



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO**  
**Laboratório de Fisiologia do Exercício e Fisioterapia Cardiovascular**



**CURSO DE FISIOTERAPIA/FMRP/USP**

# **ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES AO EXERCÍCIO**

**Prof. Dr. Hugo Celso Dutra de Souza**  
**Departamento de Ciências da Saúde**  
**Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP**

# ADAPTAÇÕES CARDIOVASCULARES AO EXERCÍCIO

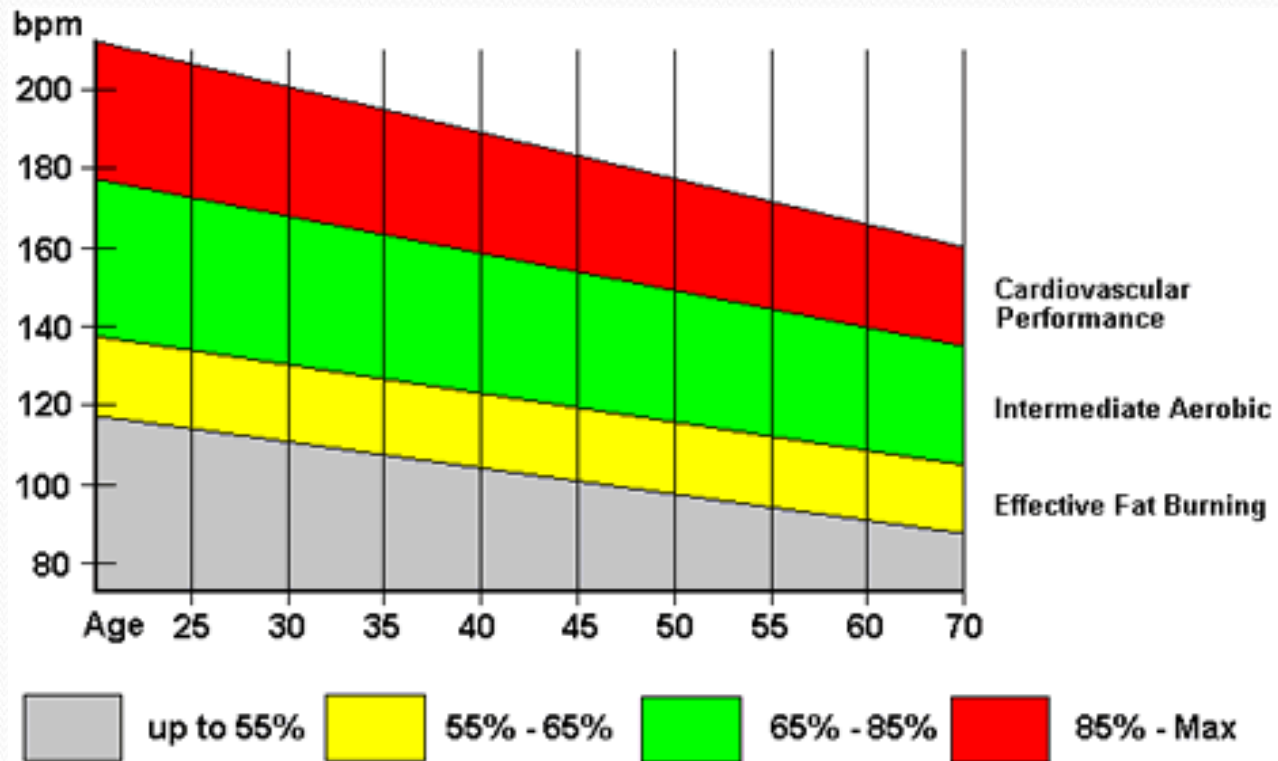
- **ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO**
- **ADAPTAÇÕES APÓS O EXERCÍCIO**

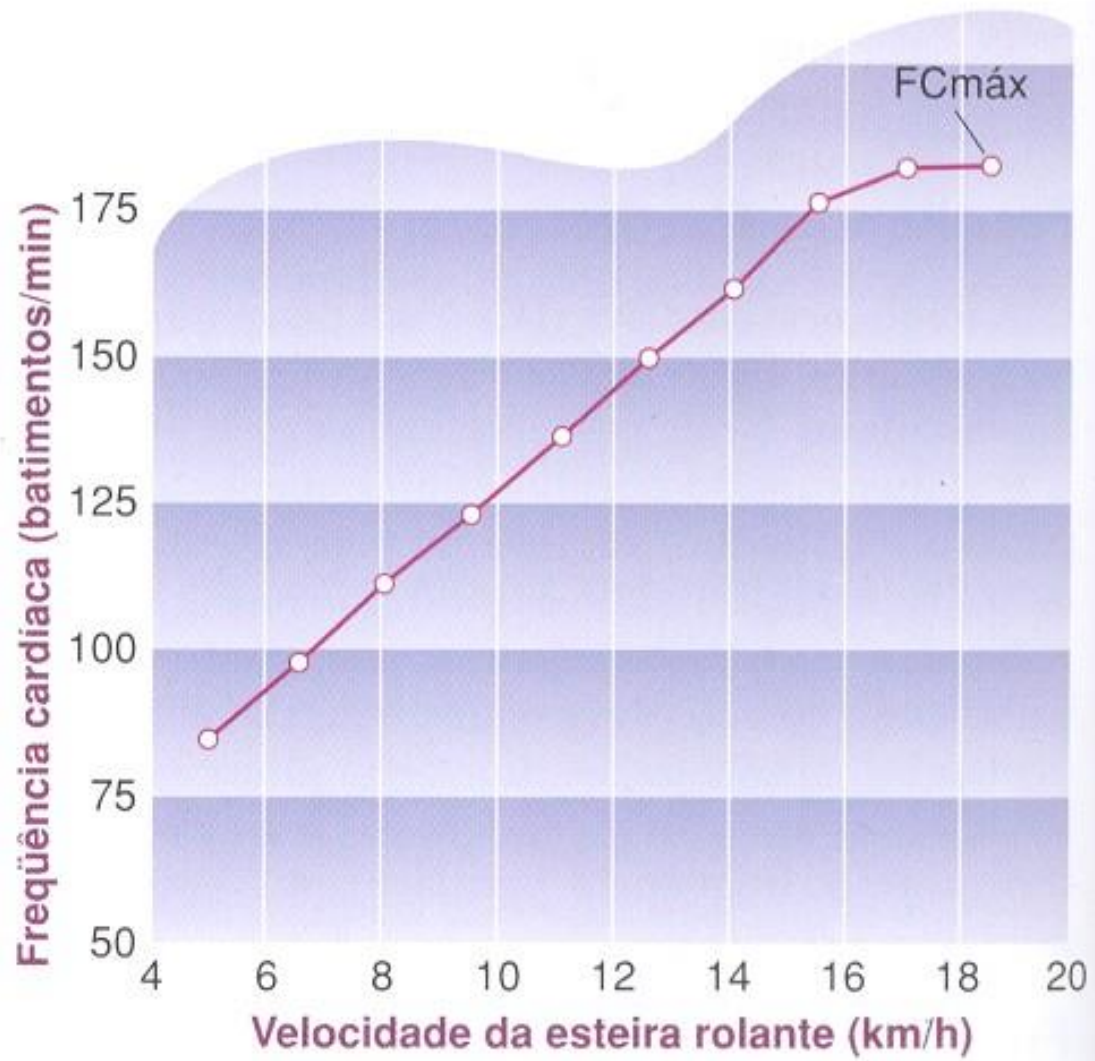
# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO AERÓBIO

- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA

# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO AERÓBIO

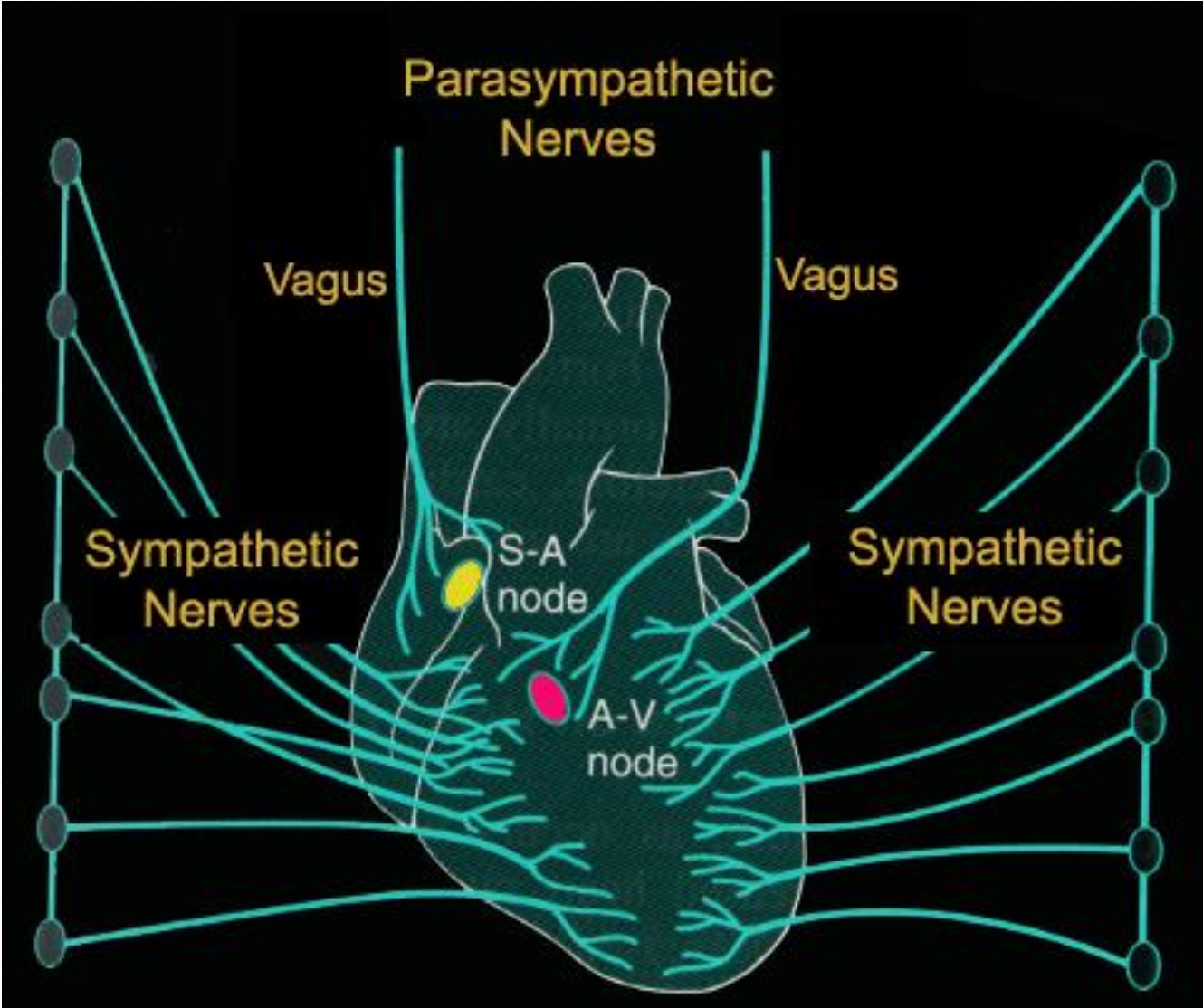
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA**
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA**
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**



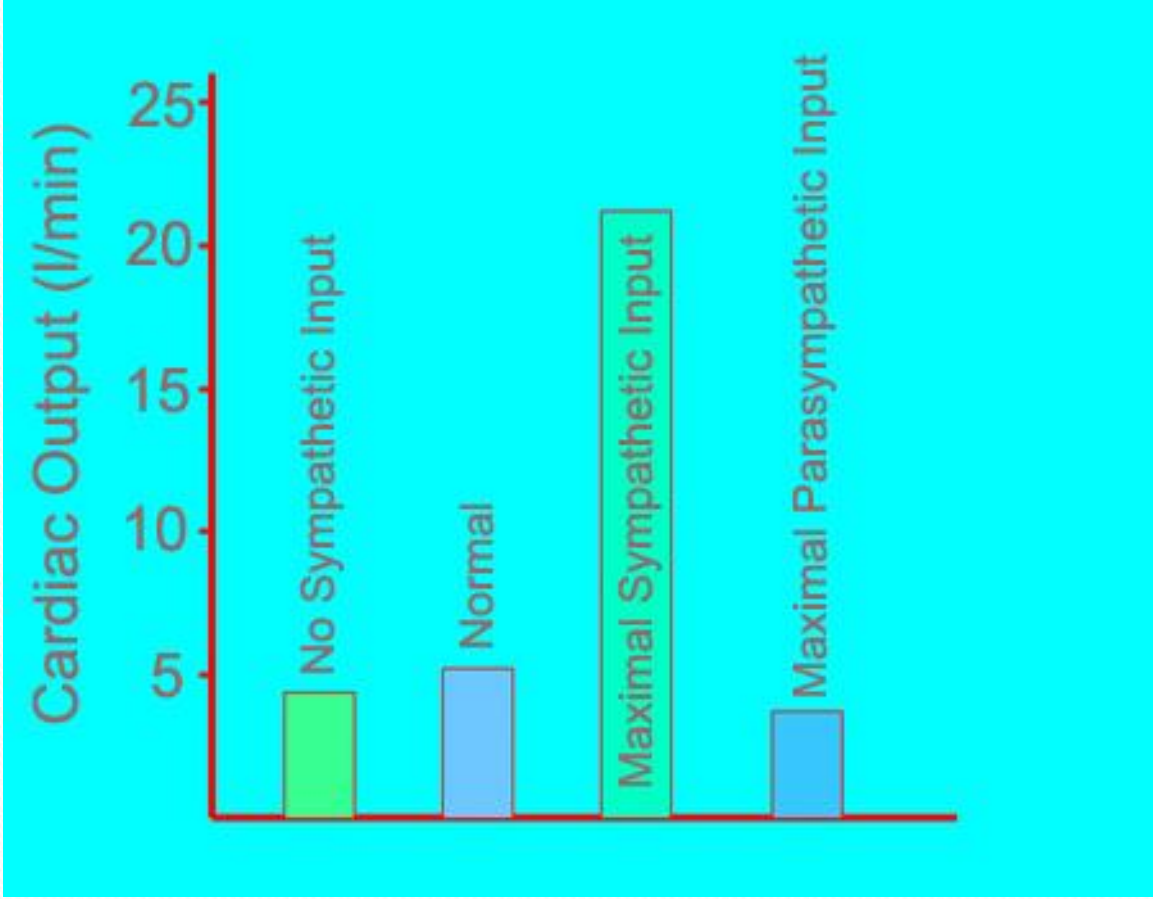


# FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA

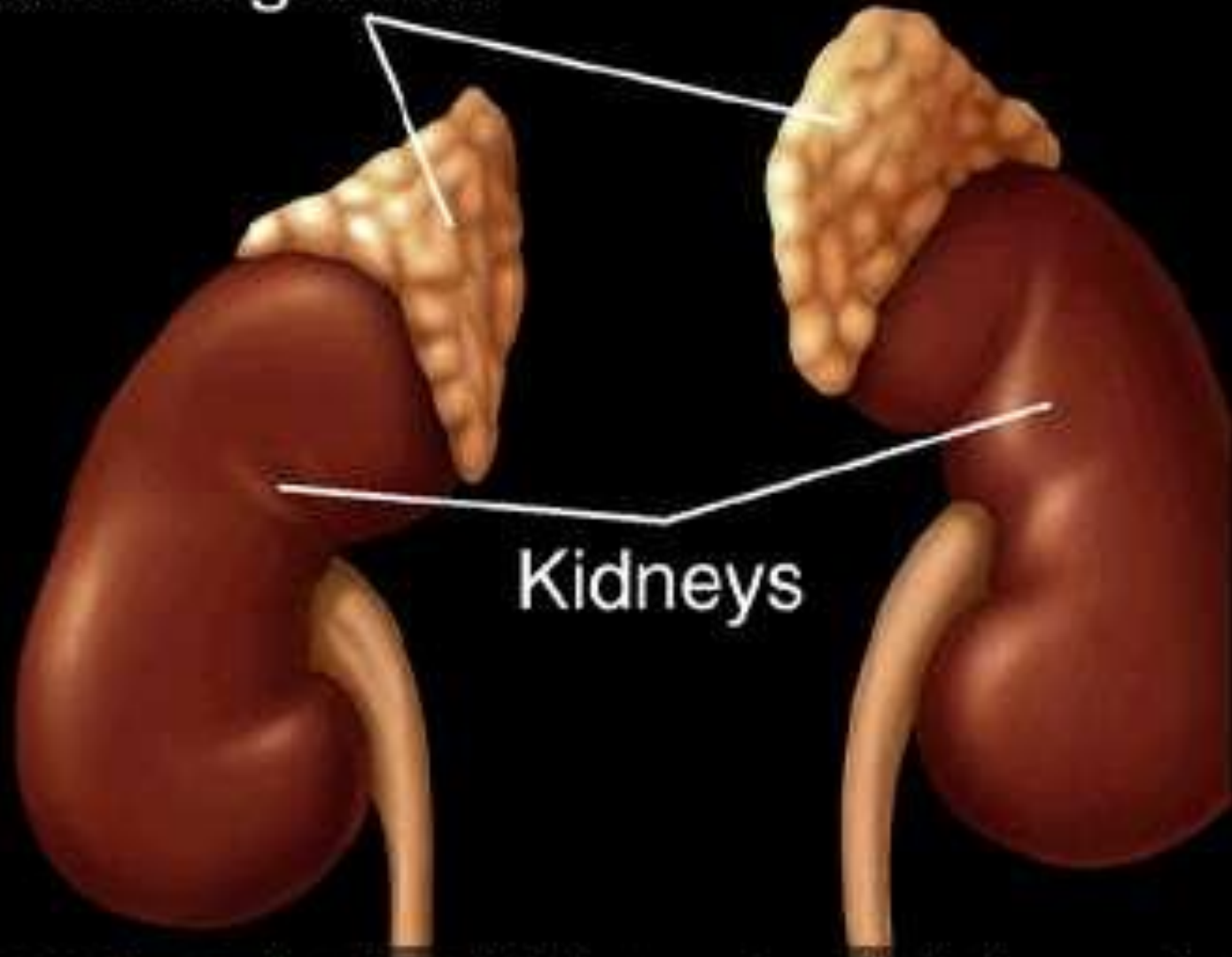
- $FC_{MÁX} = 220_{bpm} - IDADE$
- $FC_{MÁX} = 208_{bpm} - (0,7 \times IDADE)$





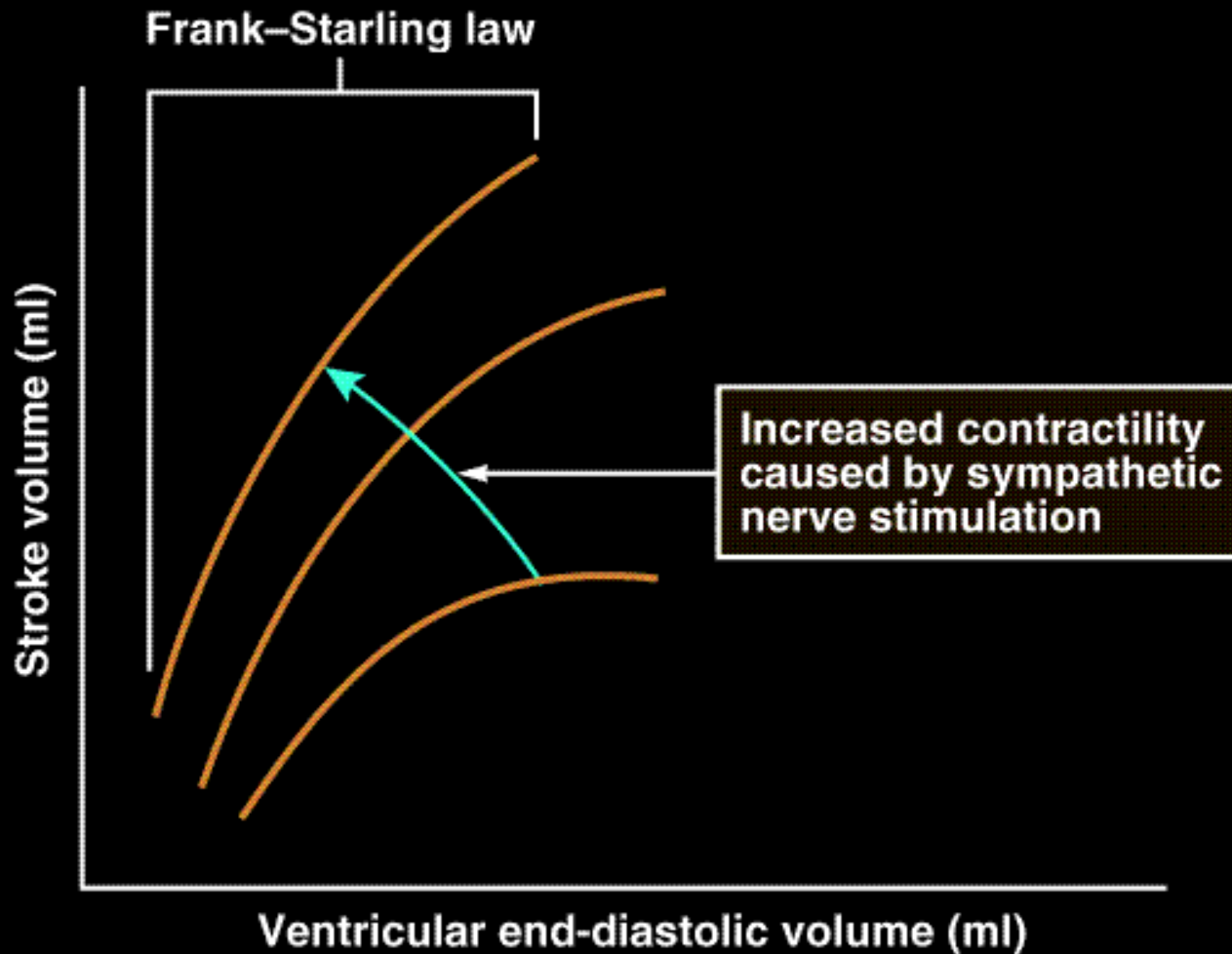


Adrenal glands

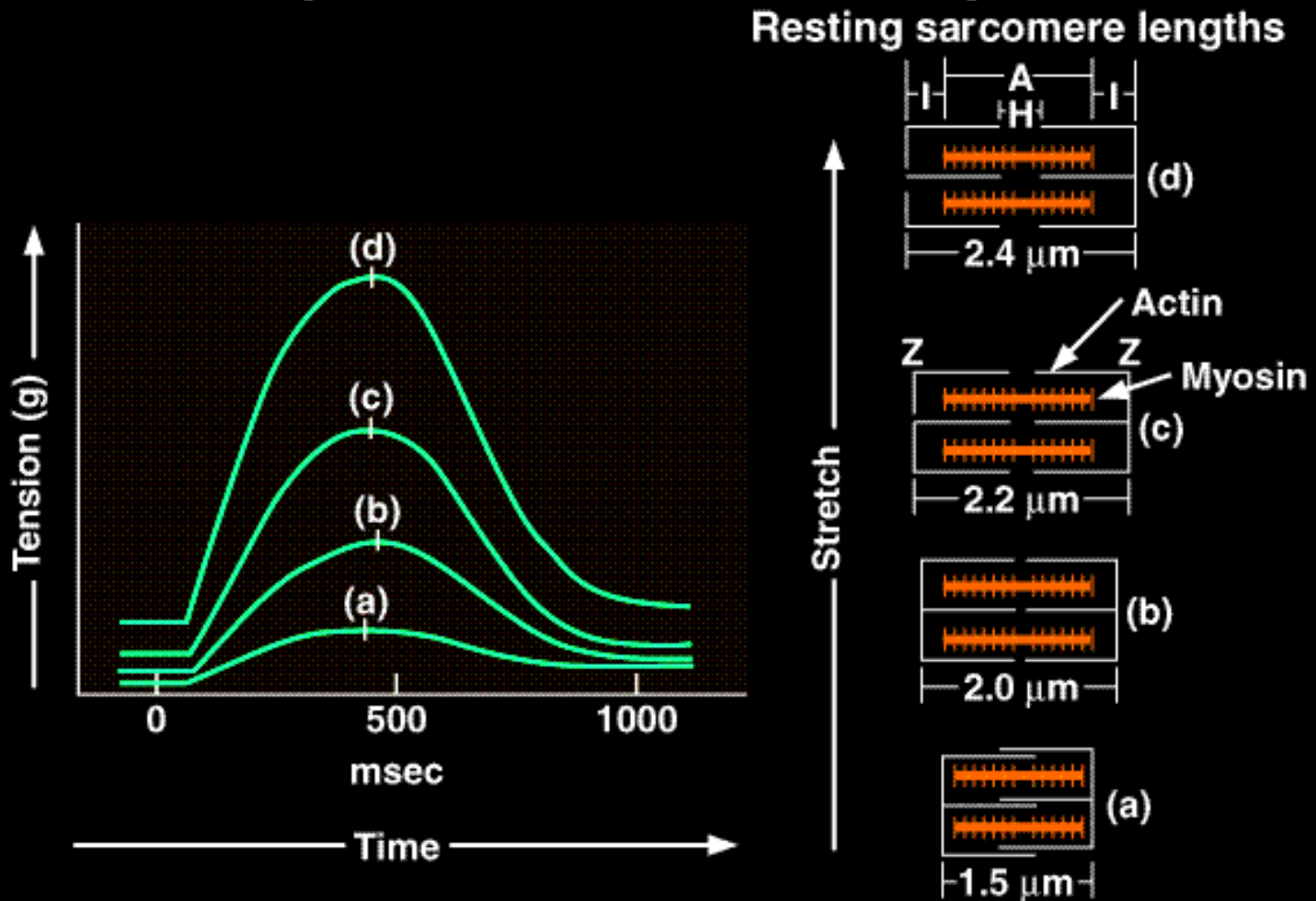


Kidneys

# Frank-Starling Law and Sympathetic Nerve Effects

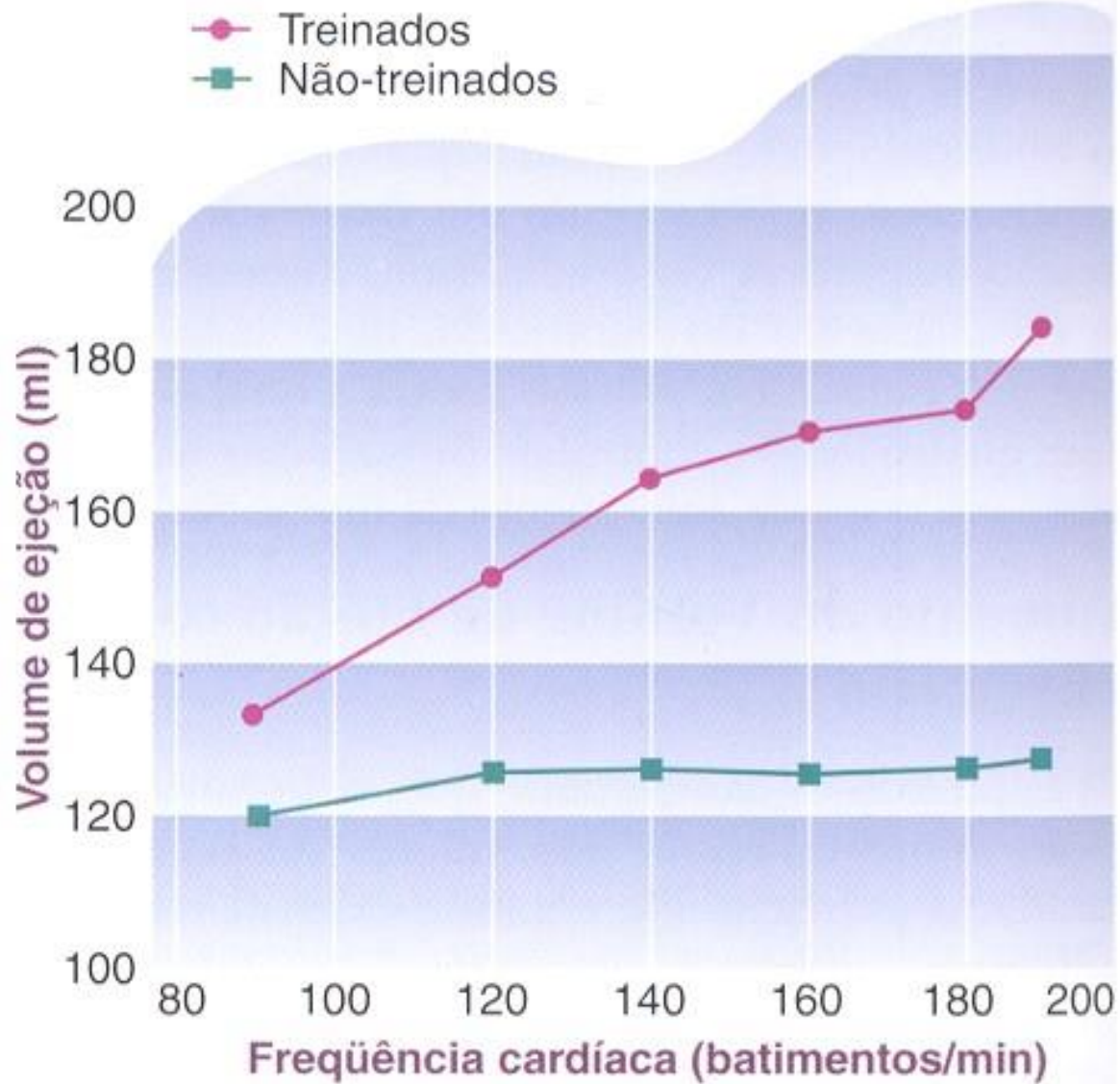


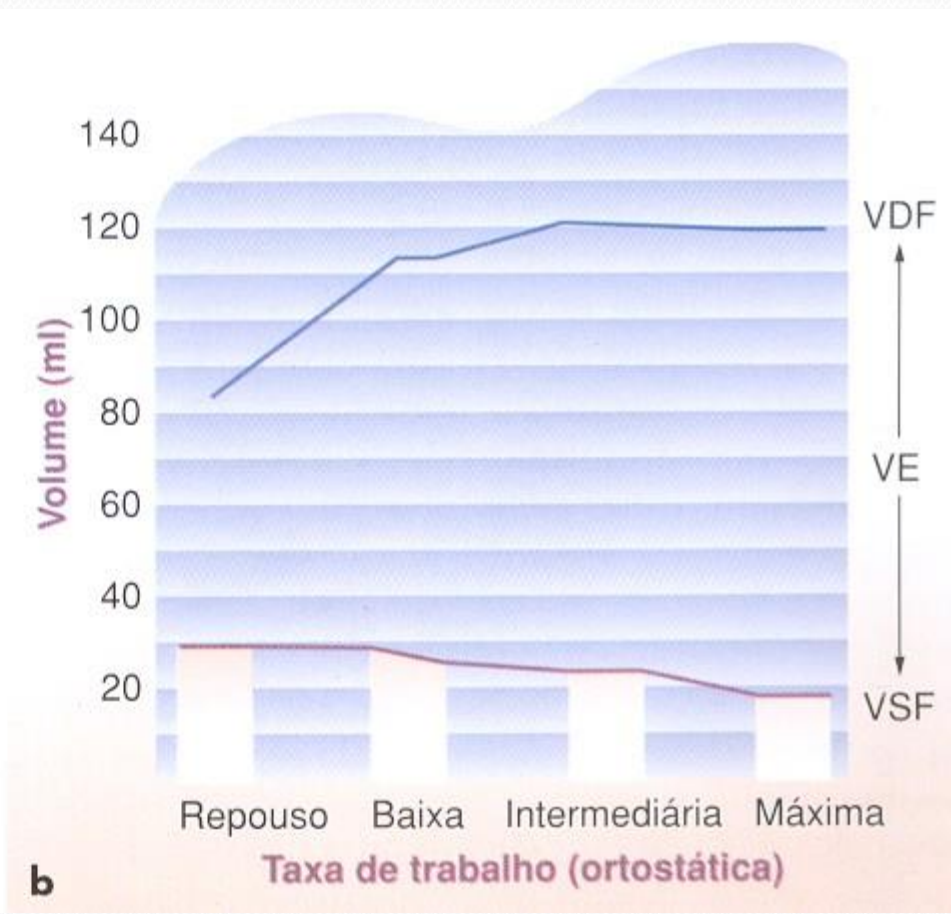
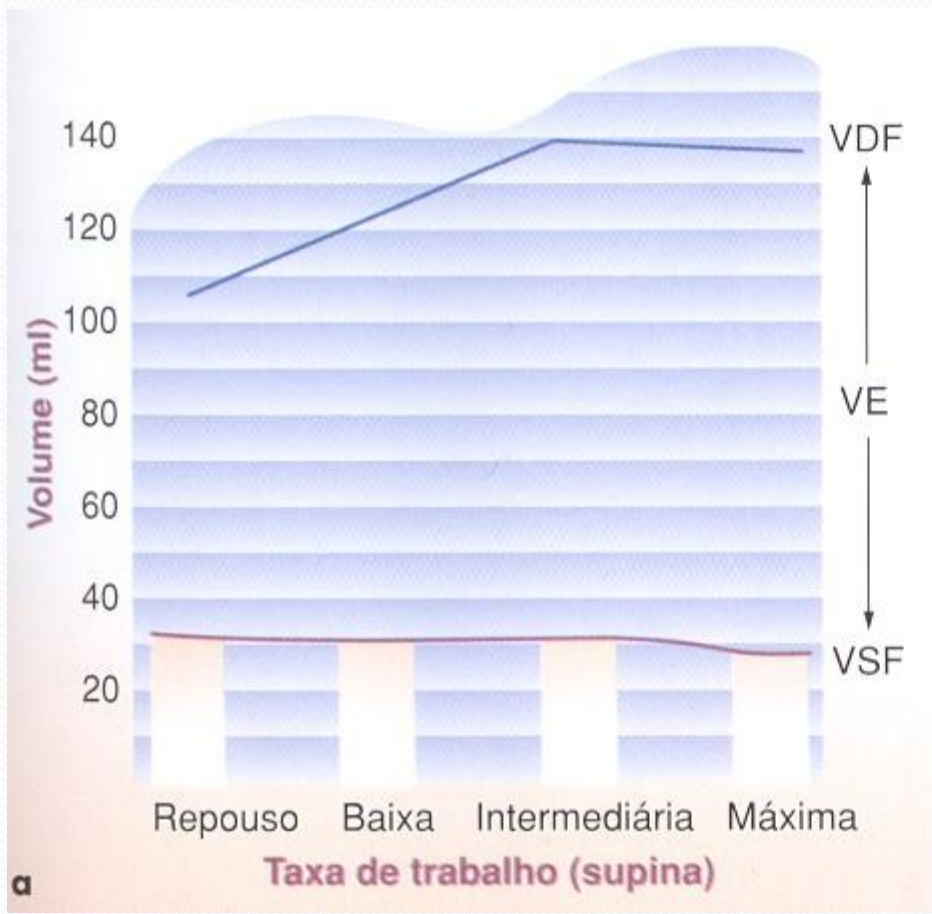
# Frank-Starling Mechanism (Law of the Heart)



# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO

- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA



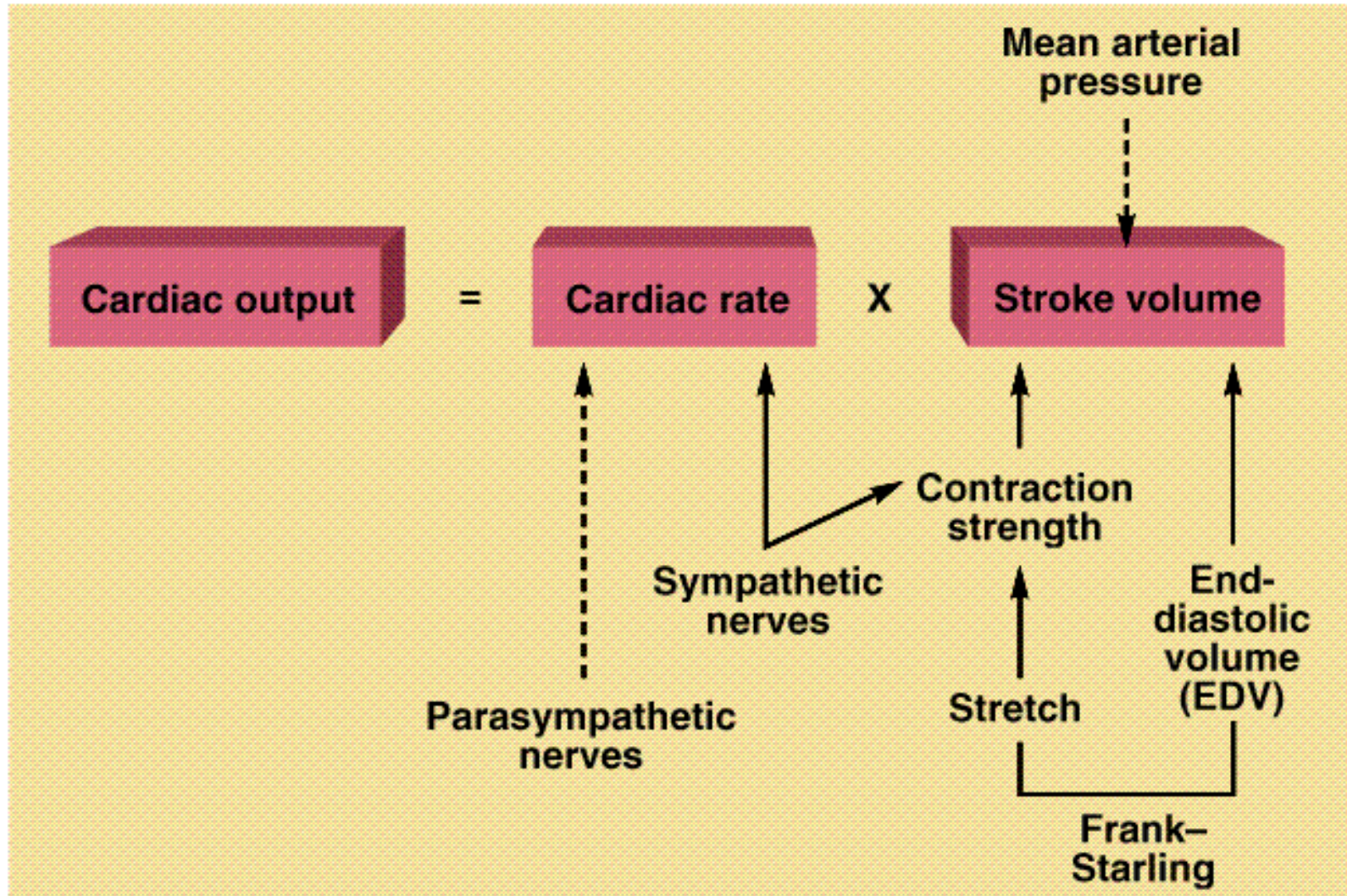


# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO

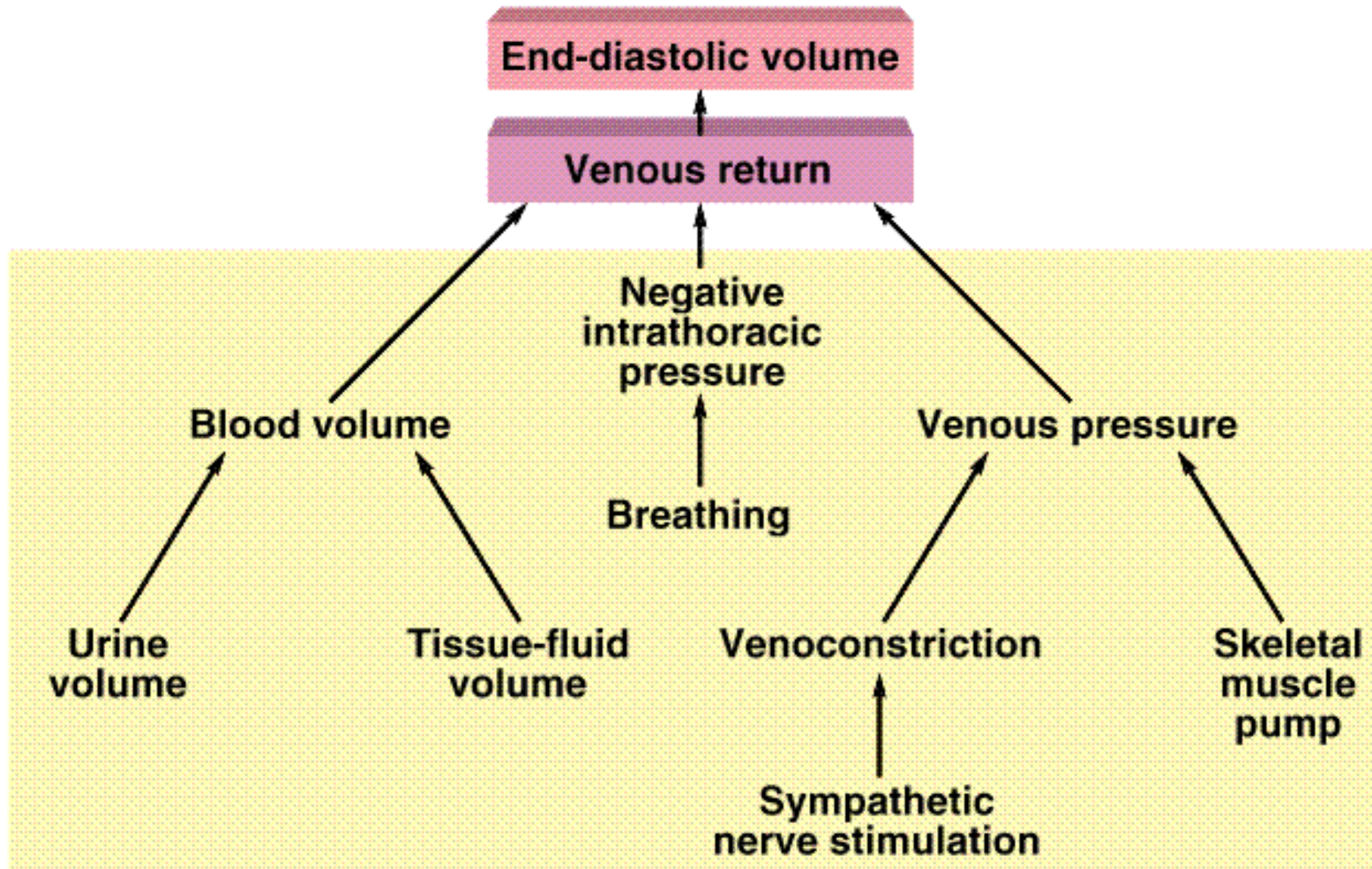
- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA



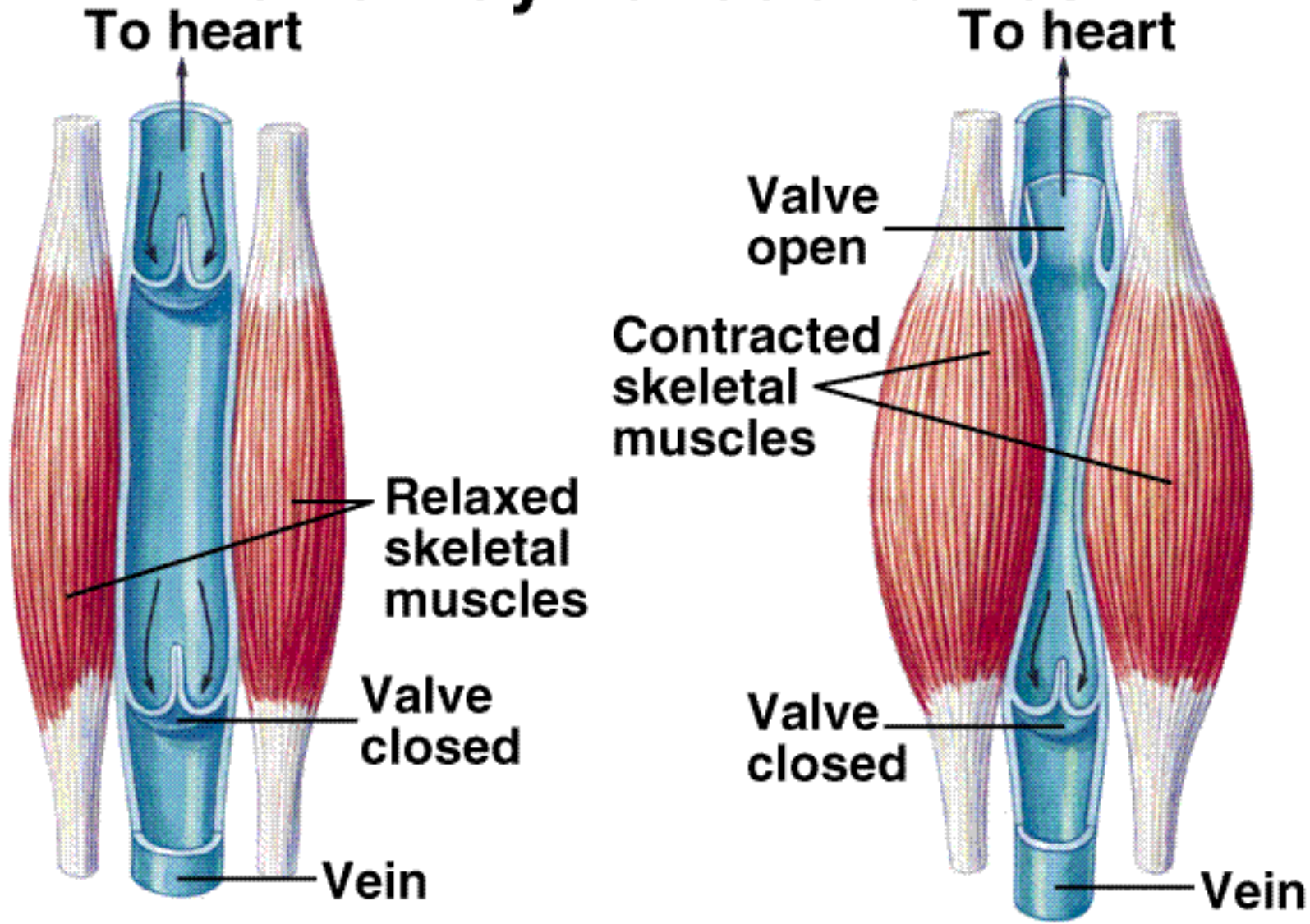
# Cardiac Output Regulation

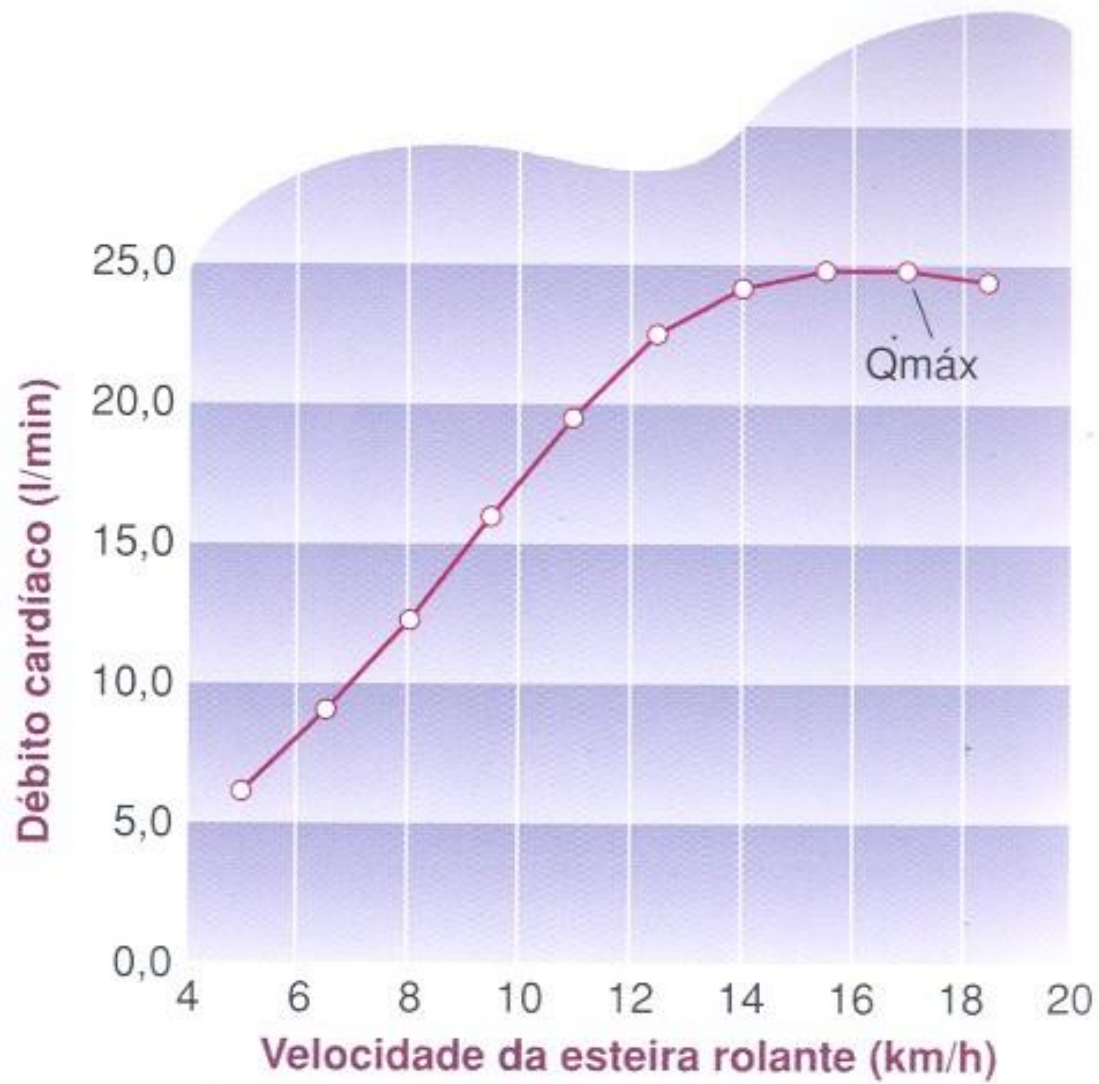


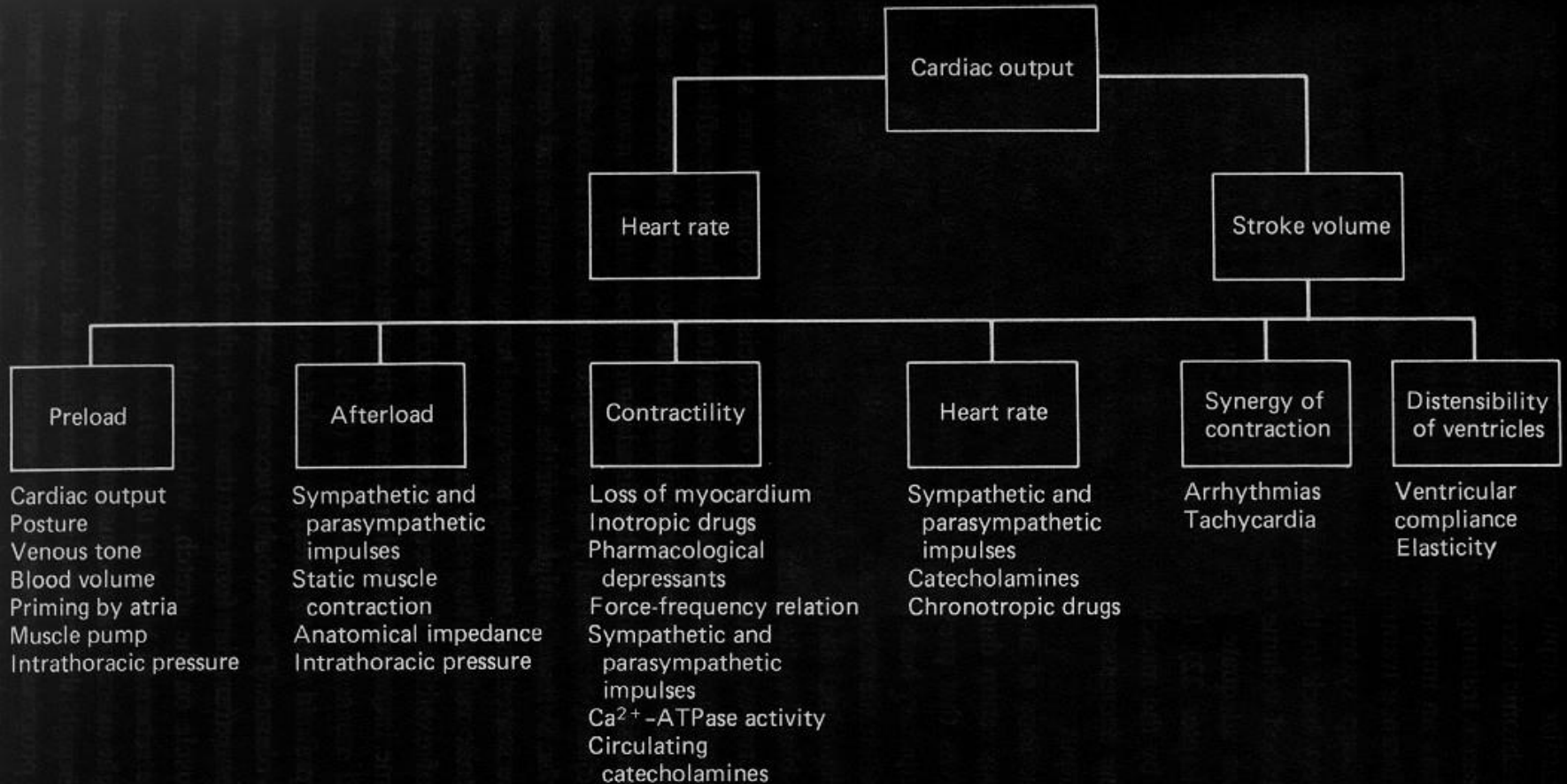
# Variables that Affect Venous Return and End-diastolic Volume



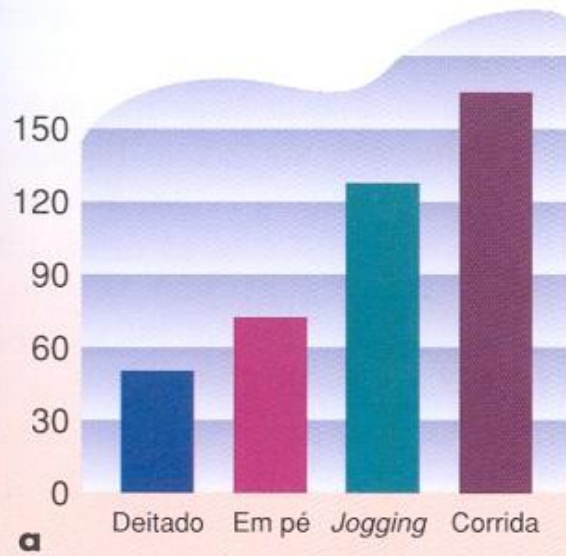
# One-way Venous Valves



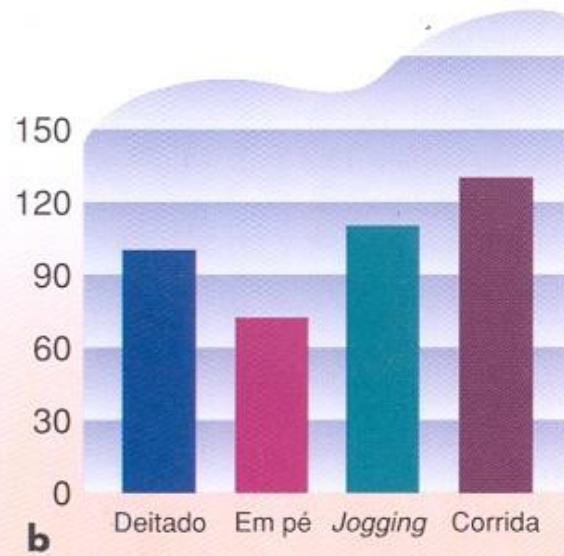




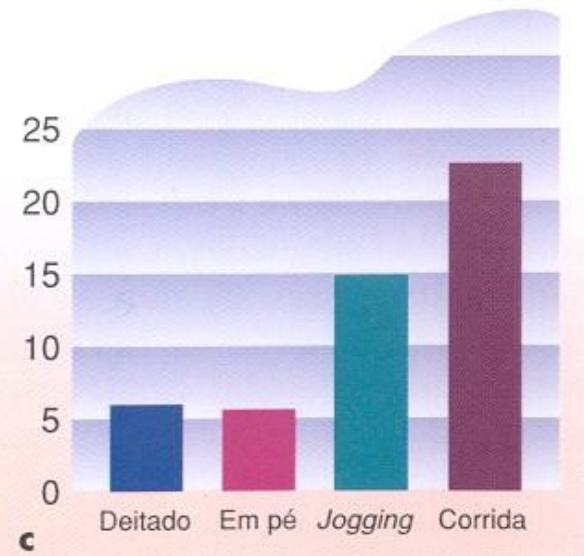
**Freqüência cardíaca (batimentos/min)**



**Volume de ejeção (ml/batimento)**



**Débito cardíaco (l/min)**



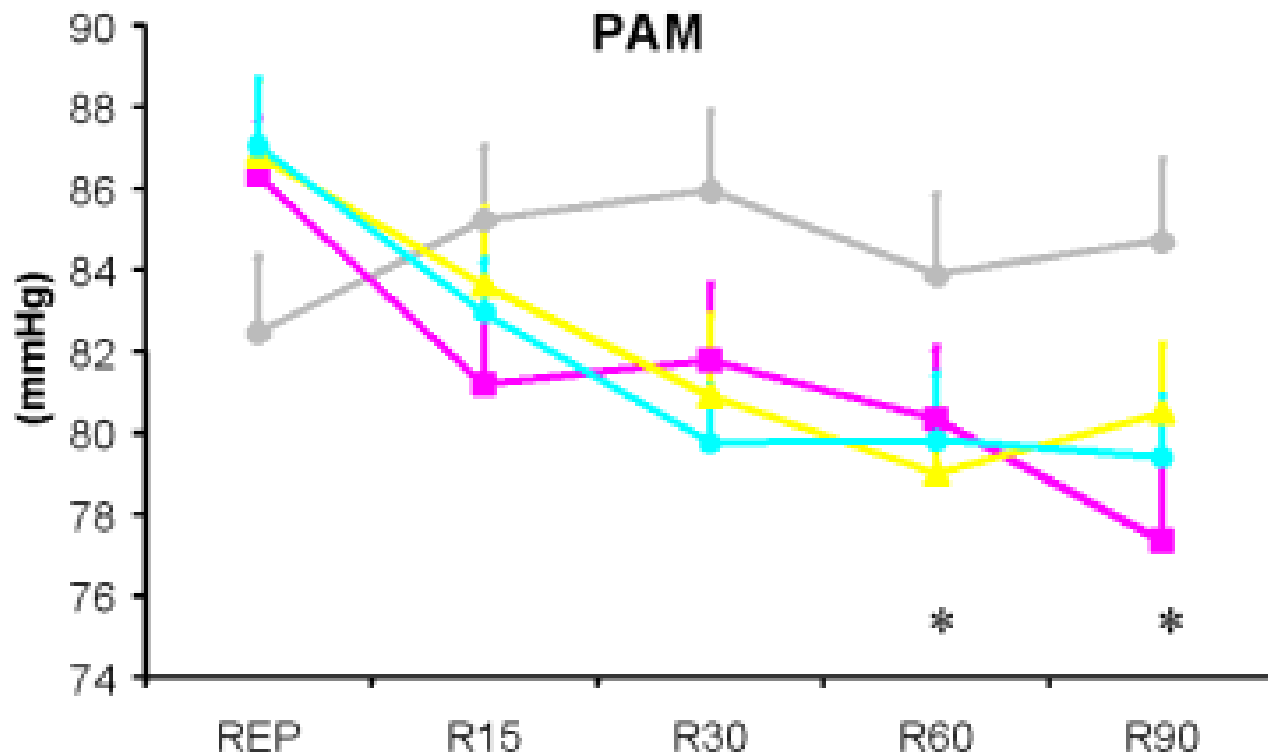
## Alterações da Frequência Cardíaca, do Volume de Ejeção e do Débito Cardíaco

| <b>Atividade</b>          | <b>Frequência cardíaca (batimentos/min)</b> | <b>Volume de ejeção (ml/batimento)</b> | <b>Débito cardíaco (l/min)</b> |
|---------------------------|---|--|--------------------------------|
| Repouso (posição supina)  | 55  | 95                                     | 5,2                            |
| Repouso (em pé e sentado) | 60  | 70                                     | 4,2                            |
| Corrida                   | 190   | 130                                    | 24,7                           |
| Ciclismo                  | 185   | 120                                    | 22,2                           |
| Natação                   | 170   | 135                                    | 22,9                           |

# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO

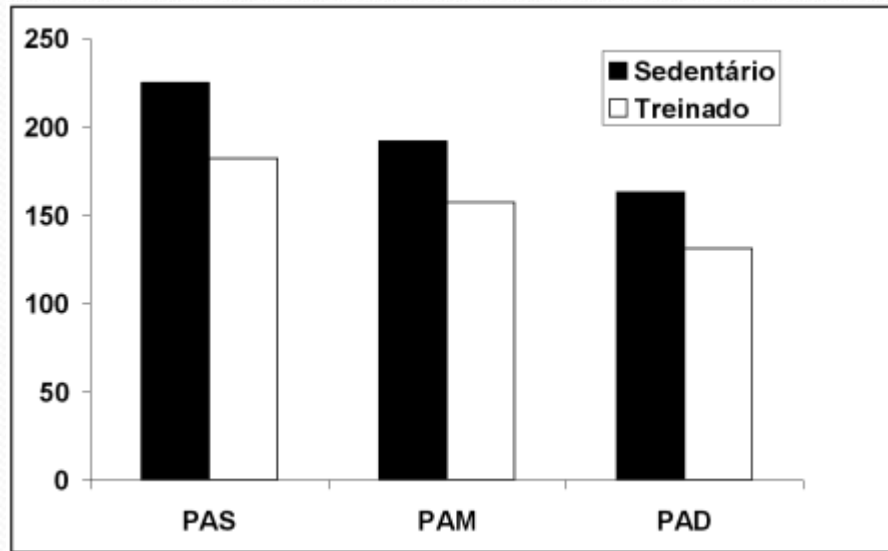
- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA

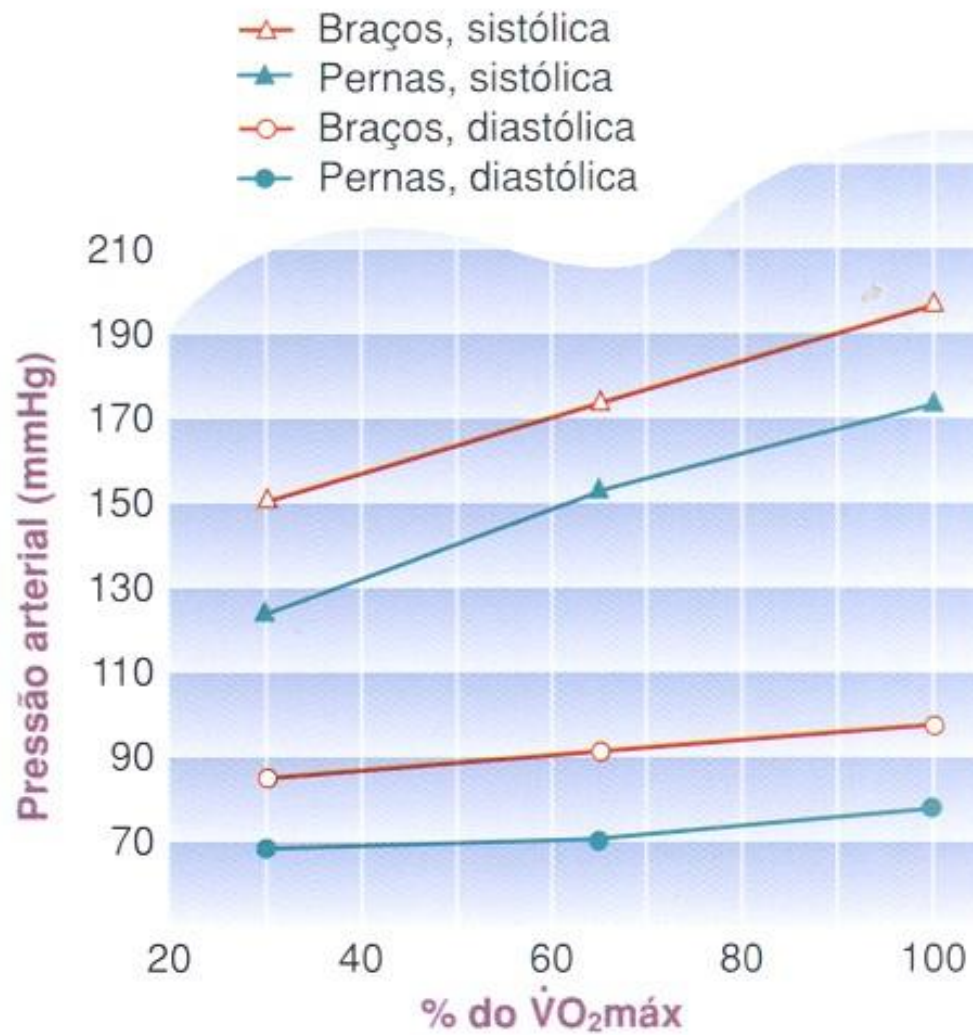


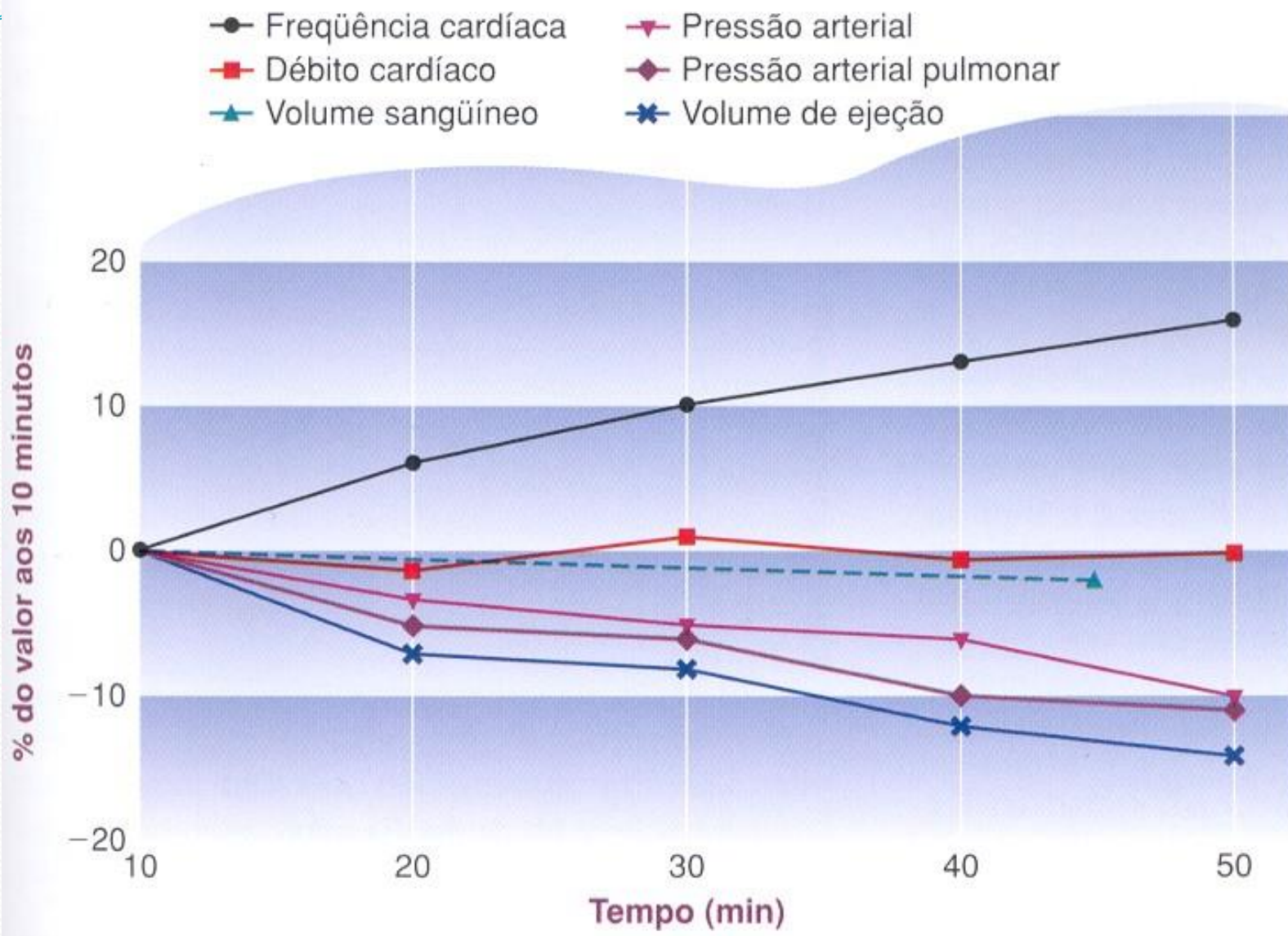


→ CONTROL    ■ 30%VO2MAX    ▲ 50%VO2MAX    ◆ 80%VO2MAX

\* diferente de Rep (P<0,05)



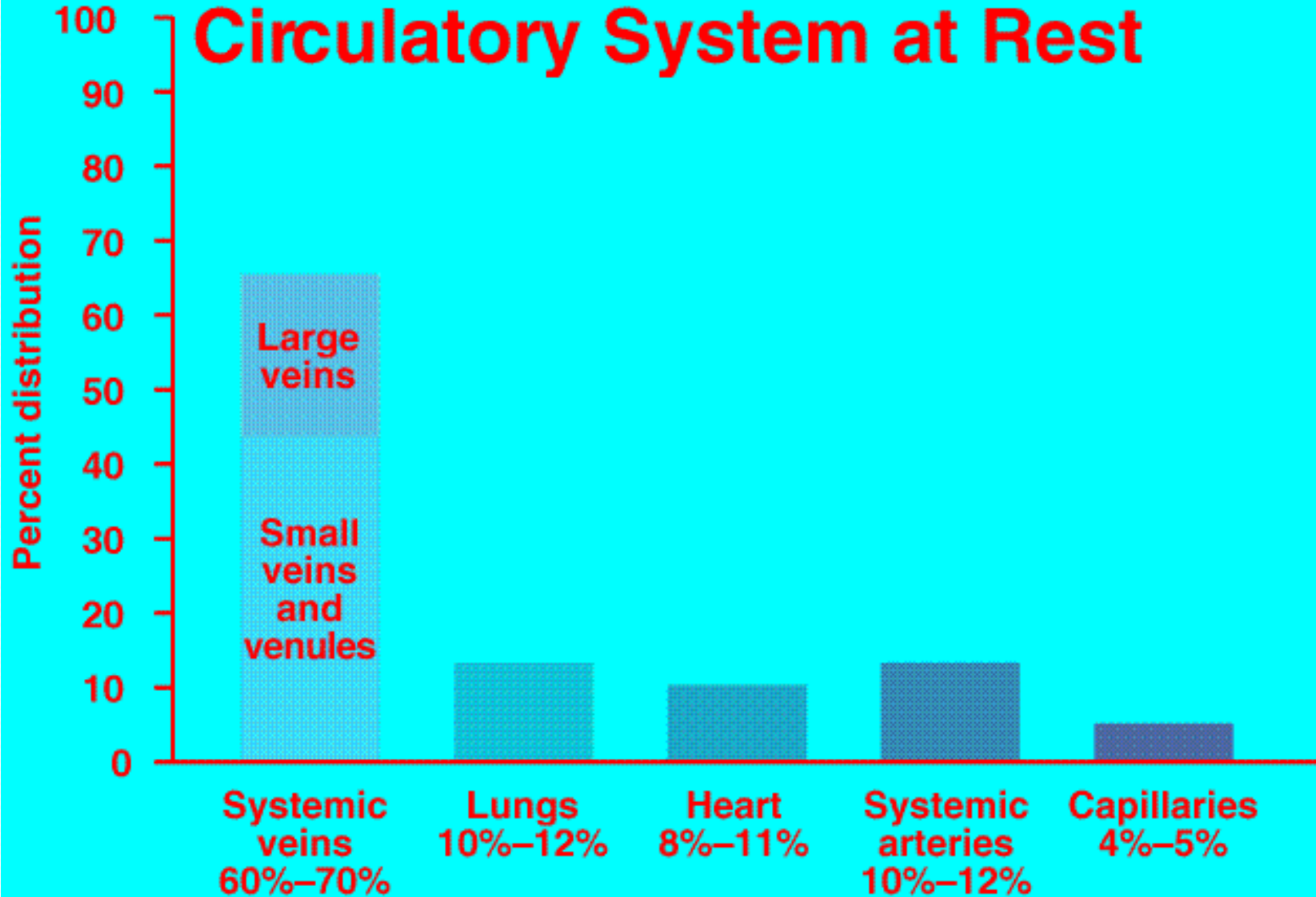


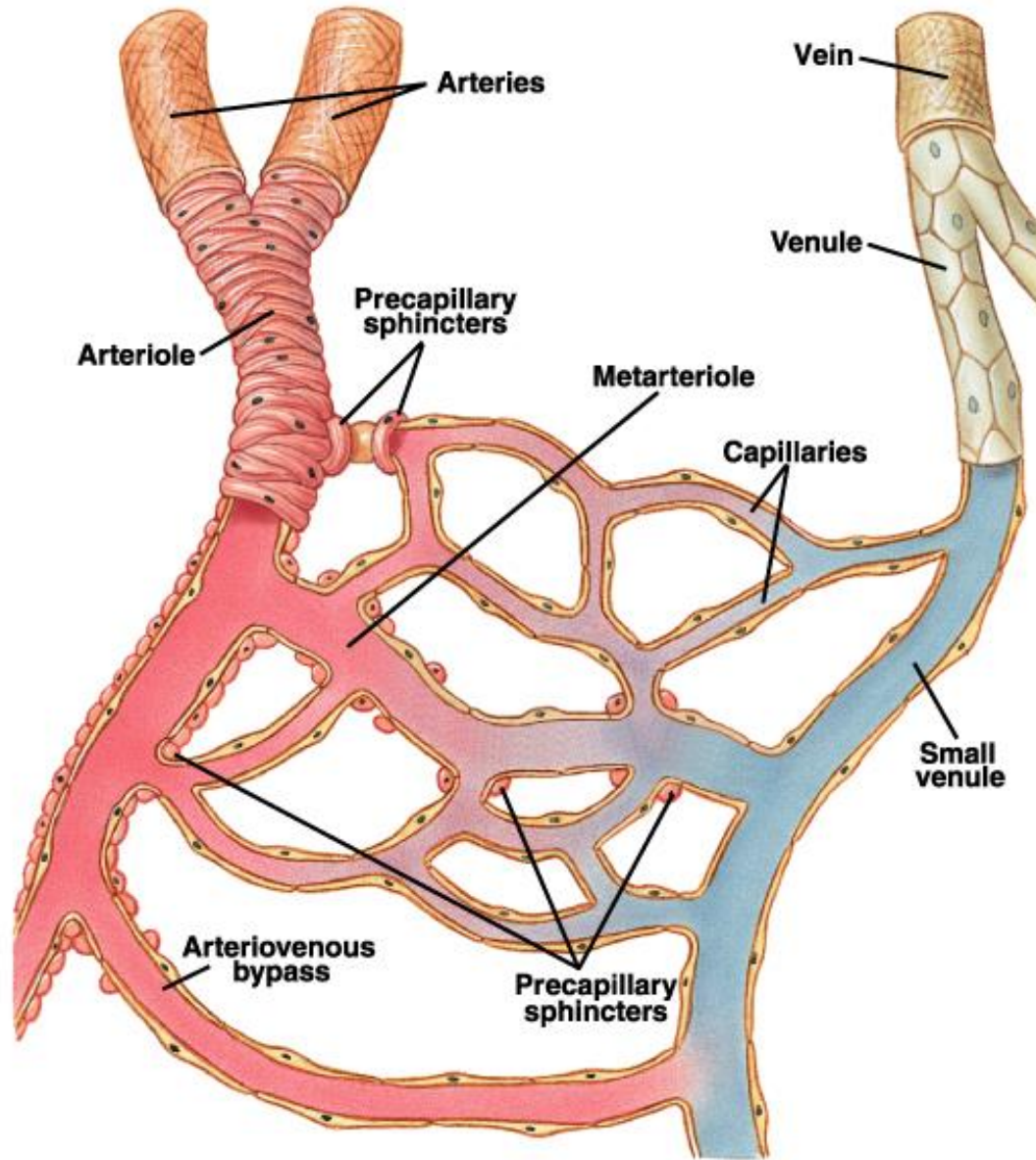


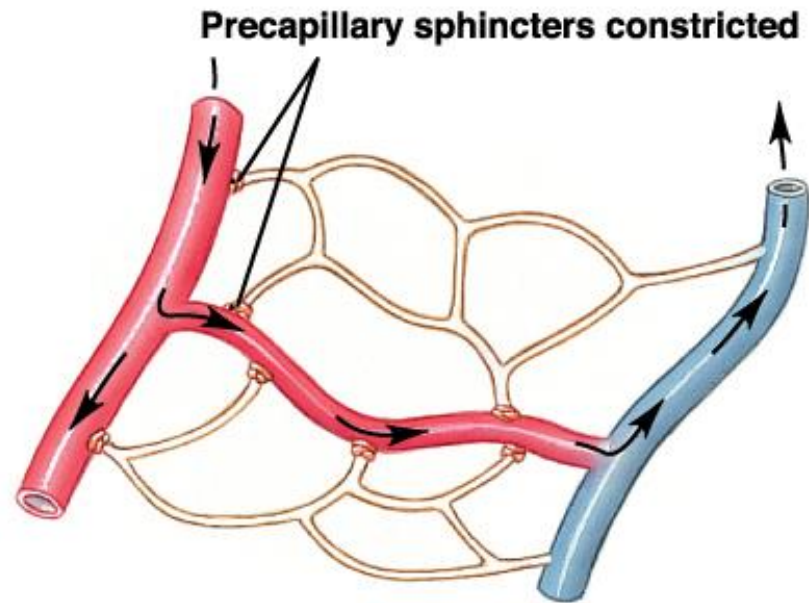
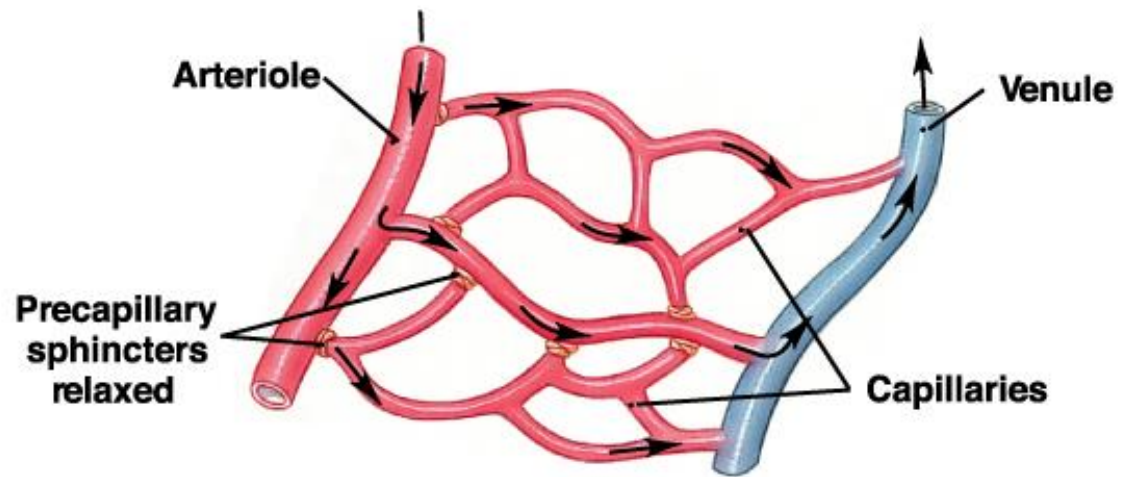
# ADAPTAÇÕES DURANTE O EXERCÍCIO

- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA
- PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**

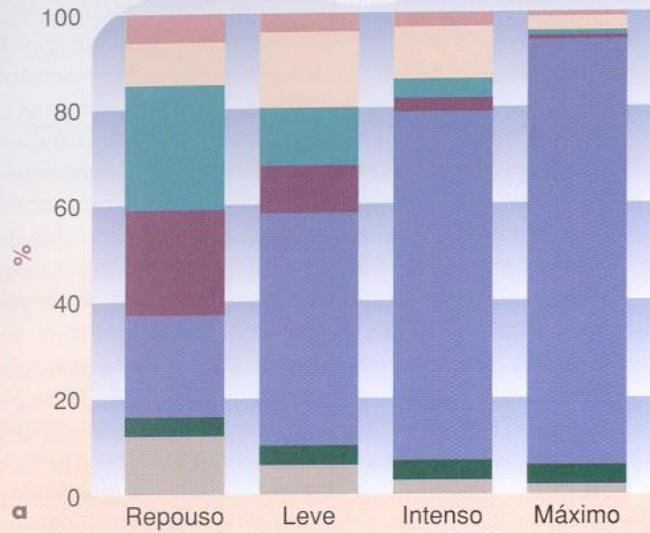
# Distribution of Blood within the Circulatory System at Rest





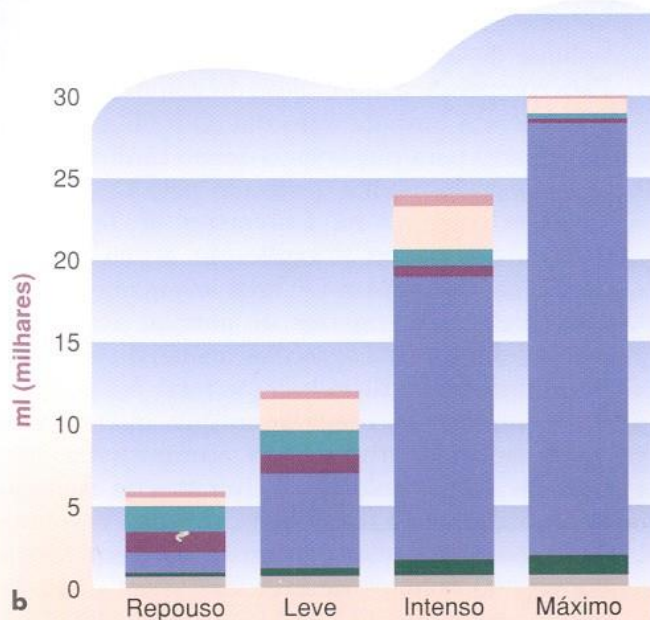






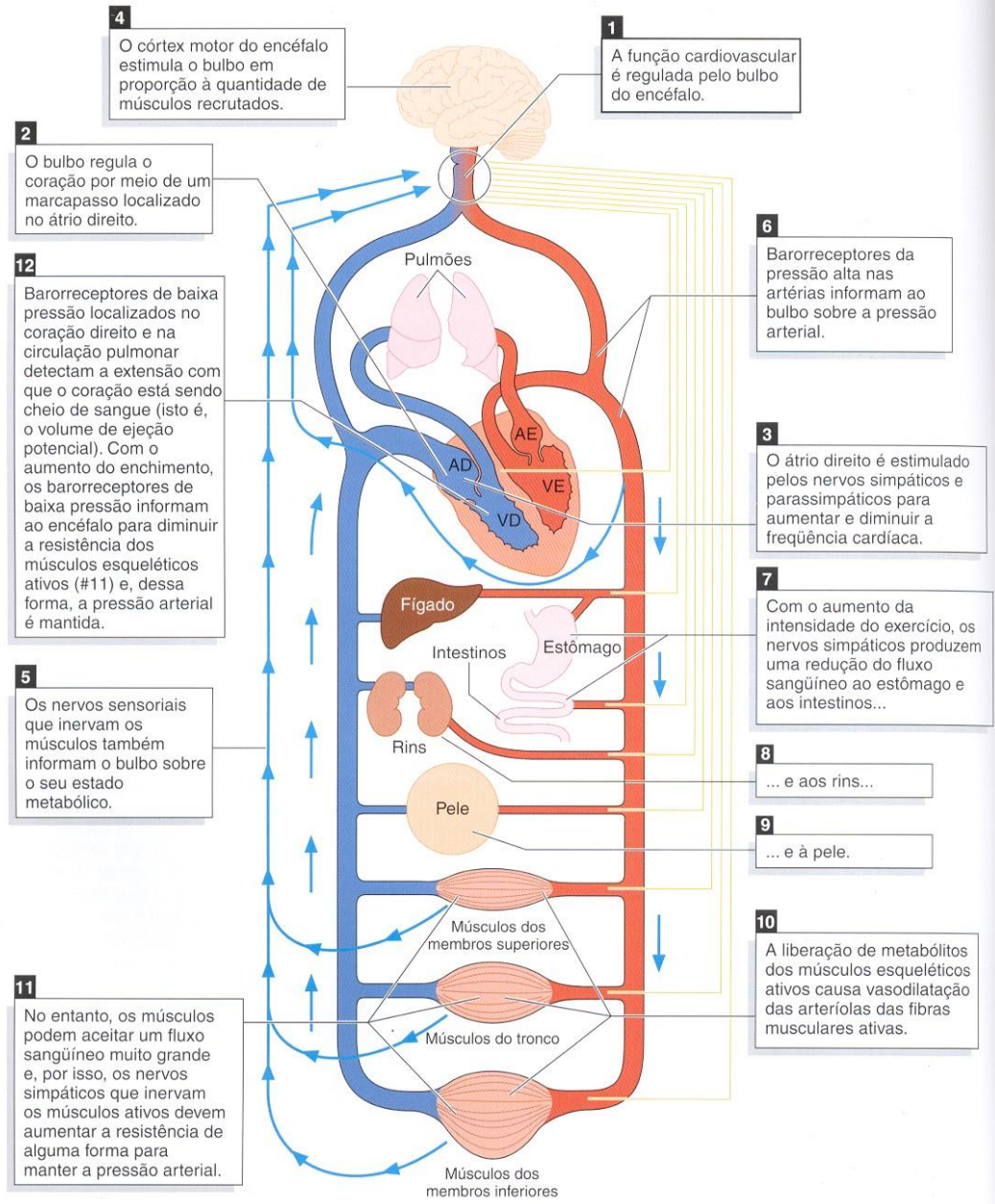
**Distribuição relativa do débito cardíaco durante o exercício**

|                    | Repouso | Leve | Intenso | Máximo |
|--------------------|---------|------|---------|--------|
| Outros             | 6       | 4    | 3       | 1      |
| Pele               | 9       | 16   | 11      | 3      |
| Hepato-esplâncnico | 26      | 12   | 4       | 1      |
| Renal              | 22      | 10   | 3       | 1      |
| Muscular           | 21      | 48   | 72      | 88     |
| Miocárdico         | 4       | 4    | 4       | 4      |
| Cerebral           | 12      | 6    | 3       | 2      |



**Distribuição absoluta do débito cardíaco durante o exercício**

|                    | Repouso | Leve | Intenso | Máximo |
|--------------------|---------|------|---------|--------|
| Outros             | 0,36    | 0,48 | 0,72    | 0,18   |
| Pele               | 0,54    | 1,9  | 2,64    | 0,9    |
| Hepato-esplâncnico | 1,56    | 1,44 | 0,96    | 0,3    |
| Renal              | 1,33    | 1,2  | 0,72    | 0,3    |
| Muscular           | 1,26    | 5,76 | 17,28   | 26,4   |
| Miocárdico         | 0,24    | 0,48 | 0,96    | 1,2    |
| Cerebral           | 0,72    | 0,72 | 0,72    | 0,72   |



**4**  
O córtex motor do encéfalo estimula o bulbo em proporção à quantidade de músculos recrutados.

**1**  
A função cardiovascular é regulada pelo bulbo do encéfalo.

**2**  
O bulbo regula o coração por meio de um marcapasso localizado no átrio direito.

**12**  
Barorreceptores de baixa pressão localizados no coração direito e na circulação pulmonar detectam a extensão com que o coração está sendo cheio de sangue (isto é, o volume de ejeção potencial). Com o aumento do enchimento, os barorreceptores de baixa pressão informam ao encéfalo para diminuir a resistência dos músculos esqueléticos ativos (#11) e, dessa forma, a pressão arterial é mantida.

**5**  
Os nervos sensoriais que inervam os músculos também informam o bulbo sobre o seu estado metabólico.

**11**  
No entanto, os músculos podem aceitar um fluxo sanguíneo muito grande e, por isso, os nervos simpáticos que inervam os músculos ativos devem aumentar a resistência de alguma forma para manter a pressão arterial.

**6**  
Barorreceptores da pressão alta nas artérias informam ao bulbo sobre a pressão arterial.

**3**  
O átrio direito é estimulado pelos nervos simpáticos e parassimpáticos para aumentar e diminuir a frequência cardíaca.

**7**  
Com o aumento da intensidade do exercício, os nervos simpáticos produzem uma redução do fluxo sanguíneo ao estômago e aos intestinos...

**8**  
... e aos rins...

**9**  
... e à pele.

**10**  
A liberação de metabólitos dos músculos esqueléticos ativos causa vasodilatação das arteríolas das fibras musculares ativas.

Músculos dos membros inferiores



**BOM FINAL DE SEMANA!**

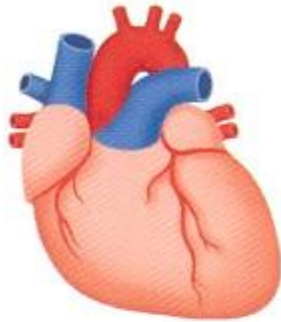
# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

- CORAÇÃO
- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA
- CAPILARIZAÇÃO

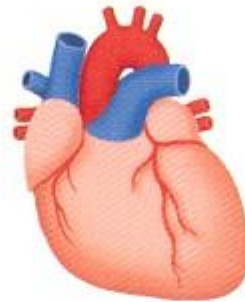
# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO AERÓBIO

- CORAÇÃO**
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**
- CAPILARIZAÇÃO**

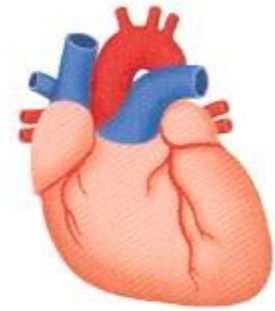
Corte transverso do ventrículo esquerdo (no nível da válvula mitral)



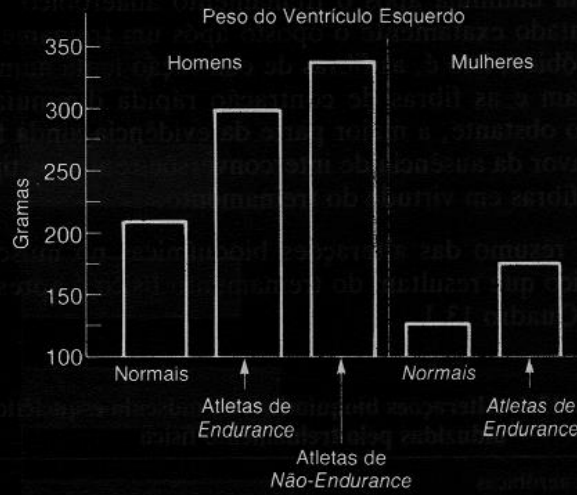
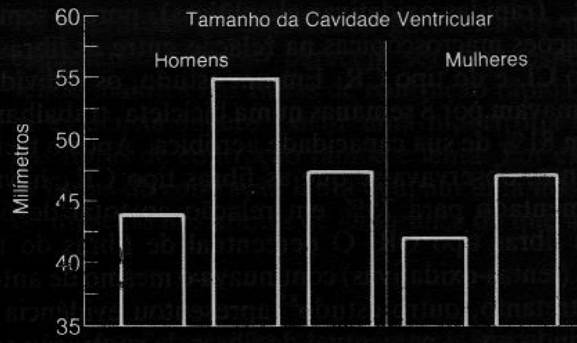
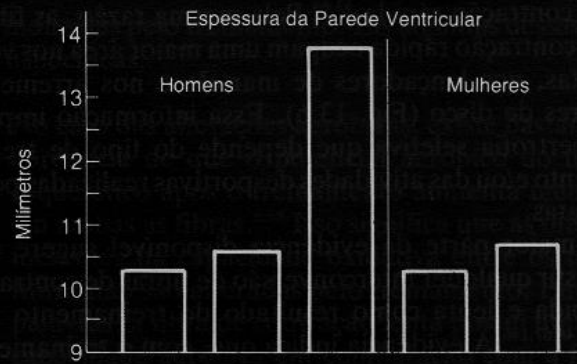
Atleta treinado em *endurance*

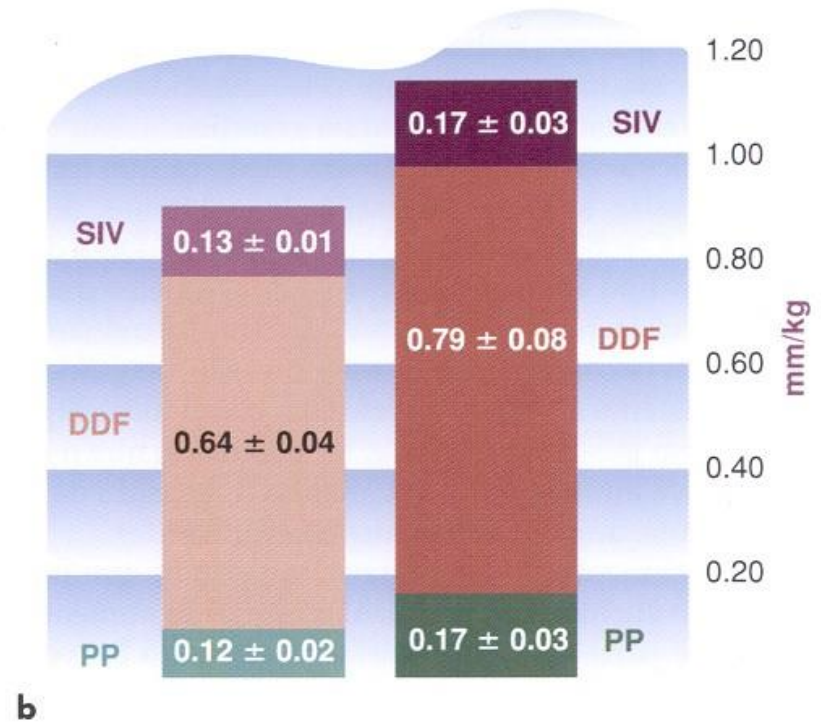
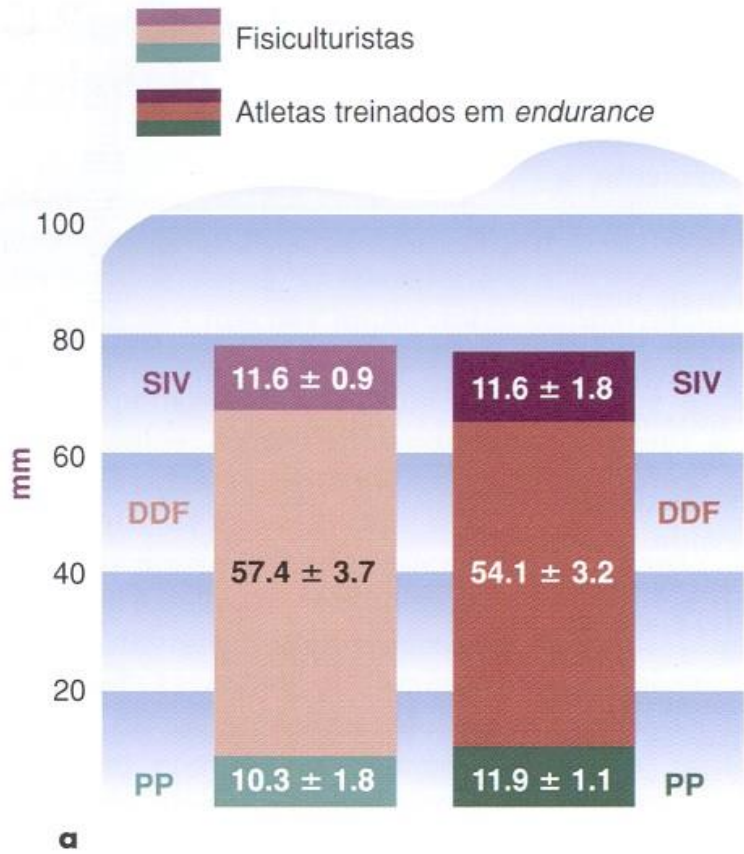


Pessoa sedentária que não apresenta doença cardíaca

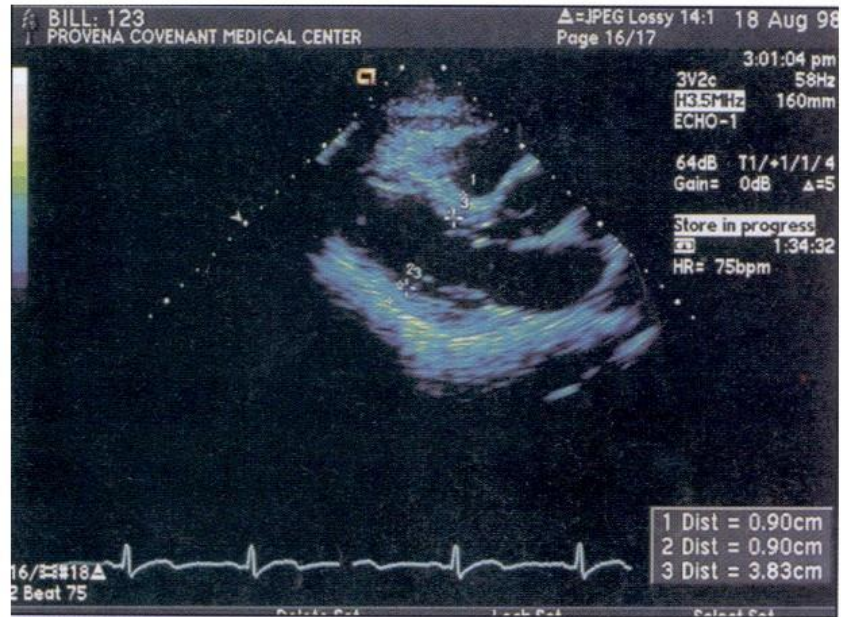
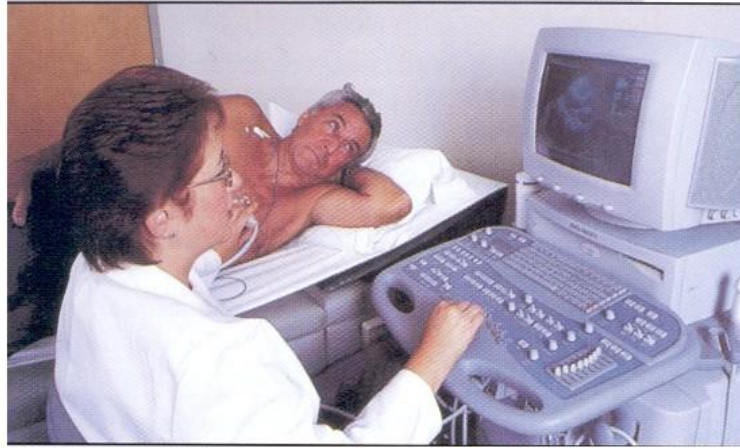


Atleta treinado em força



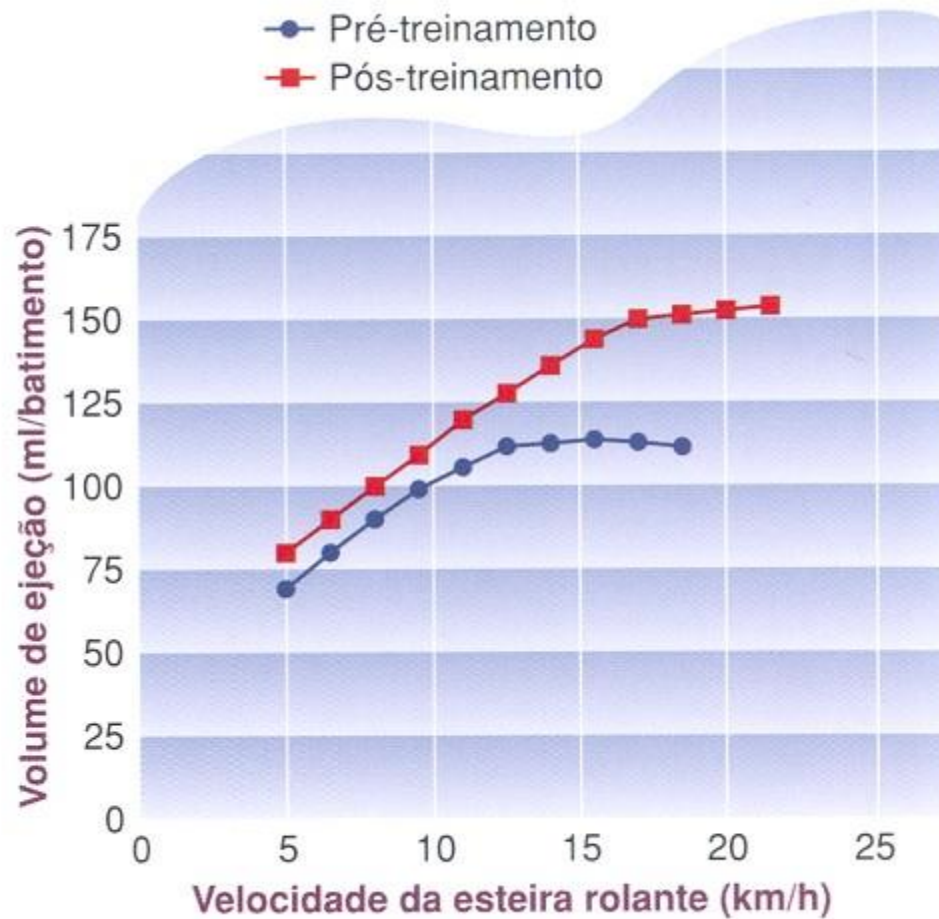




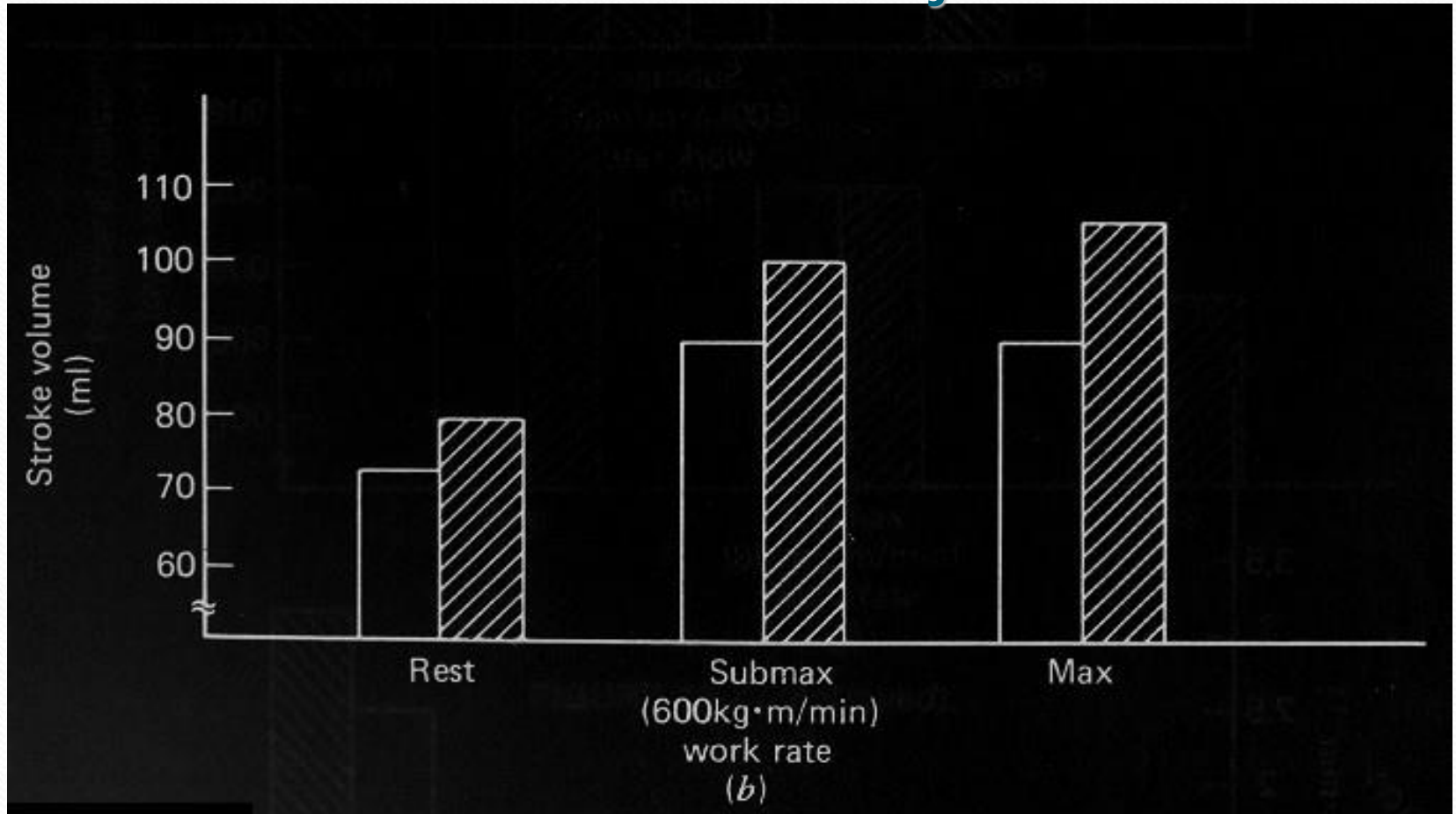


# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

- CORAÇÃO**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**
- CAPILARIZAÇÃO**

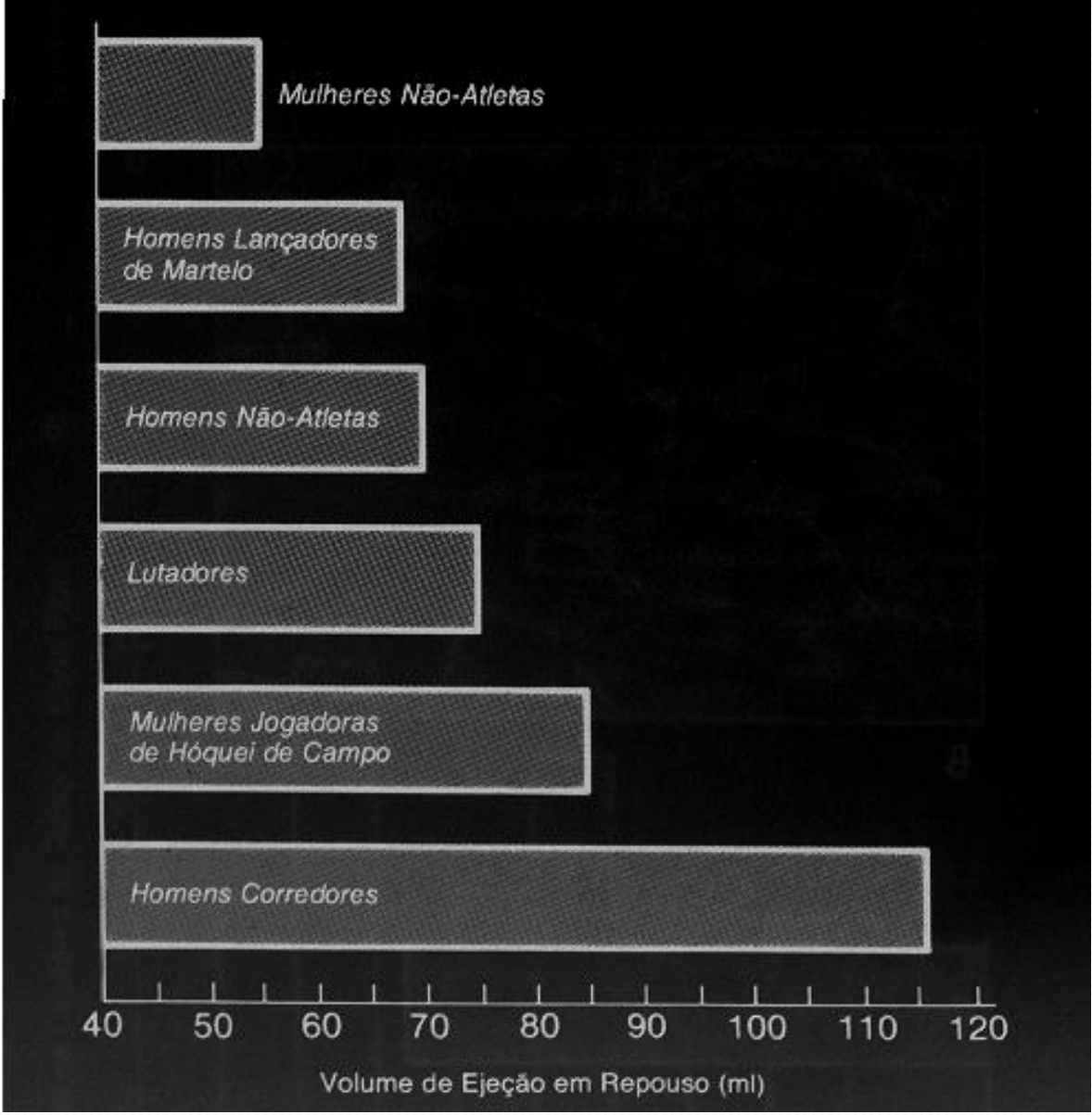


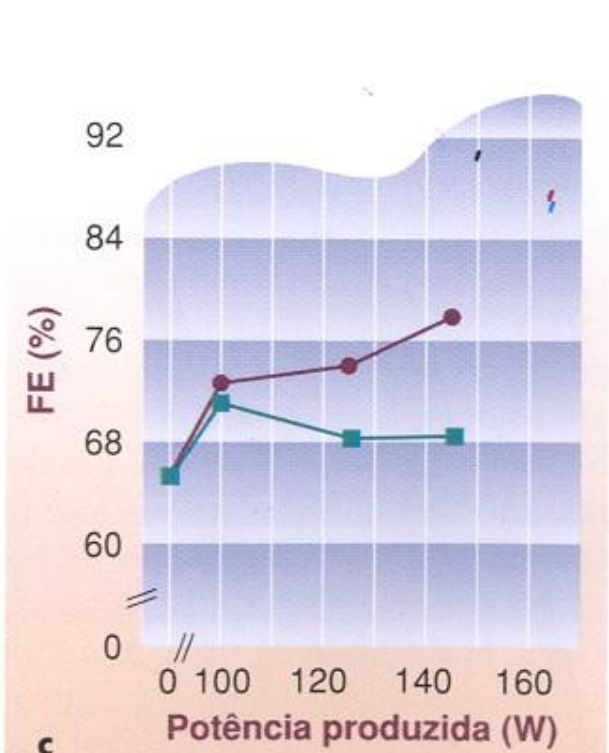
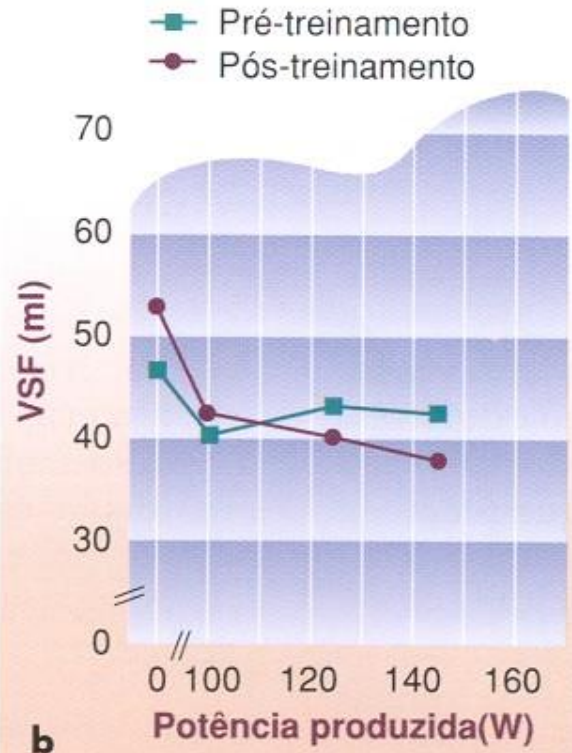
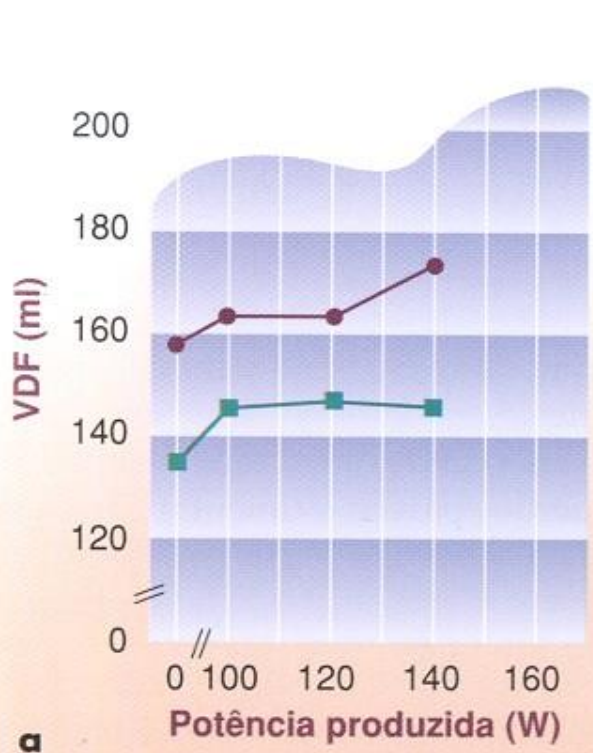
# VOLUME DE EJEÇÃO



## Volumes de Ejeção Típicos de Diferentes Estados de Treinamento

| <b>Indivíduos</b>   | <b>VE em repouso (ml)</b> | <b>VE máximo (ml)</b> |
|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| Não-treinados       | 55–75                     | 80–110                |
| Treinados           | 80–90                     | 130–150               |
| Altamente treinados | 100–120                   | 160–>220              |

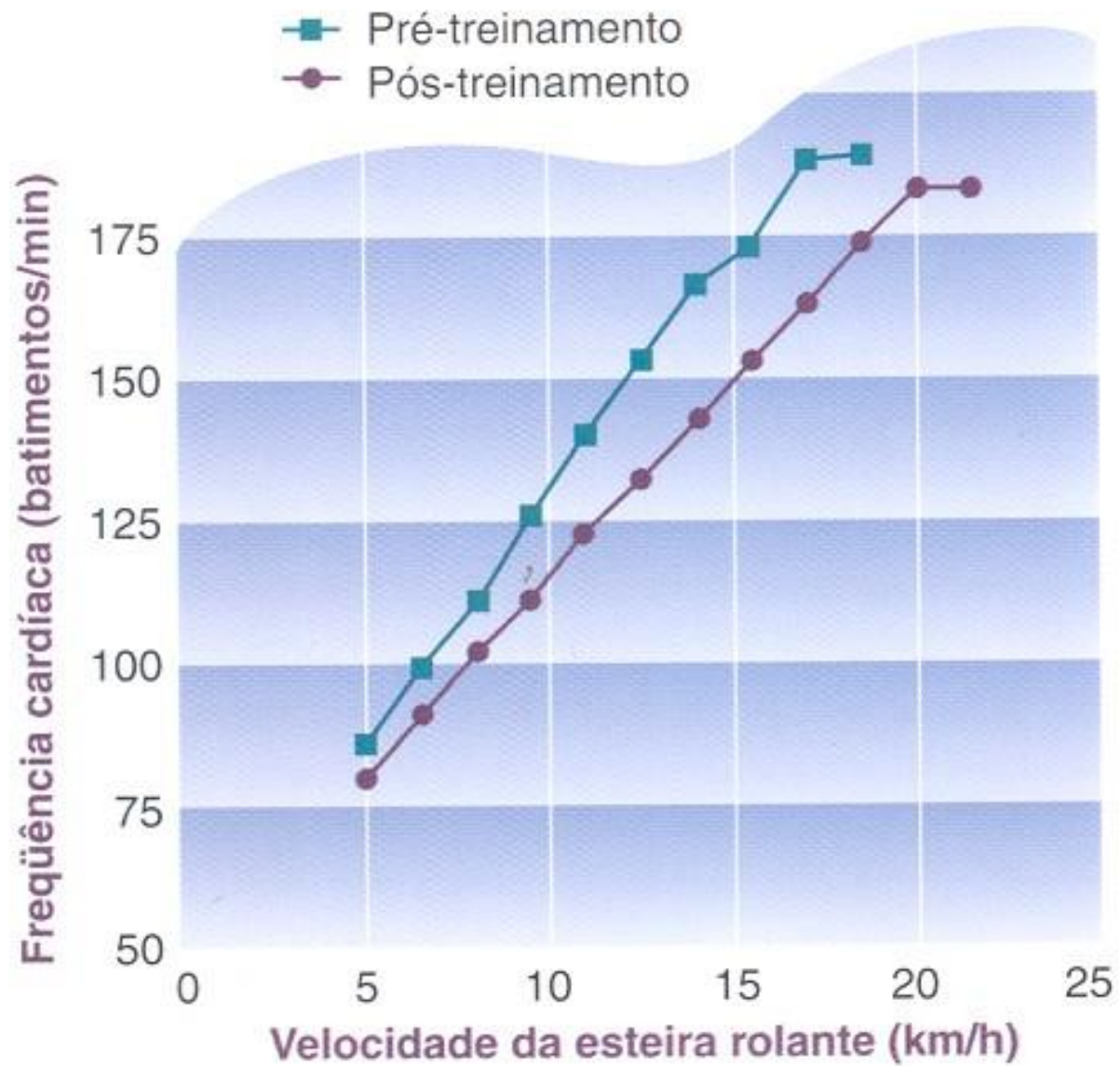




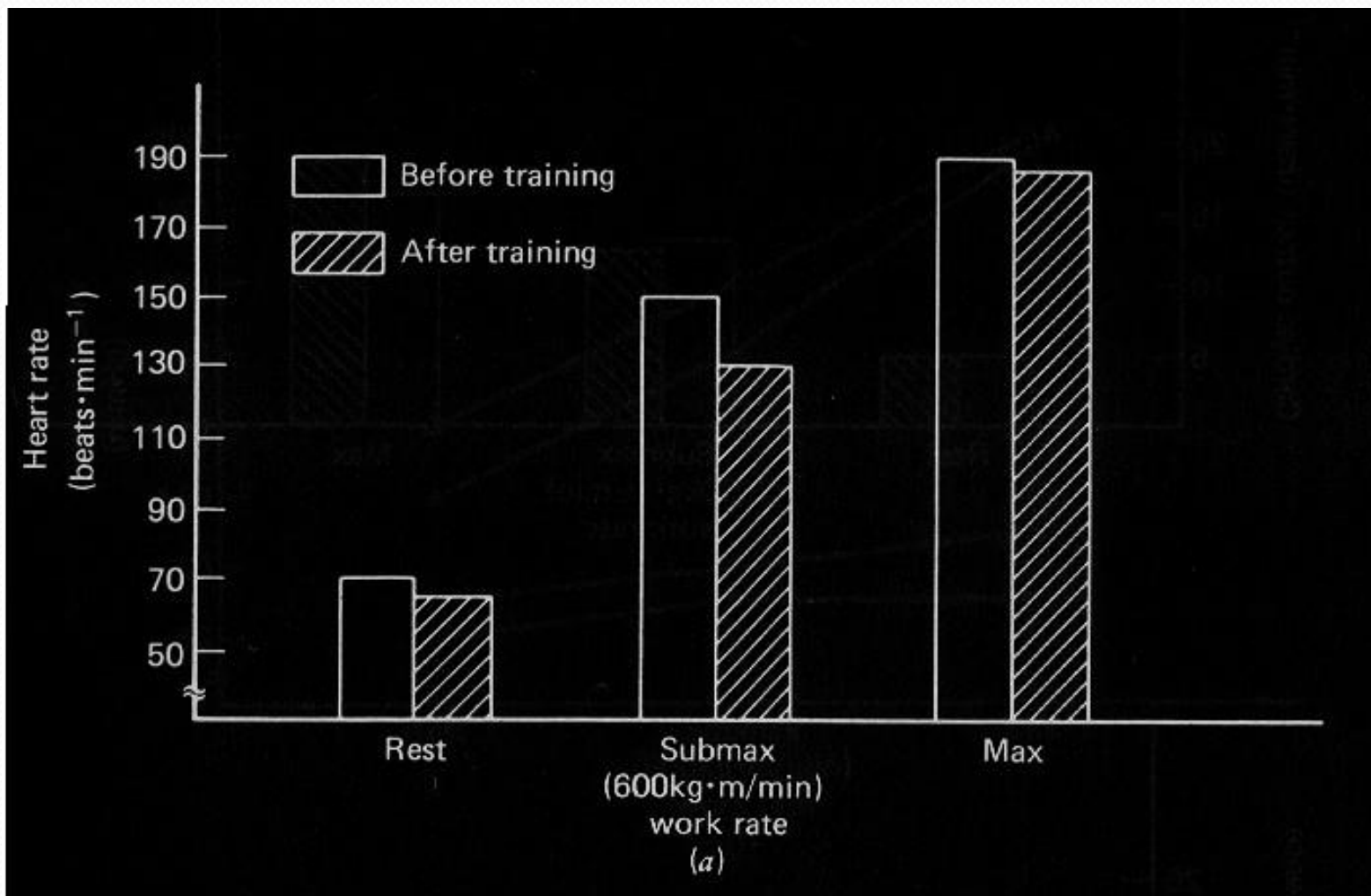
# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

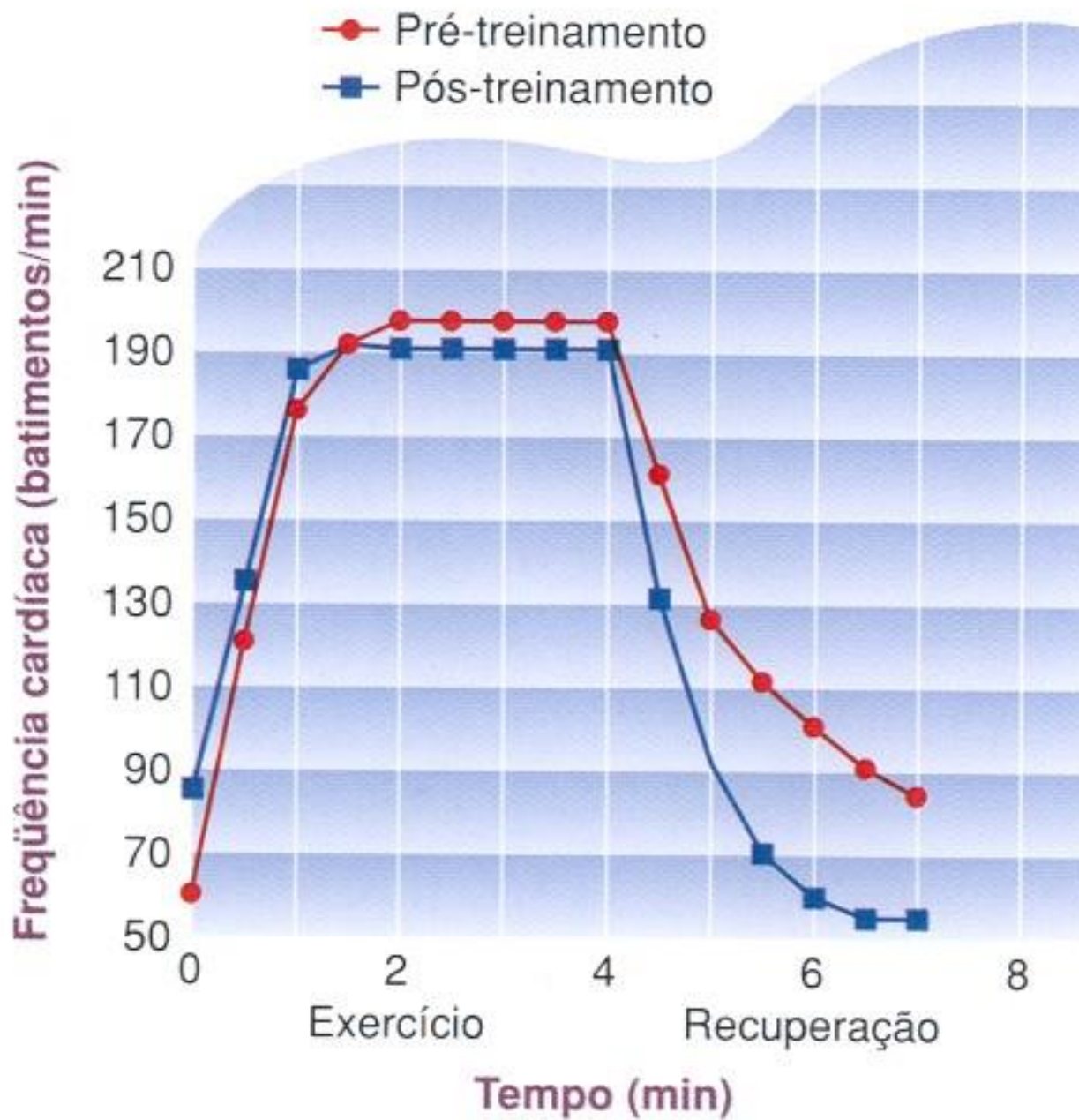
- CORAÇÃO
- VOLUME DE EJEÇÃO
- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA
- CAPILARIZAÇÃO

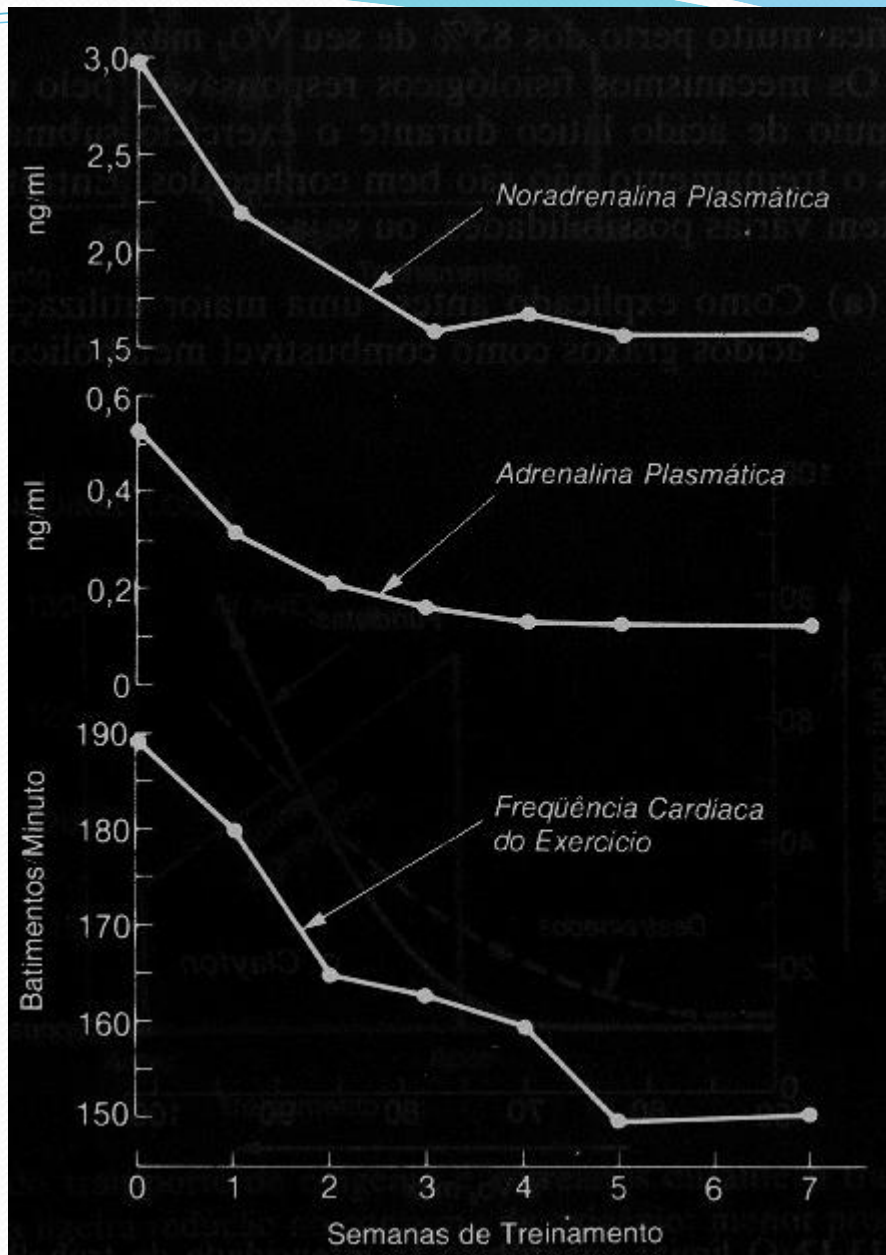


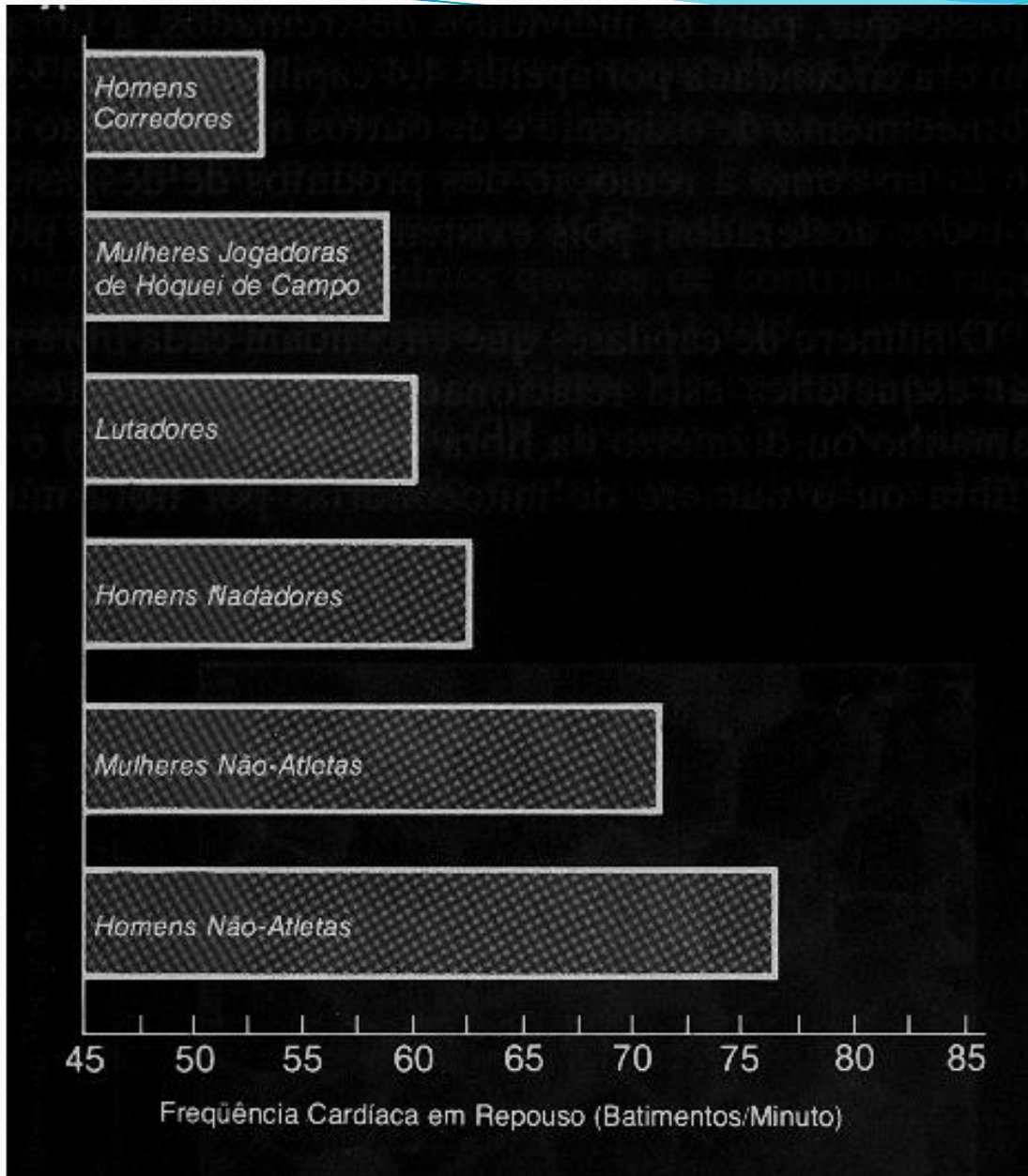


# FREQUÊNCIA CARDÍACA



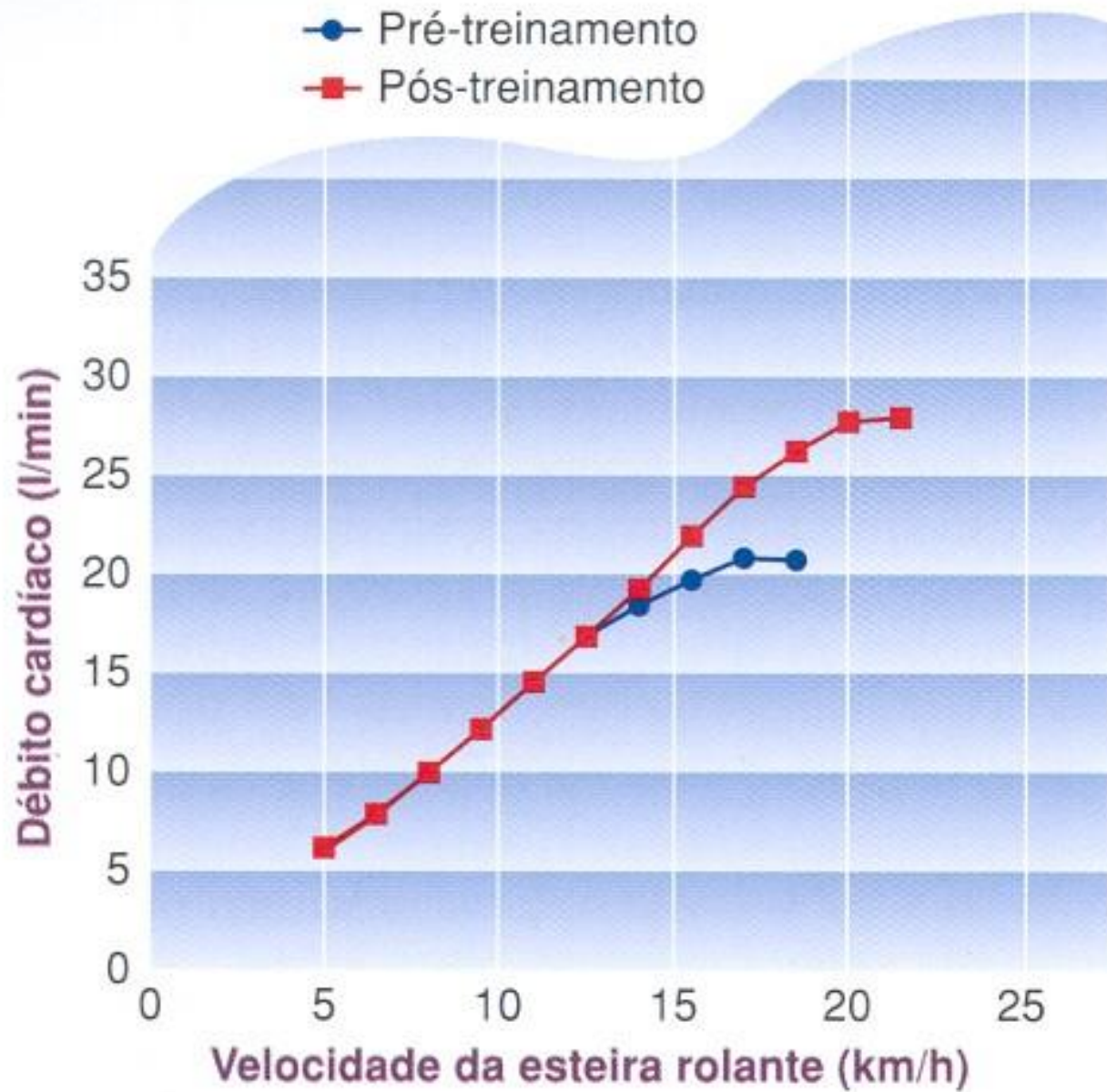




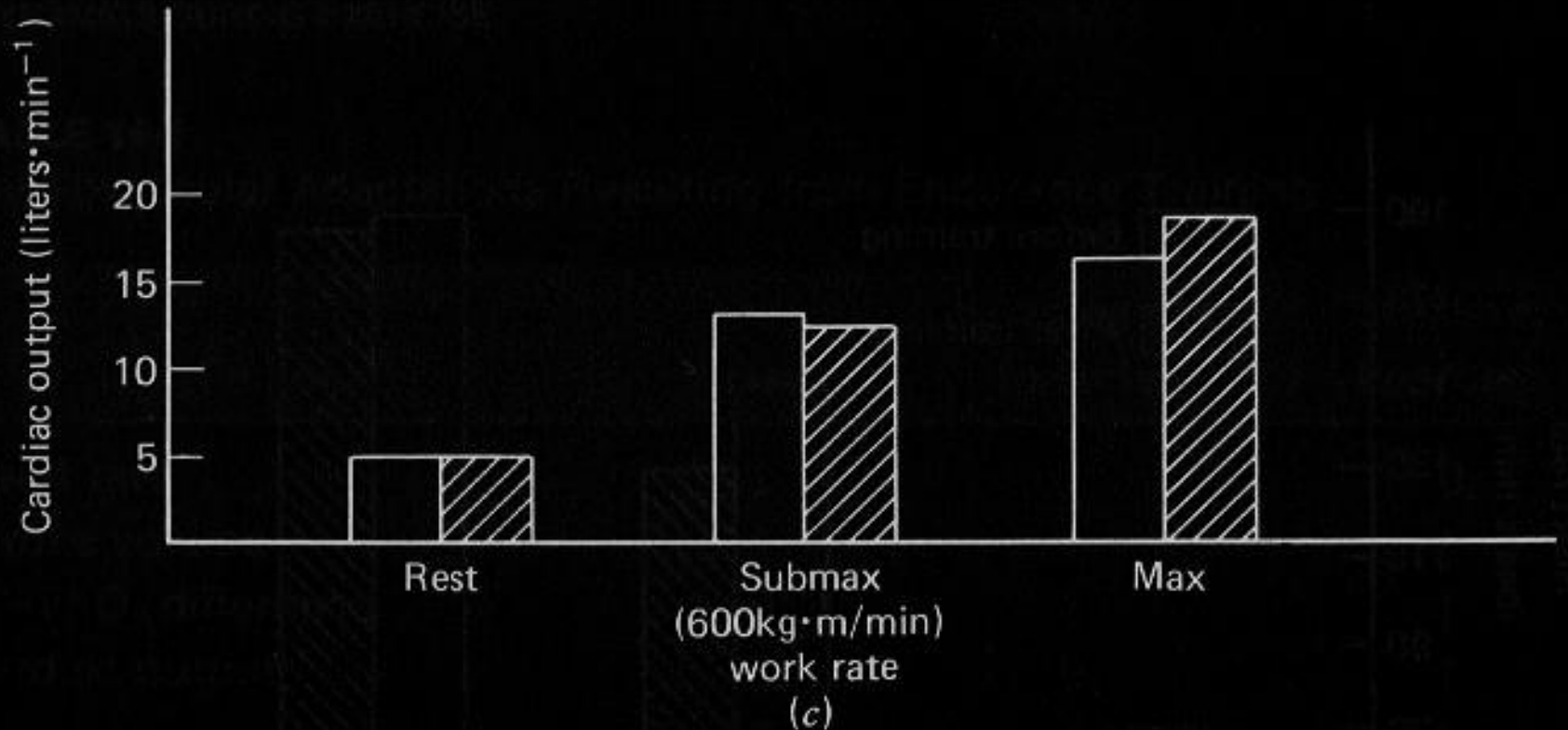


# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

- CORAÇÃO**
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**
- CAPILARIZAÇÃO**



# DÉBITO CARDÍACO

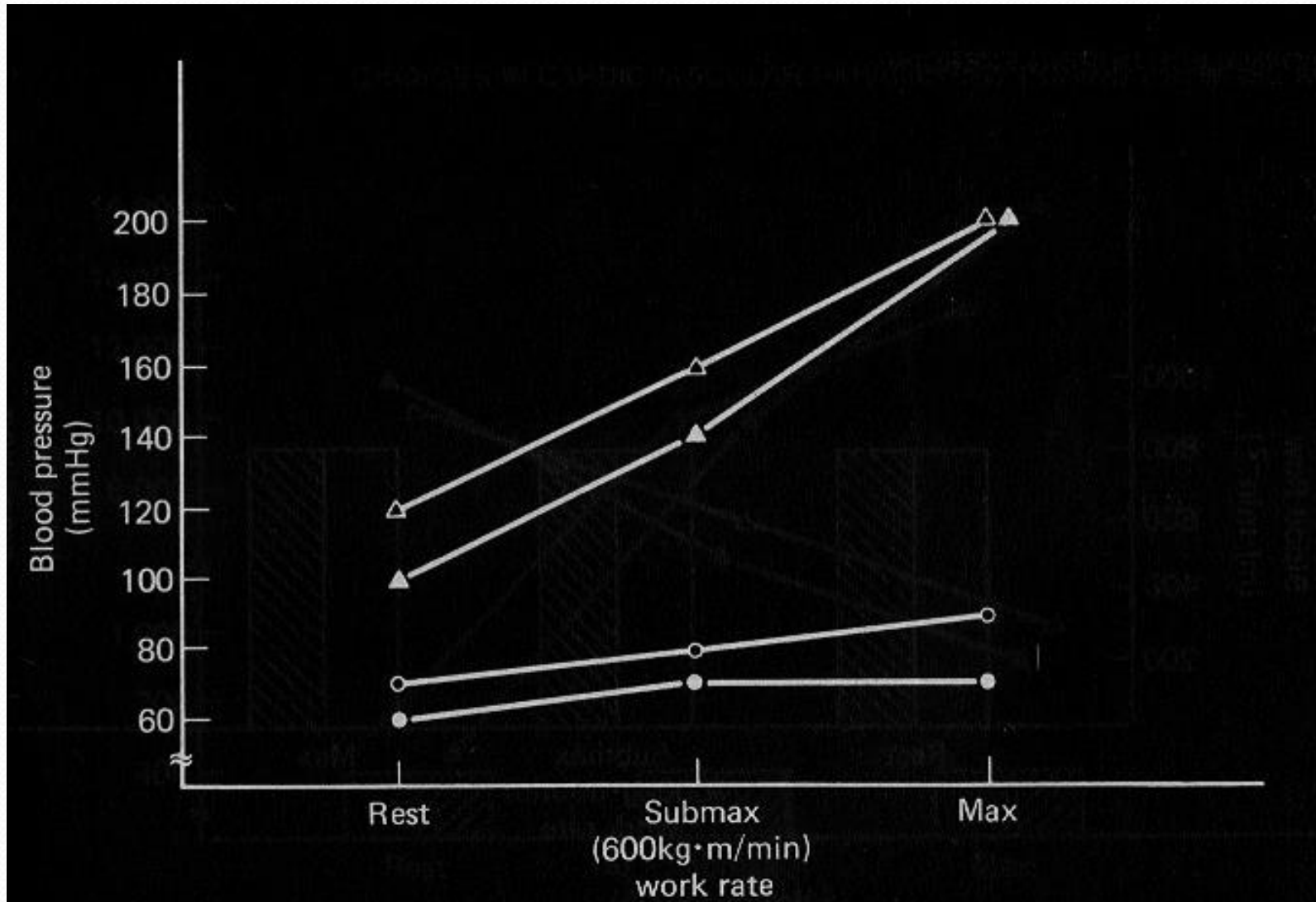




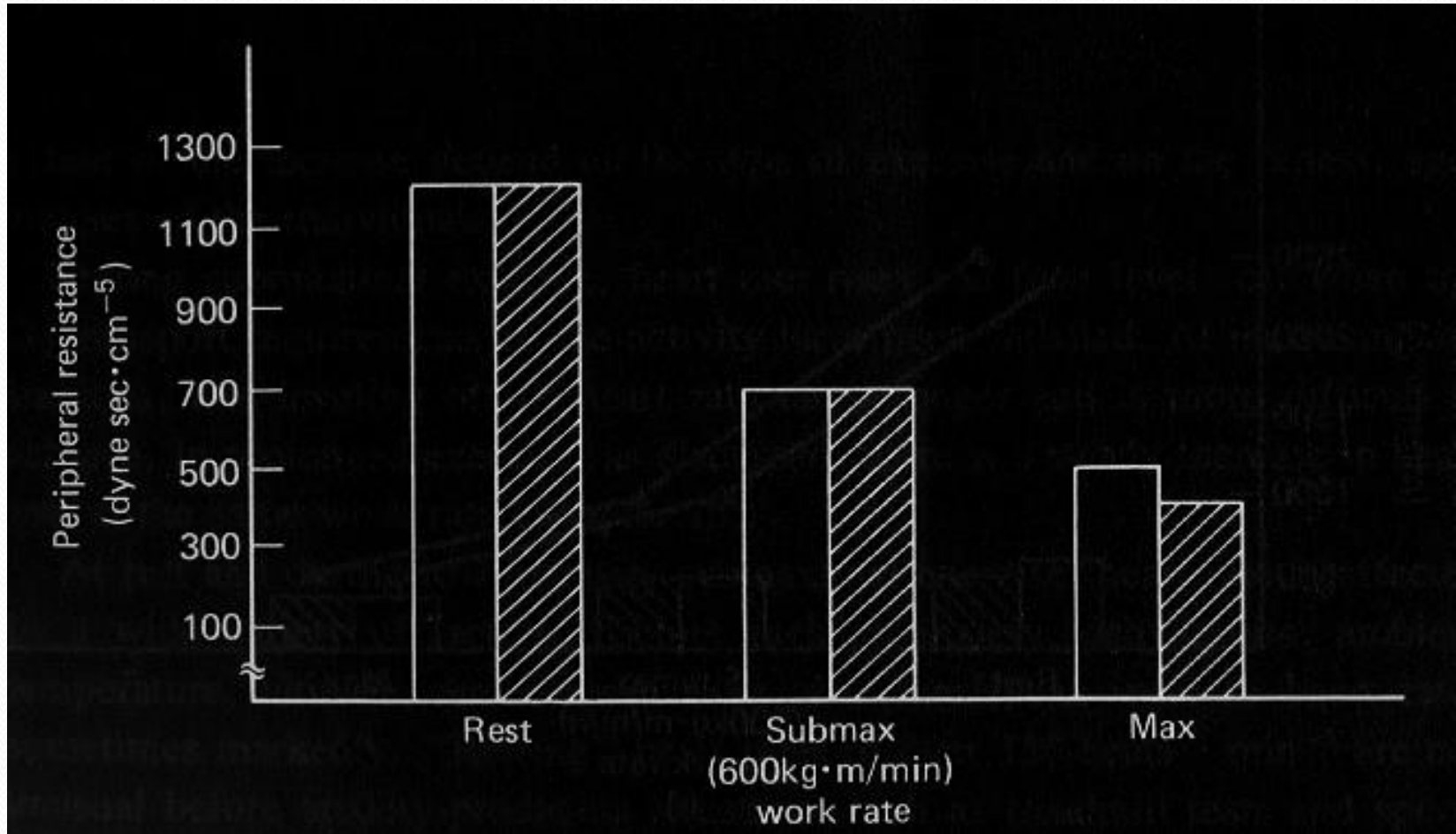
# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

- CORAÇÃO**
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**
- CAPILARIZAÇÃO**

# PRESSÃO ARTERIAL



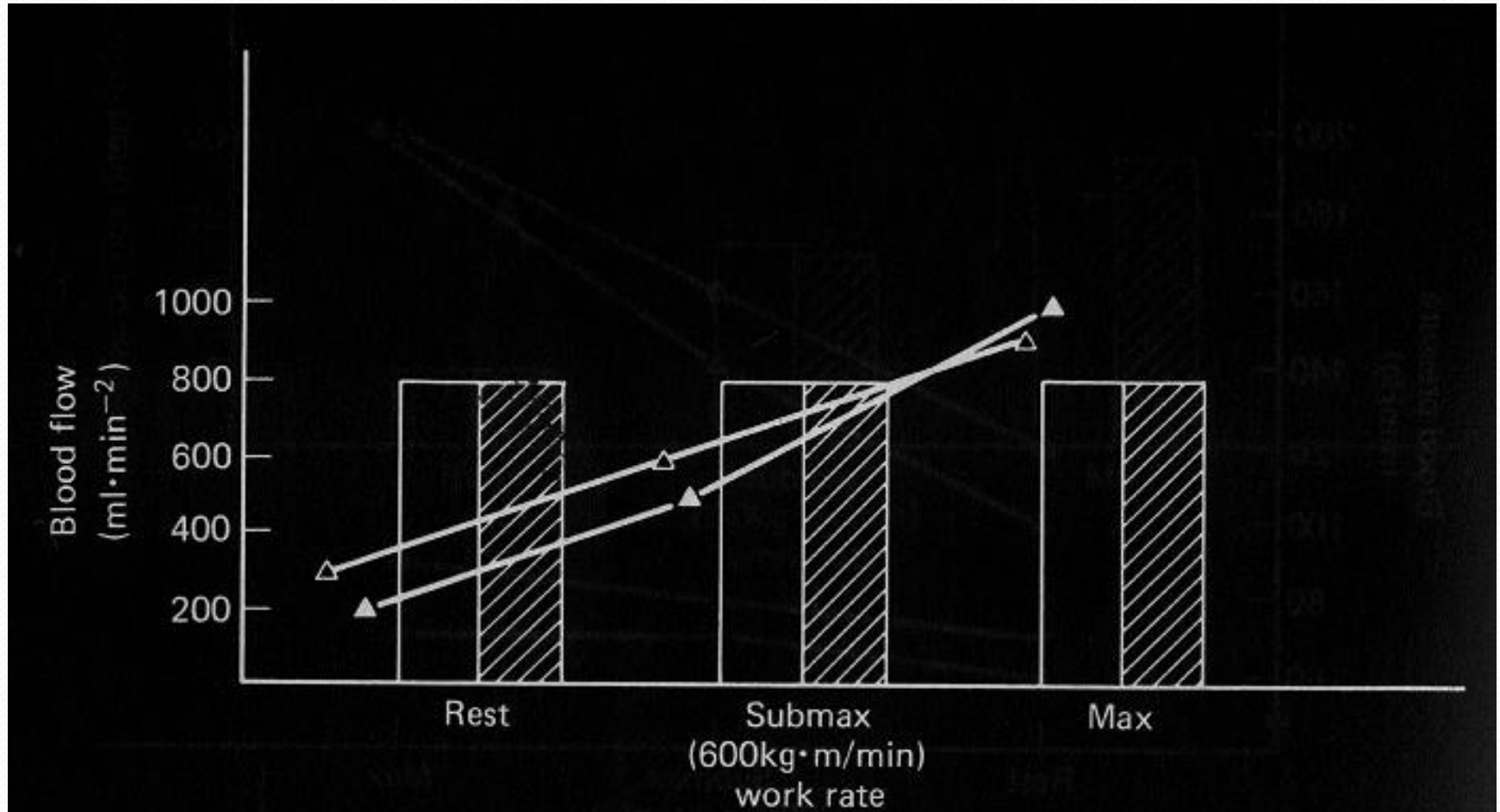
# RESISTÊNCIA PERIFÉRICA



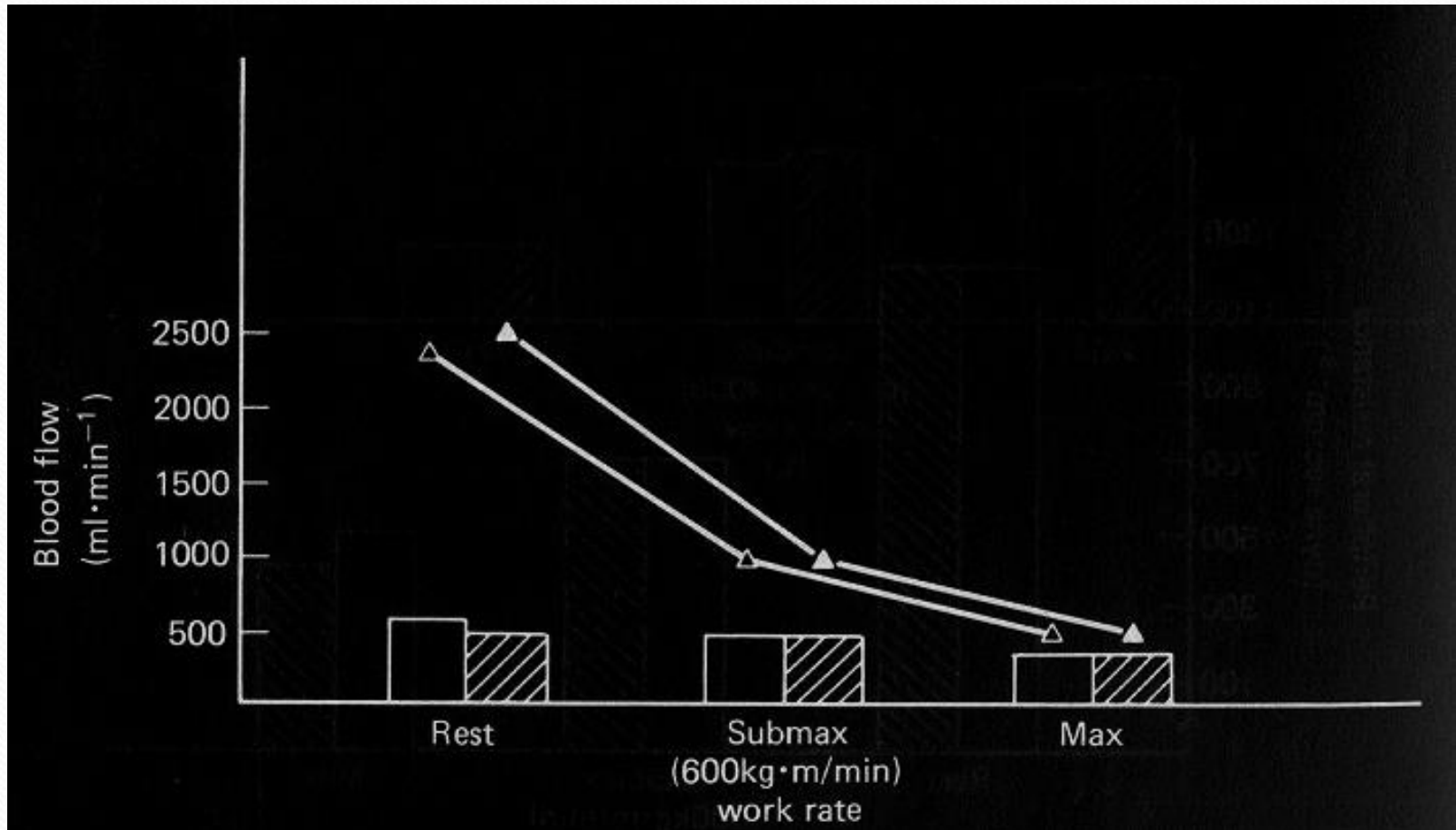
# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

- CORAÇÃO
- FREQUÊNCIA CARDÍACA
- VOLUME DE EJEÇÃO
- DÉBITO CARDÍACO
- PRESSÃO ARTERIAL
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA
- CAPILARIZAÇÃO

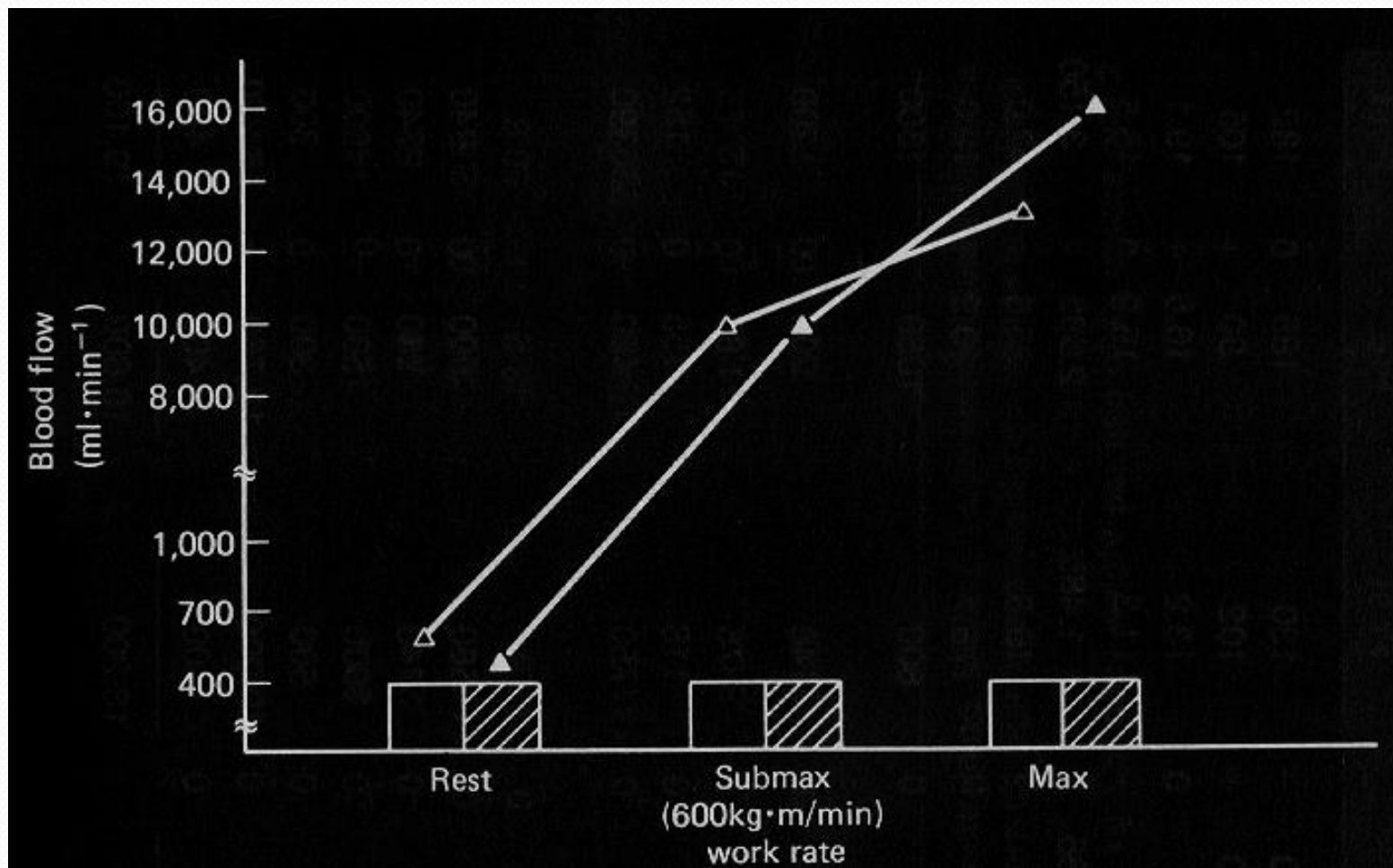
# FLUXO CEREBRAL E CORONARIANO

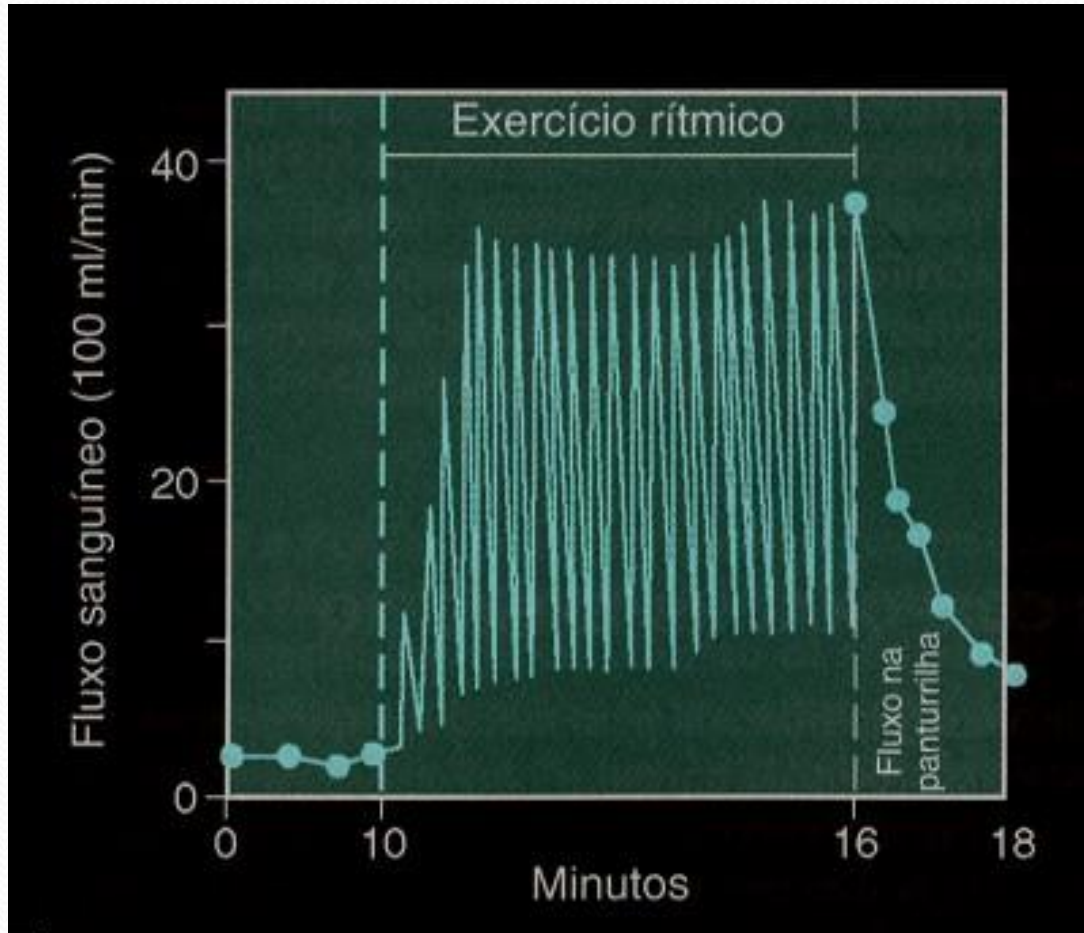


# FLUXO EM MÚSCULOS INATIVOS E VISCERAL



# FLUXO NA PELE E EM MÚSCULOS ATIVOS







# ADAPTAÇÕES INDUZIDAS PELO EXERCÍCIO

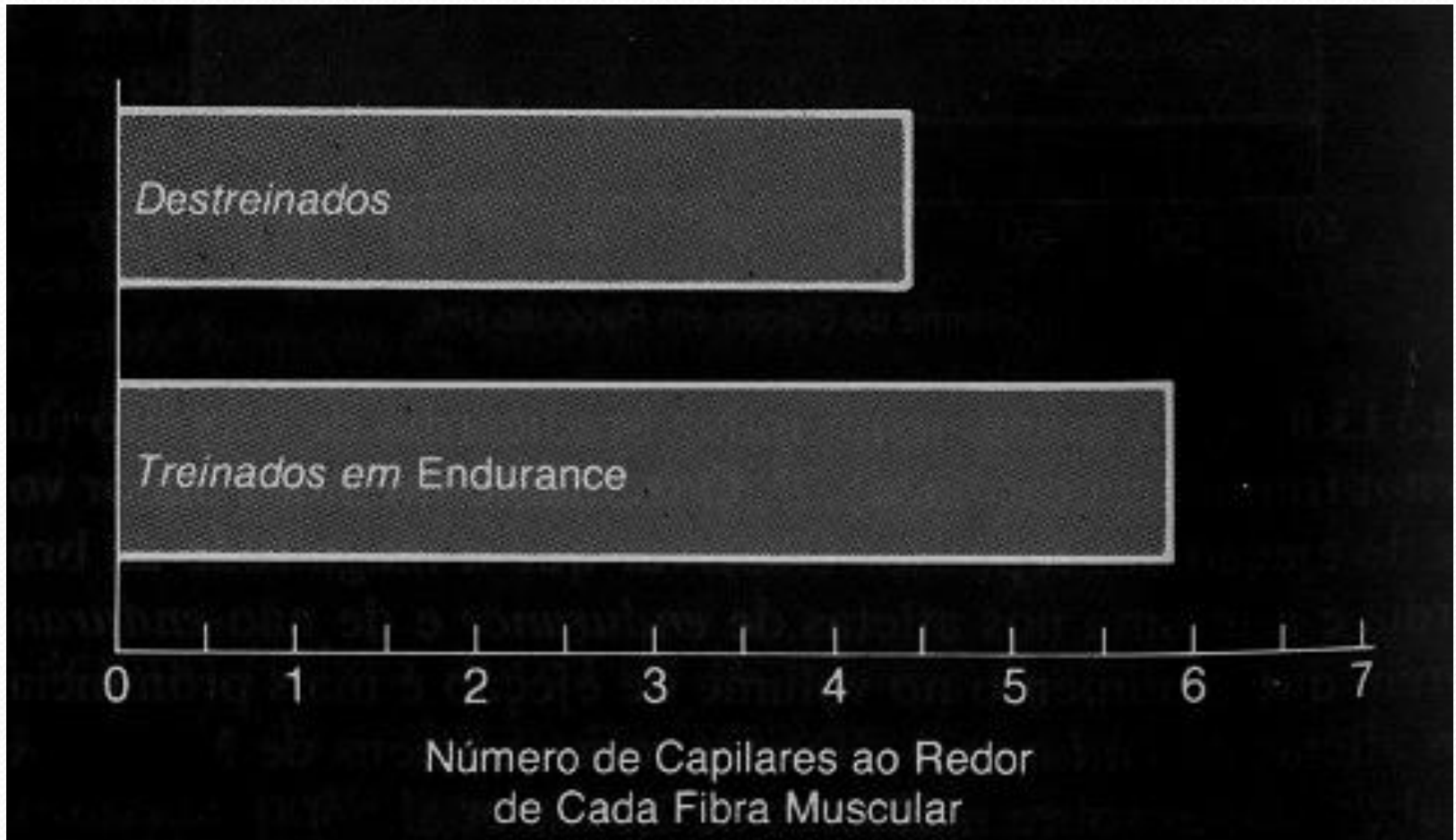
- CORAÇÃO**
- FREQUÊNCIA CARDÍACA**
- VOLUME DE EJEÇÃO**
- DÉBITO CARDÍACO**
- PRESSÃO ARTERIAL**
- DISTRIBUIÇÃO SANGUÍNEA**
- CAPILARIZAÇÃO**

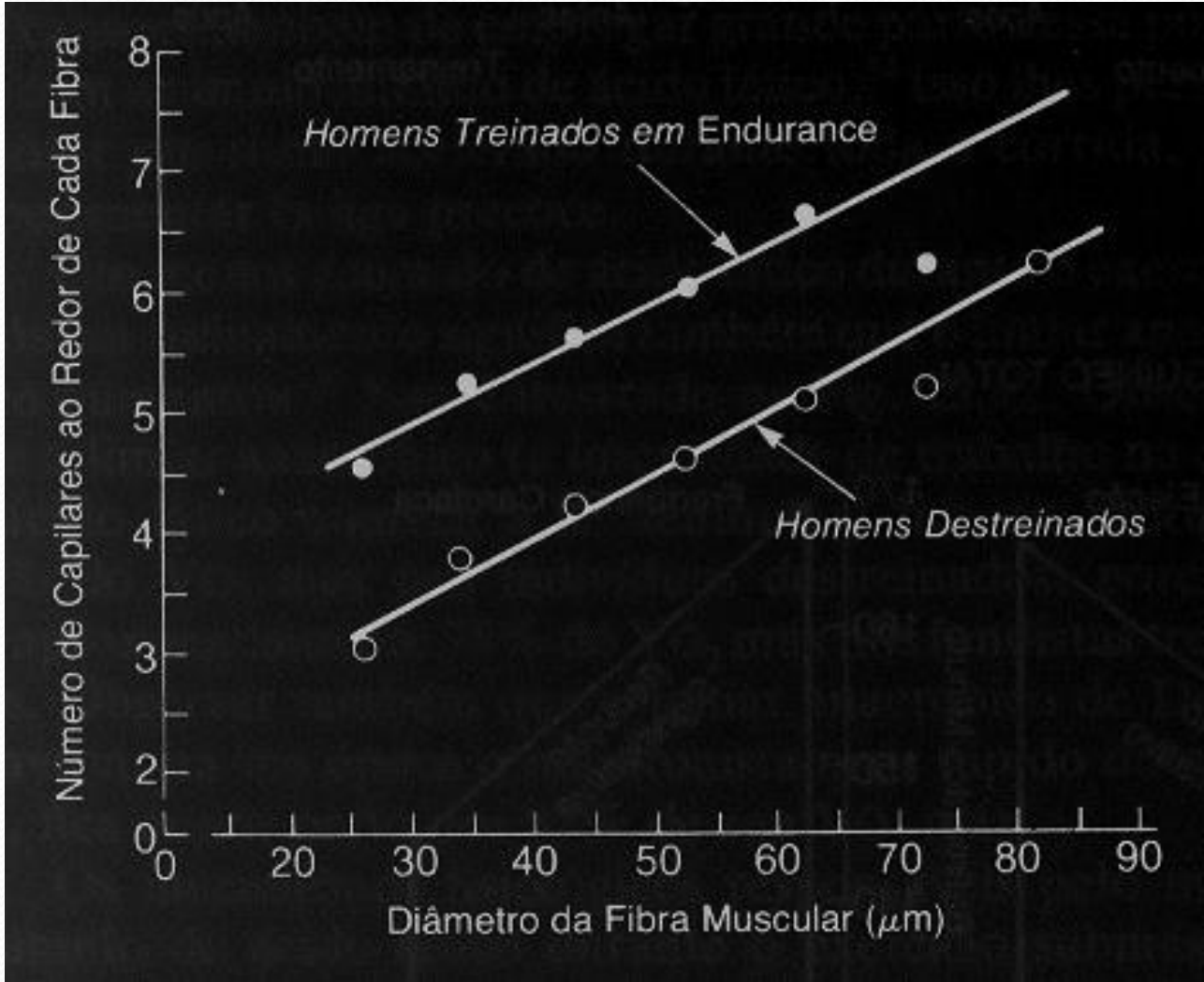
*Destreinados*

*Treinados em Endurance*

0 1 2 3 4 5 6 7

Número de Capilares ao Redor  
de Cada Fibra Muscular





## Capilares e Fibras Musculares por mm<sup>2</sup>, Relação Capilar-Fibra e Distância de Difusão nos Homens Bem Treinados e Não-Treinados

| Grupos               | Capilares por mm <sup>2</sup> | Fibras musculares por mm <sup>2</sup> | Relação capilar-fibra | Distância de difusão <sup>a</sup> |
|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| <b>Bem Treinados</b> |                               |                                       |                       |                                   |
| Pré-exercício        | 640                           | 440                                   | 1,5                   | 20,1                              |
| Pós-exercício        | 611                           | 414                                   | 1,6                   | 20,3                              |
| <b>Não-Treinados</b> |                               |                                       |                       |                                   |
| Pré-exercício        | 600                           | 557                                   | 1,1                   | 20,3                              |
| Pós-exercício        | 599                           | 576                                   | 1,0                   | 20,5                              |

*Nota.* Essa tabela ilustra o maior tamanho das fibras musculares em homens bem treinados pelo fato de eles apresentarem uma menor quantidade de fibras numa determinada área (fibras por mm<sup>2</sup>). Eles também apresentam uma relação capilar-fibra 50% maior do que os homens não-treinados.

<sup>a</sup>A distância de difusão é expressa como a média da meia-distância entre os capilares num corte transversal, expressa em mm.

Adaptado de Hermansen e Wachtlova (1971).



**FIM**