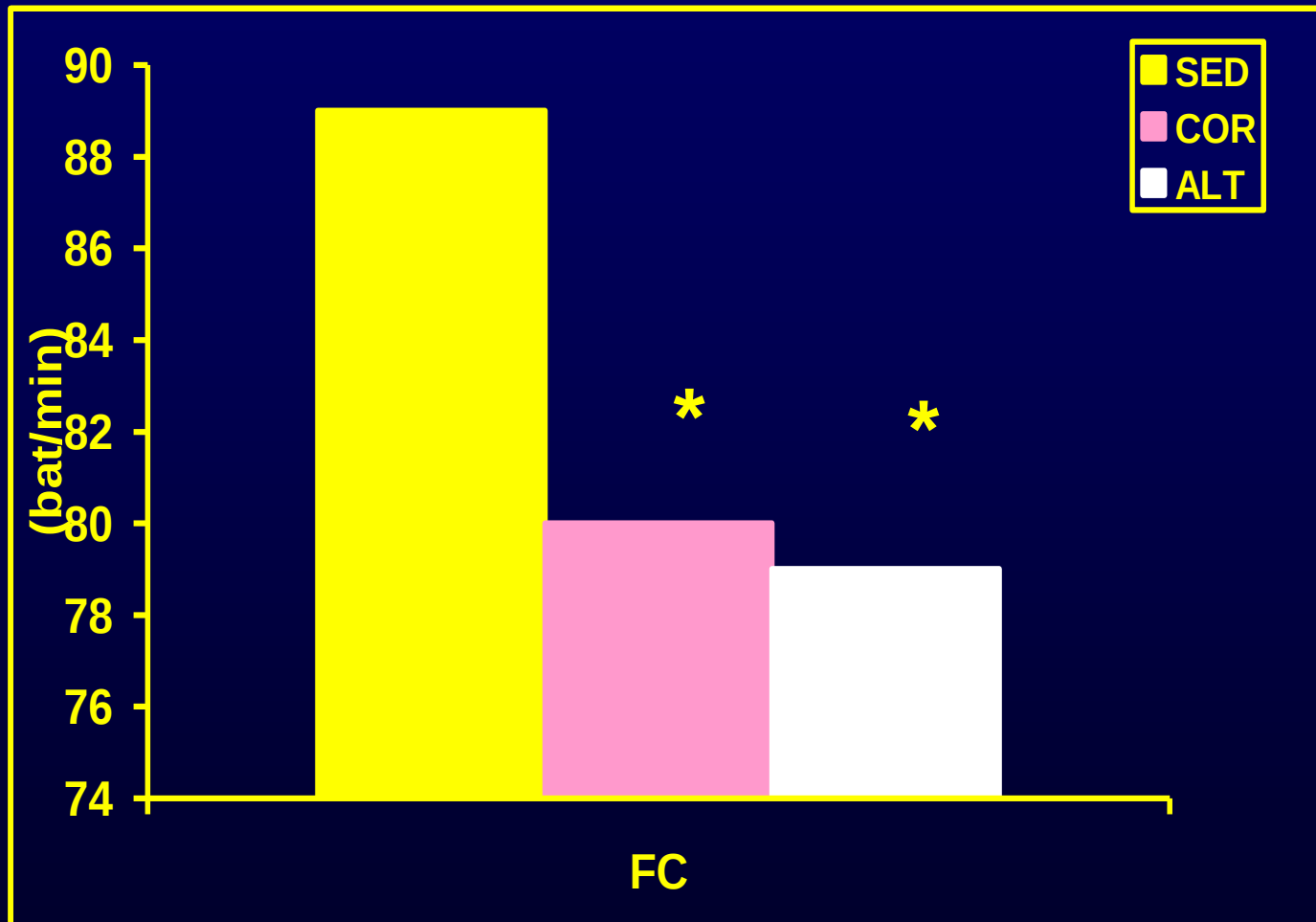


ATLETAS FORÇA VS. AERÓBIO



Longurst, 1997

ATLETAS FORÇA VS. AERÓBIO



Mecanismos de Redução da FC

- Redução da FC intrínseca
- Aumento do Tônus Vagal
- Redução do Tônus Simpático

- População
- Exercício

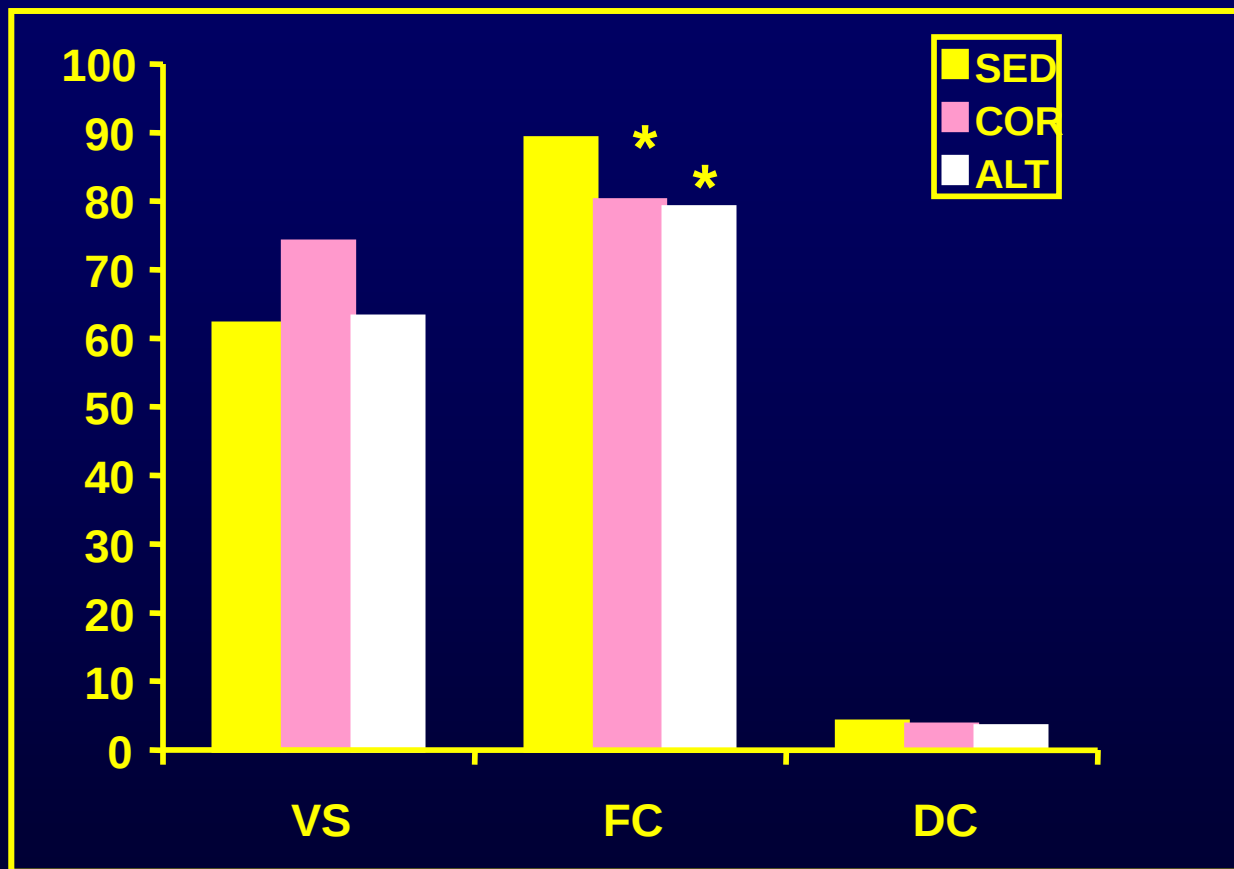
EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO

DEBITO CARDÍACO

AERÓBIO - $\uparrow VS \times \downarrow FC = \rightarrow DC$

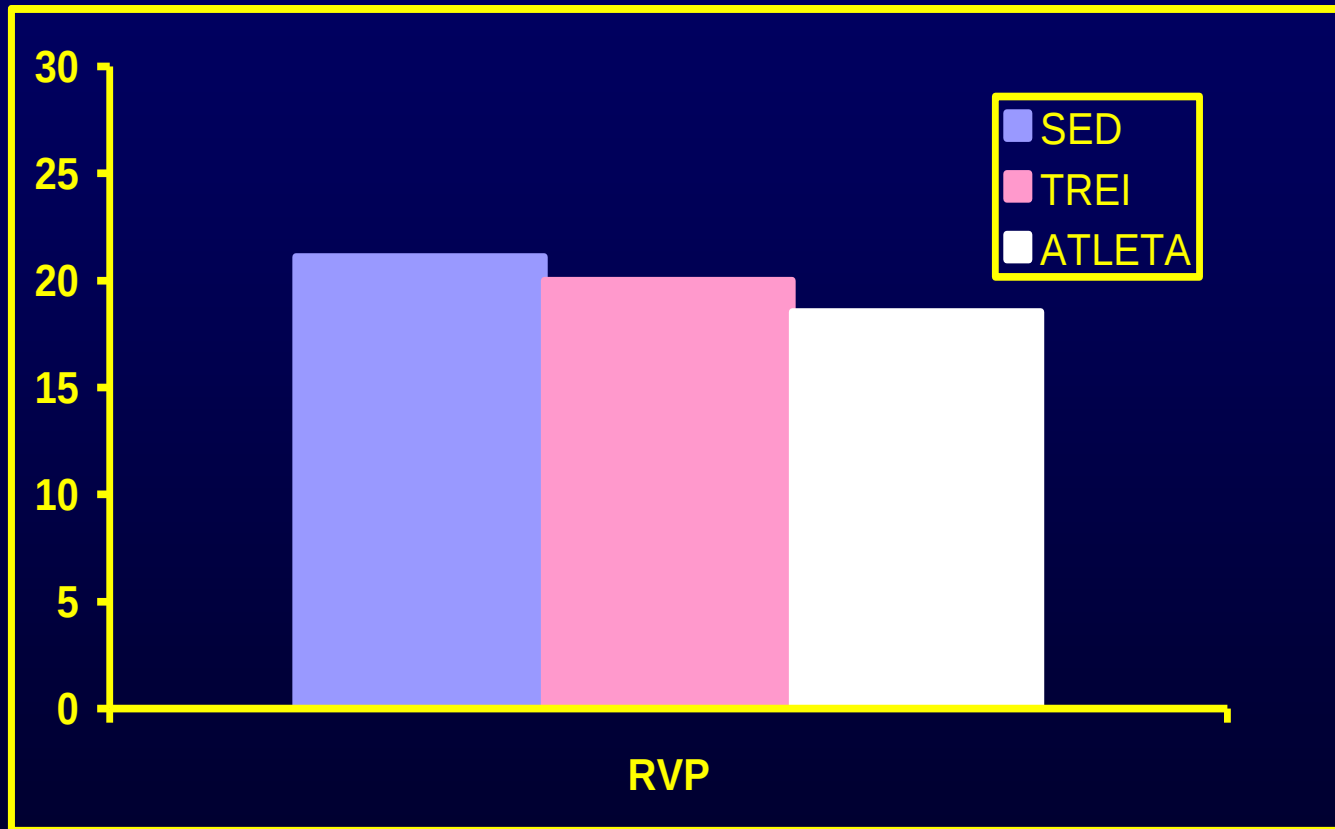
FORÇA - $\rightarrow VS \times \rightarrow \downarrow FC = \rightarrow DC$

TREINAMENTO DE FORÇA



Fisman et al. Am.J.Cardiol. 79:355-9,1997

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO AERÓBIO NA RESISTÊNCIA VASCULAR PERIFÉRICA



WILMORE E COSTILL, 1994

PA Clínica – Treinamento Aeróbico

Meta-análises

- **Aeróbico reduz a PA**
- **Magnitude:** -1,9/-1,6 mmHg em NT
 -6,9/-4,9 mmHg em HT
- **Efeito semelhante a outras condutas**

TREINAMENTO RESISTIDO E PRESSÃO ARTERIAL

19 ESTUDOS (12 grupos TR e CO)

NORMOTENSOS:

14 estudos
241 (TR) e 207 indivíduos (C)
Homens e mulheres
Adultos e Idosos
Diferentes intensidades
1 circuito, 1 estático, 12 convencional

RESULTADO:

PAS: - 5,68 mmHg (P=0,002)
PAD: - 4,03 mmHg (P=0,002)

HIPERTENSOS:

4 estudos
56 (TR) e 51 indivíduos (C)
Homens e mulheres
Adultos e Idosos
Diferentes intensidades
2 circuito, 1 estático, 1 convencional

RESULTADO:

PAS: - 1,35 mmHg (P=0,45)
PAD: - 1,74 mmHg (P=0,19)

EFEITOS DO TREINAMENTO FÍSICO AERÓBIO NA PRESSÃO ARTERIAL

Normotenso:

→ DC x →RVP = →↓ PA

Hipertenso:

→ DC x ↓RVP = ↓ PA

EFEITO DURANTE O EXERCÍCIO



VOLUME SISTÓLICO

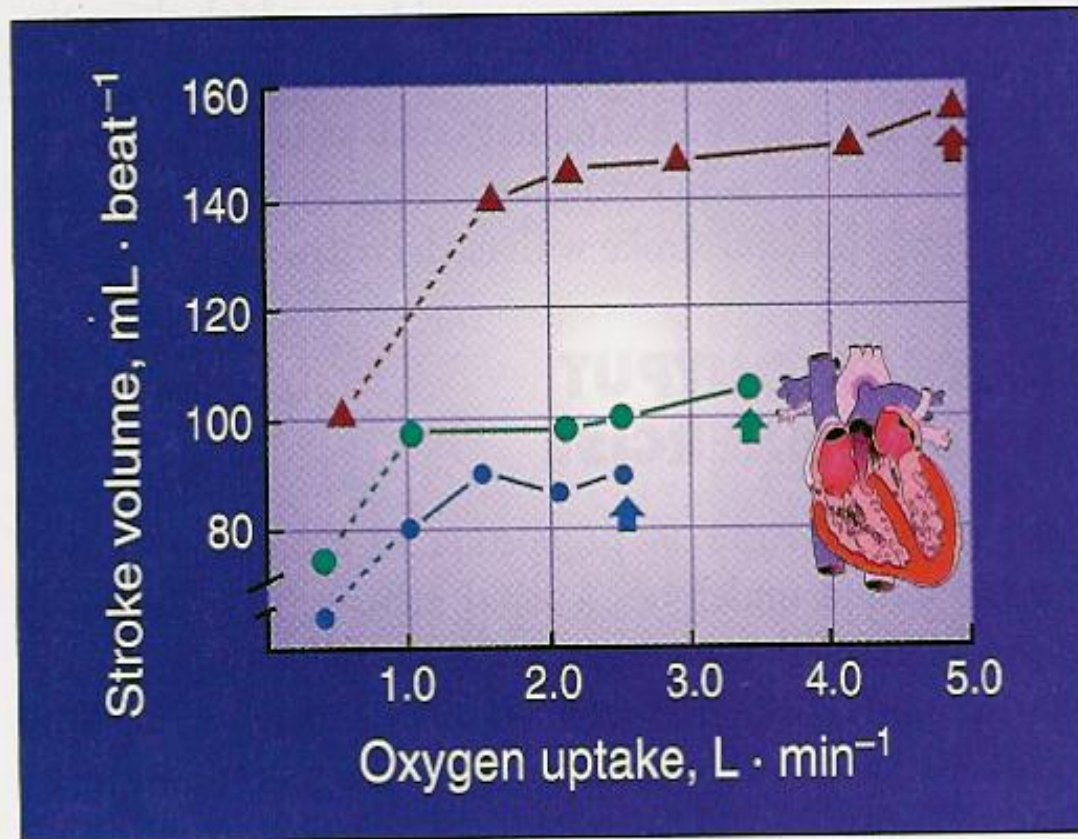


FIGURE 17.2

Stroke volume in relation to oxygen uptake during upright exercise in endurance athletes ($\blacktriangle$) and sedentary college students before ($\bullet$) and after ($\bullet$) 55 days of aerobic training ($\blacktriangle$ = maximal values). (From Saltin, B.: Physiological effects of physical conditioning. *Med. Sci. Sports*, 1:50, 1969.)

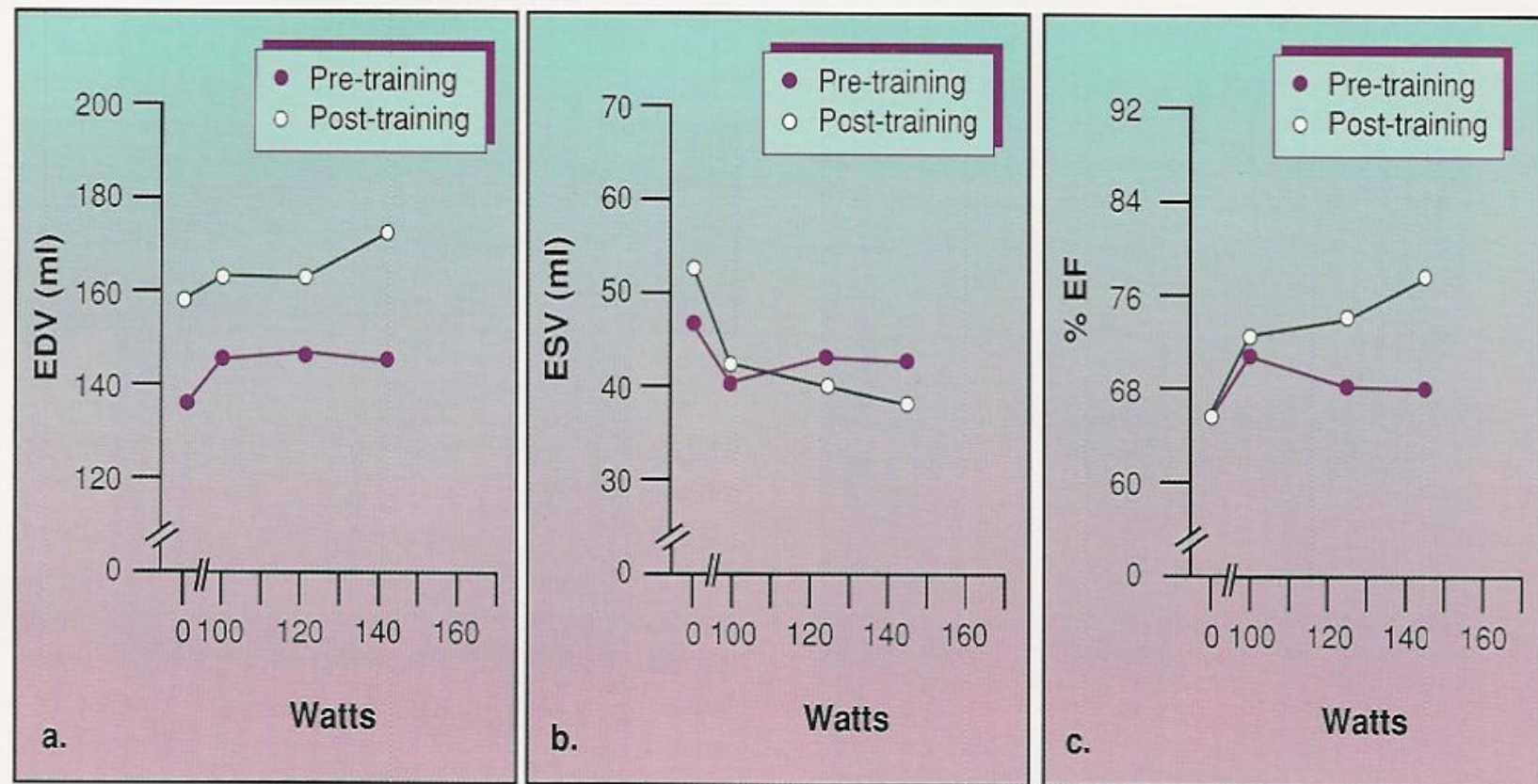


Figure 10.3 Differences in (a) end-diastolic volume (EDV), (b) end-systolic volume (ESV), and (c) ejection fraction (EF) with increasing rates of work in individuals before and after endurance training. Data from Ehsani et al. (1991).

FREQUÊNCIA CARDÍACA

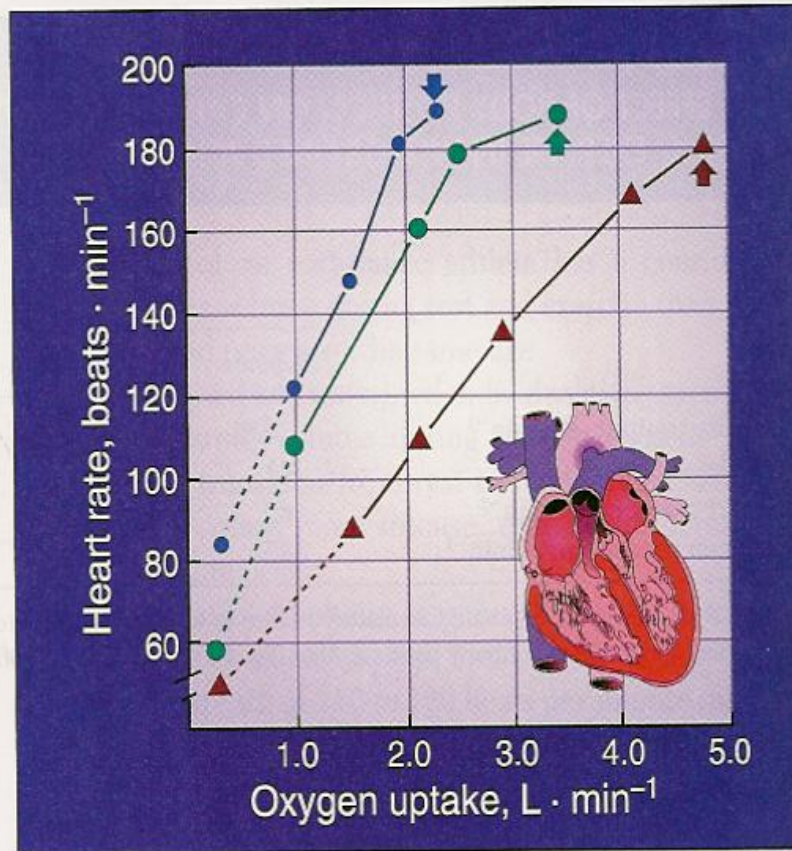
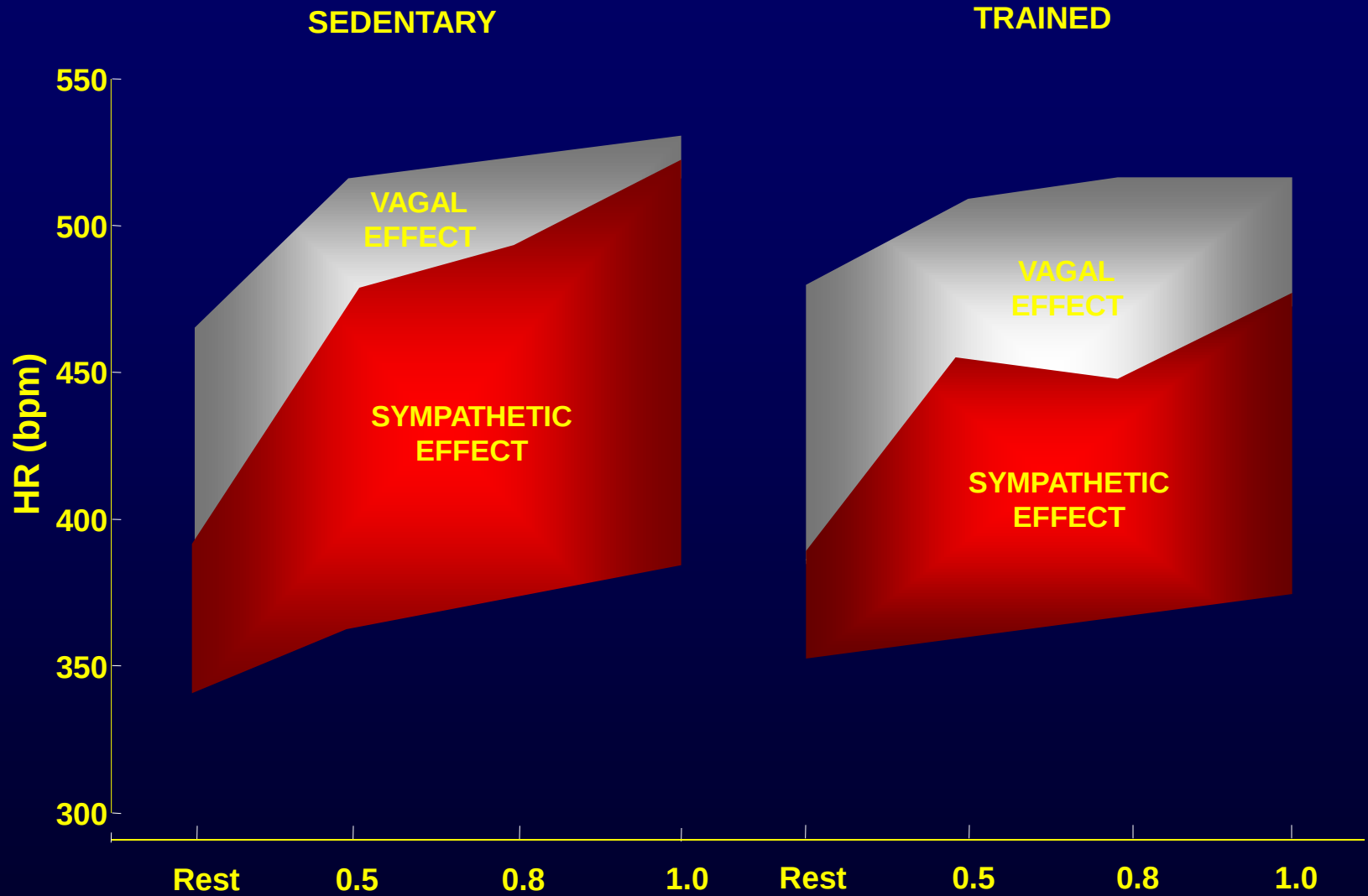


FIGURE 17.3

Heart rate in relation to oxygen uptake during upright exercise in endurance athletes (▲) and sedentary college students before (●) and after (●) 55 days of aerobic training (↑ = maximal values). (From Saltin, B.: Physiological effects of physical conditioning. *Med. Sci. Sports*, 1:50, 1969.)



NEGRAO et al. (1990)

DÉBITO CARDÍACO

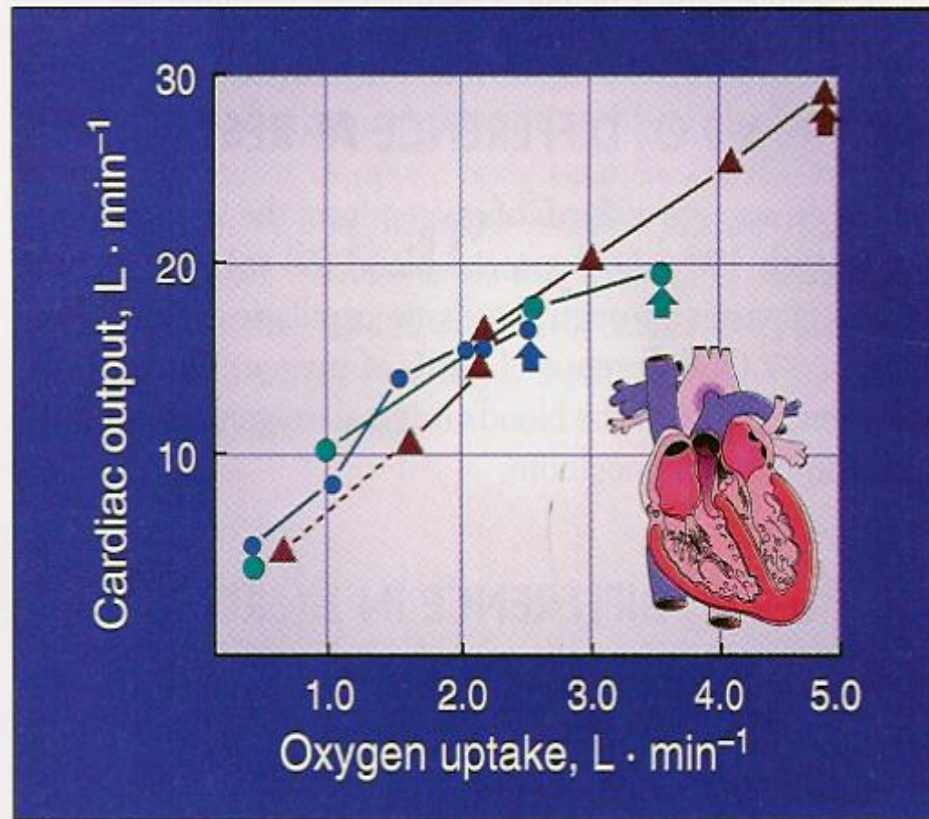
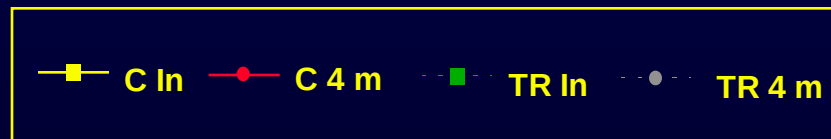
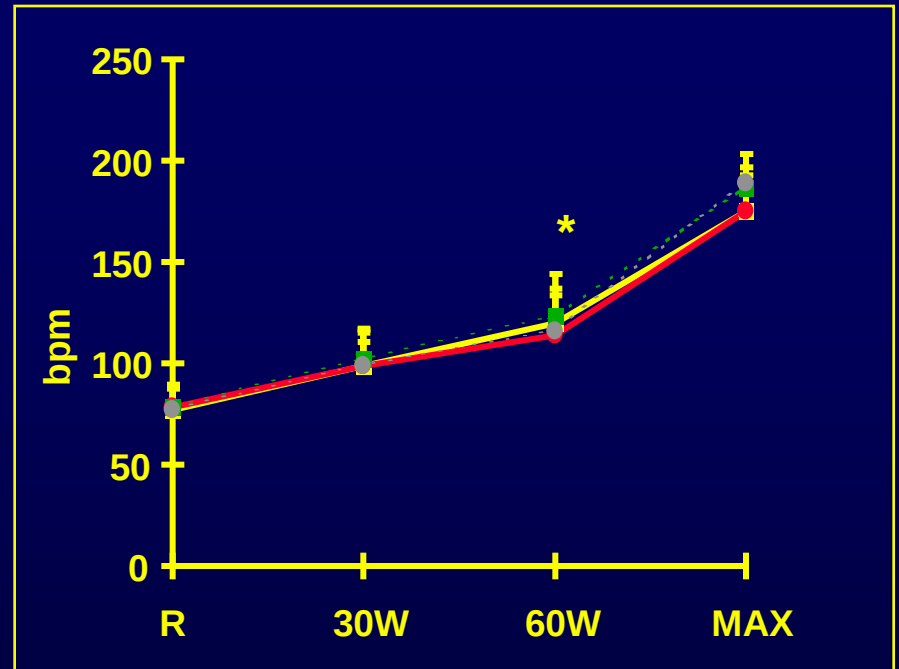
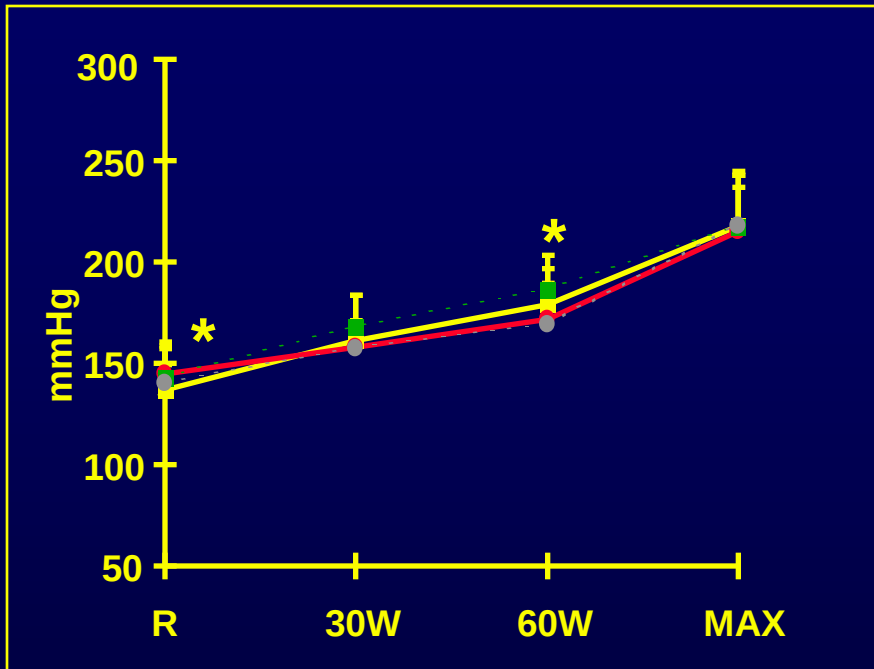


FIGURE 17.6

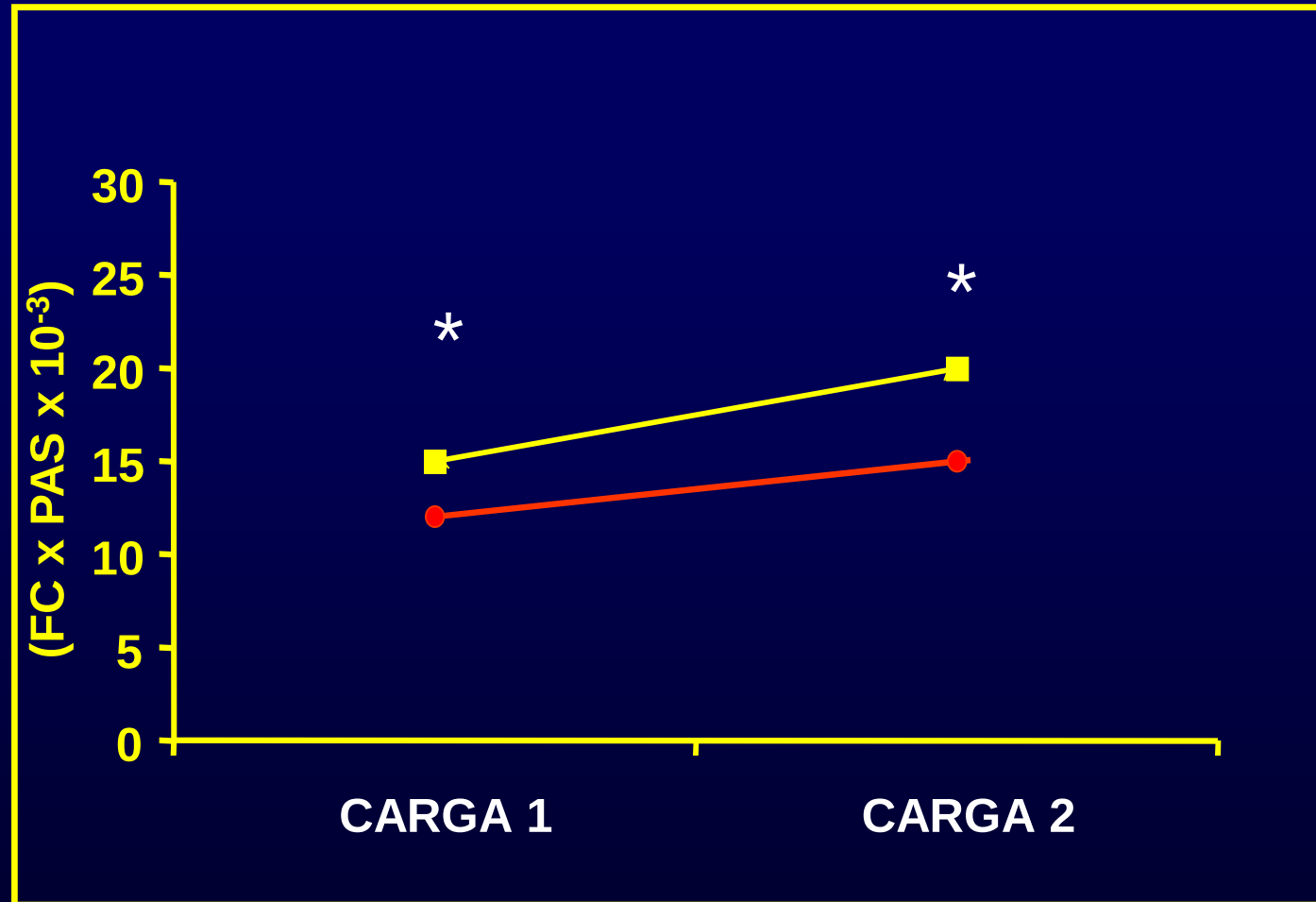
Cardiac output in relation to oxygen uptake during upright exercise in endurance athletes (▲) and sedentary college students before (●) and after (●) 55 days of aerobic training (↑ = maximal values). (From Saltin, B.: Physiological effects of physical conditioning. *Med. Sci. Sports*, 1:50, 1969.)

PRESSÃO ARTERIAL - HIPERTENSOS



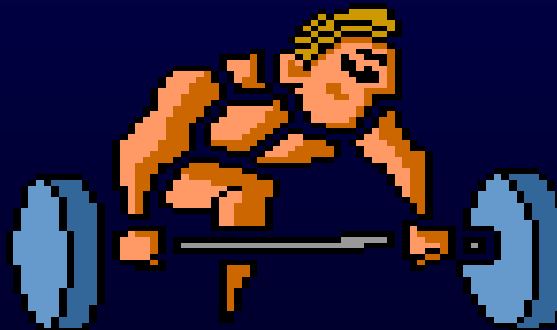
* $p < 0.05$ - Initial (In) vs. 4 months (4m).

DUPLO PRODUTO

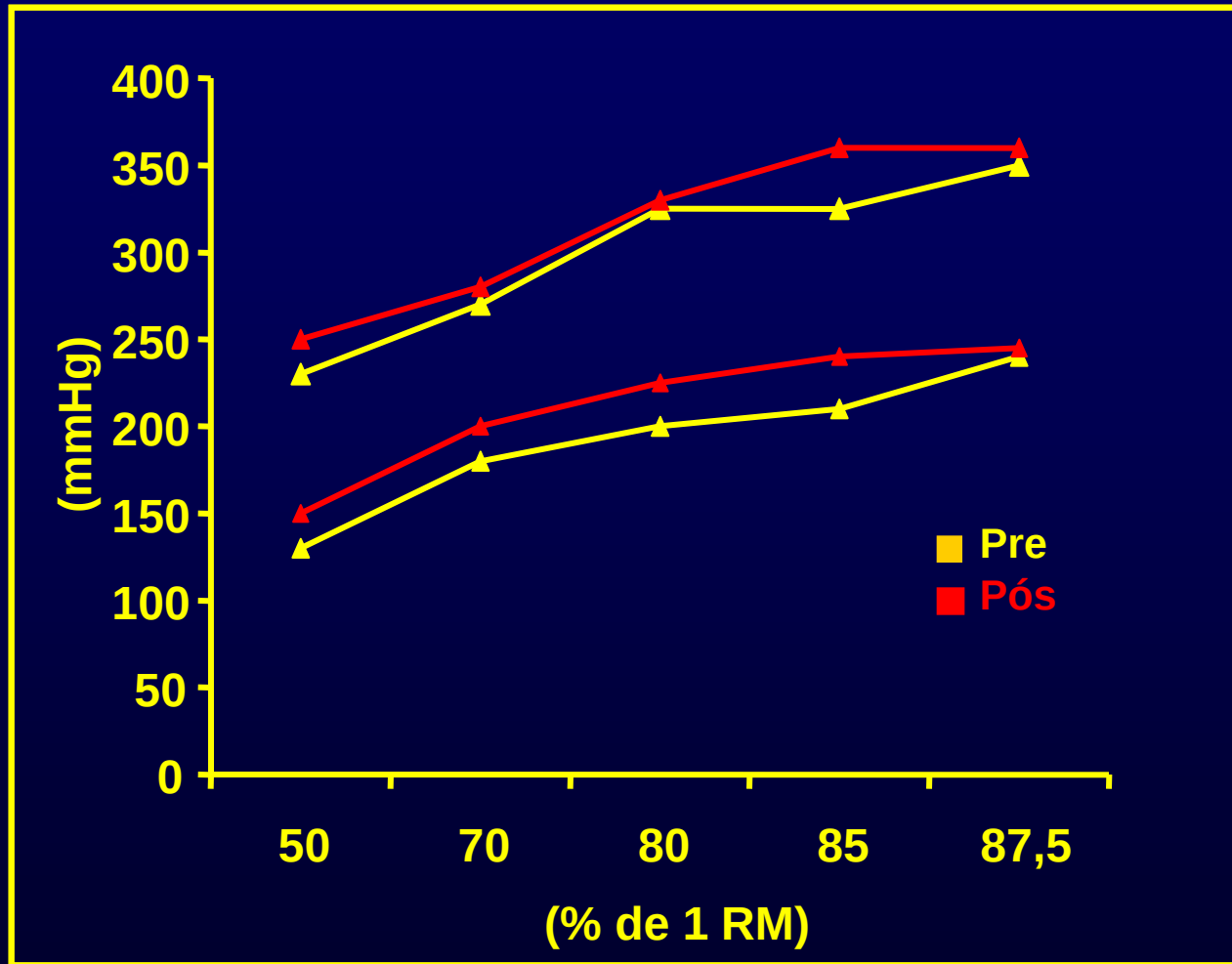


Pré
Pós

Resposta Crônica

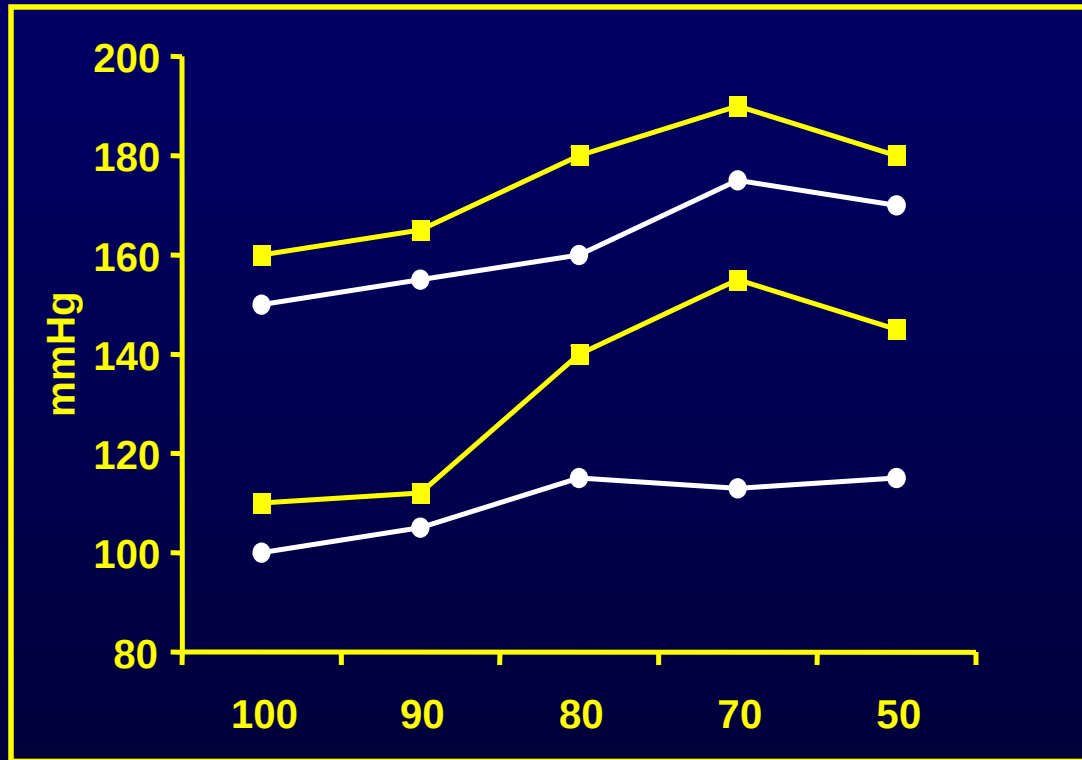


RESPOSTA AO EXERCÍCIO RESISTIDO



Sale et al. Can. J. Appl. Physiol. 19:60-74, 1994.

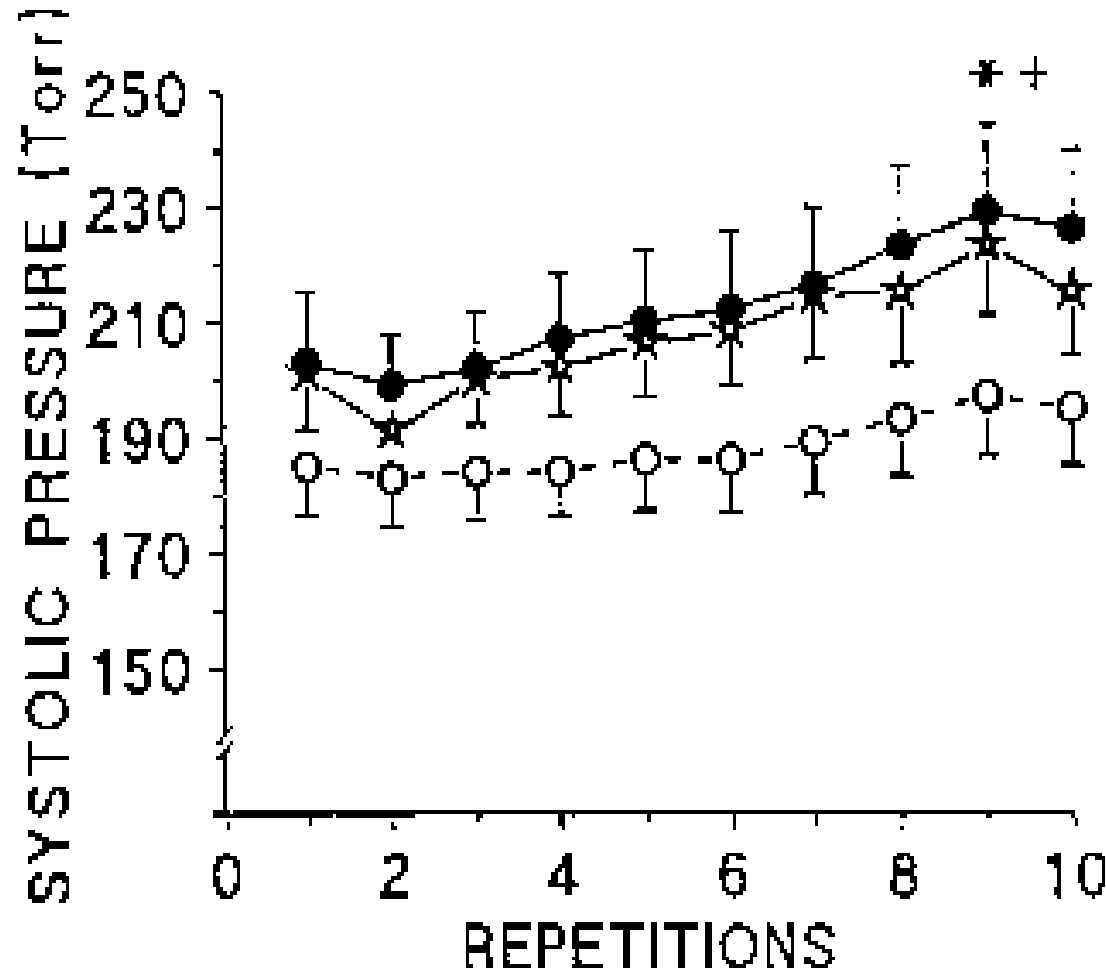
RESPOSTA AO EXERCÍCIO RESISTIDO



● Levantador
■ Novato

Adaptado de Fleck & Dean. J. Appl. Physiol. 63:116-20, 1987.

PRESSÃO EM EXERCÍCIO EM EXERCÍCIO



- Pré - 80% CVM
- ★ Pós - 80% CVM
- Pós - Carga Pré

(McCartney et al. JAP 74:10)

Quadro RESUMO