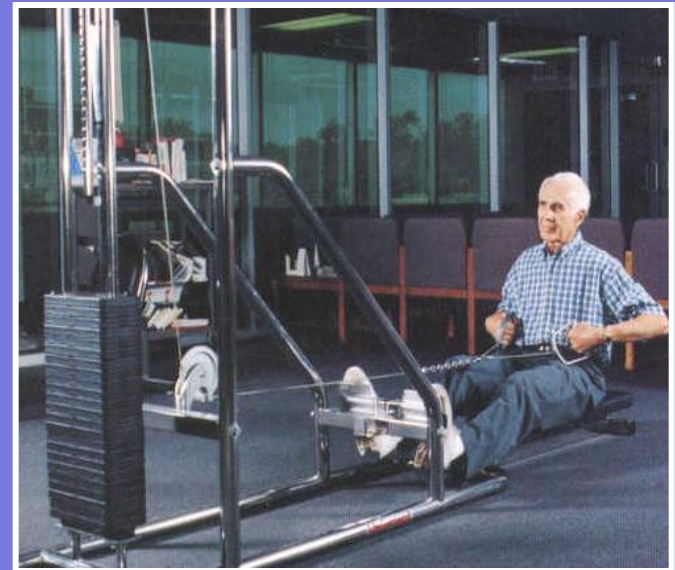


**Escola de Educação Física e Esporte
Universidade de São Paulo**

Bioquímica da Atividade Motora

**Medida do metabolismo
durante o exercício físico**

**Prof. Dr. Paulo Ramires
2011**



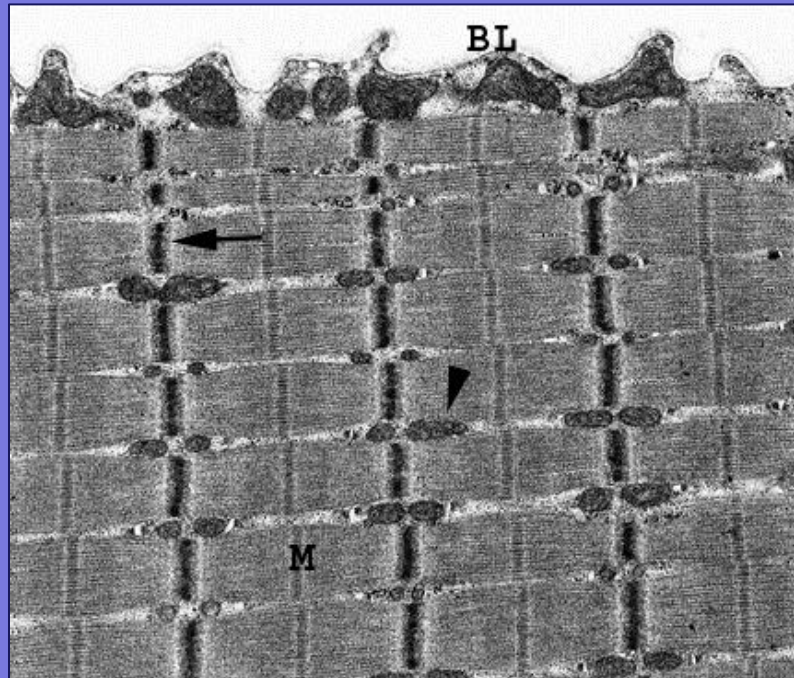
Objetivo da aula

Analisar o metabolismo energético muscular durante o exercício físico

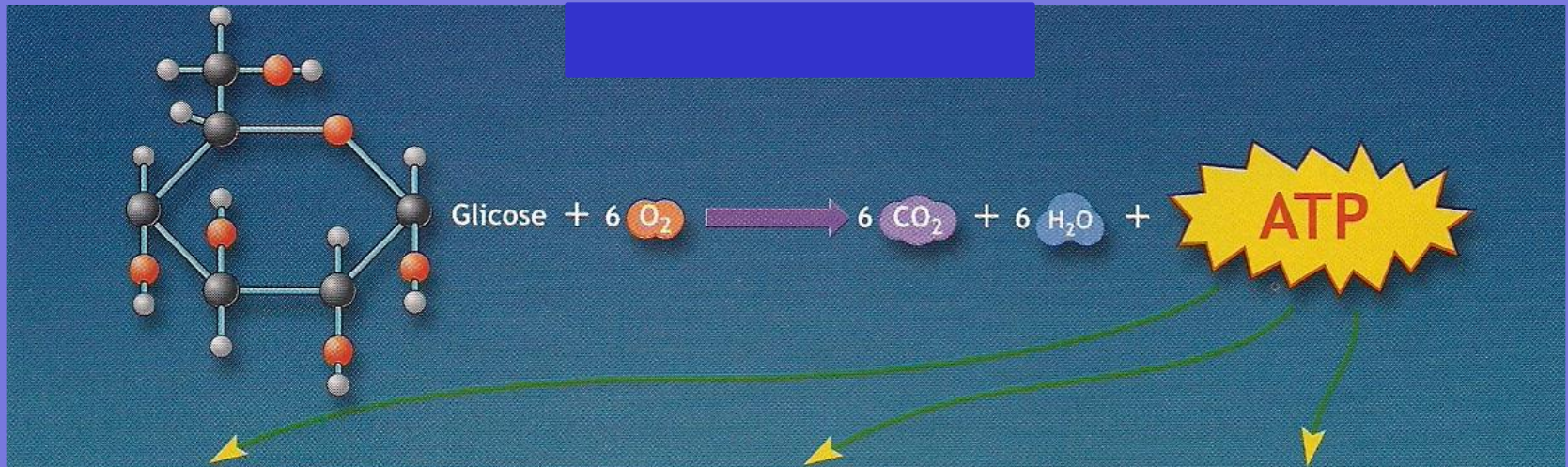
- “Gasto” energético (ATP)
- Vias metabólicas fornecedoras de ATP
- Medida do gasto energético no exercício
- VO_2 max e % VO_2 max

Trabalho celular

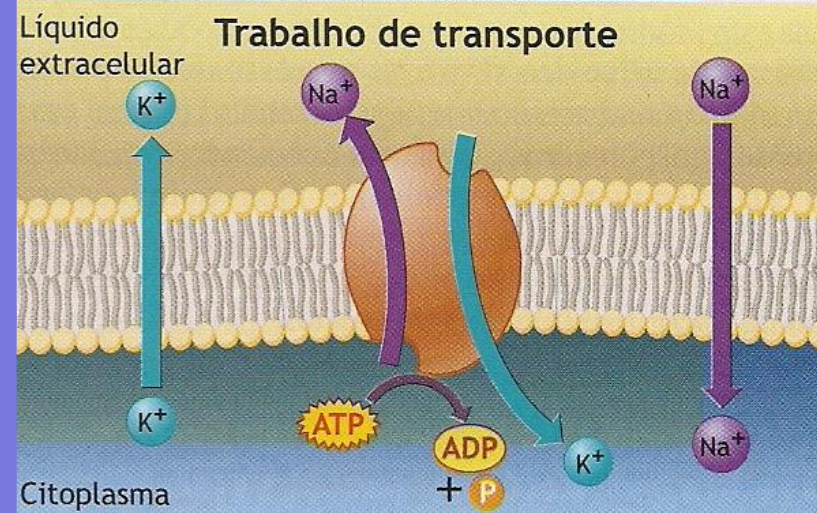
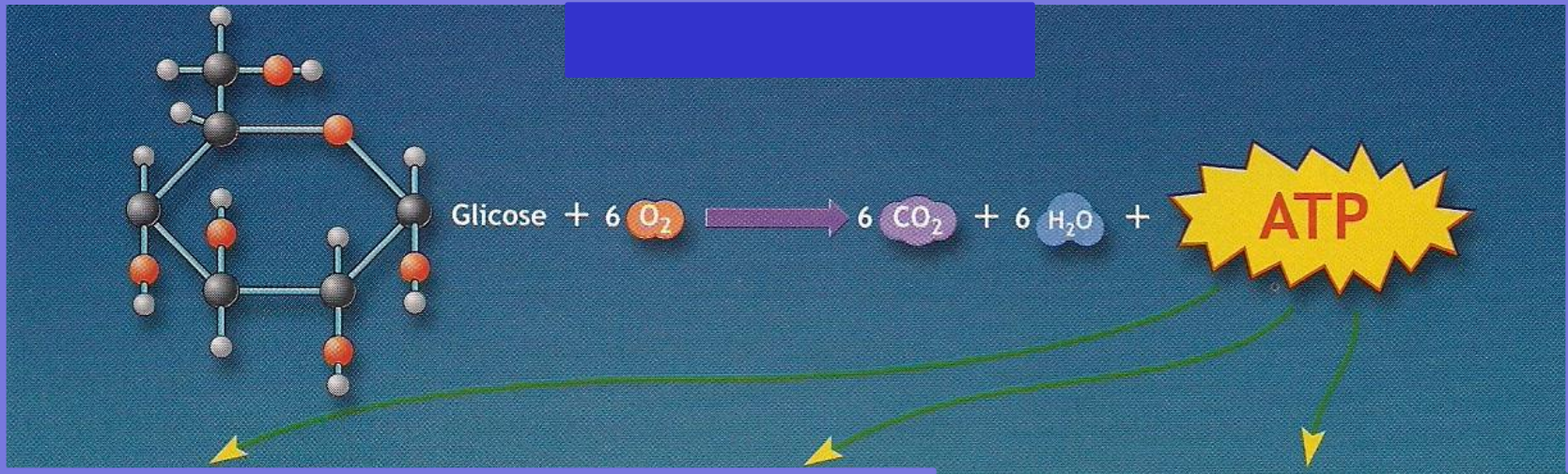
O que as células fazem que
“consomem” energia (ATP) ?



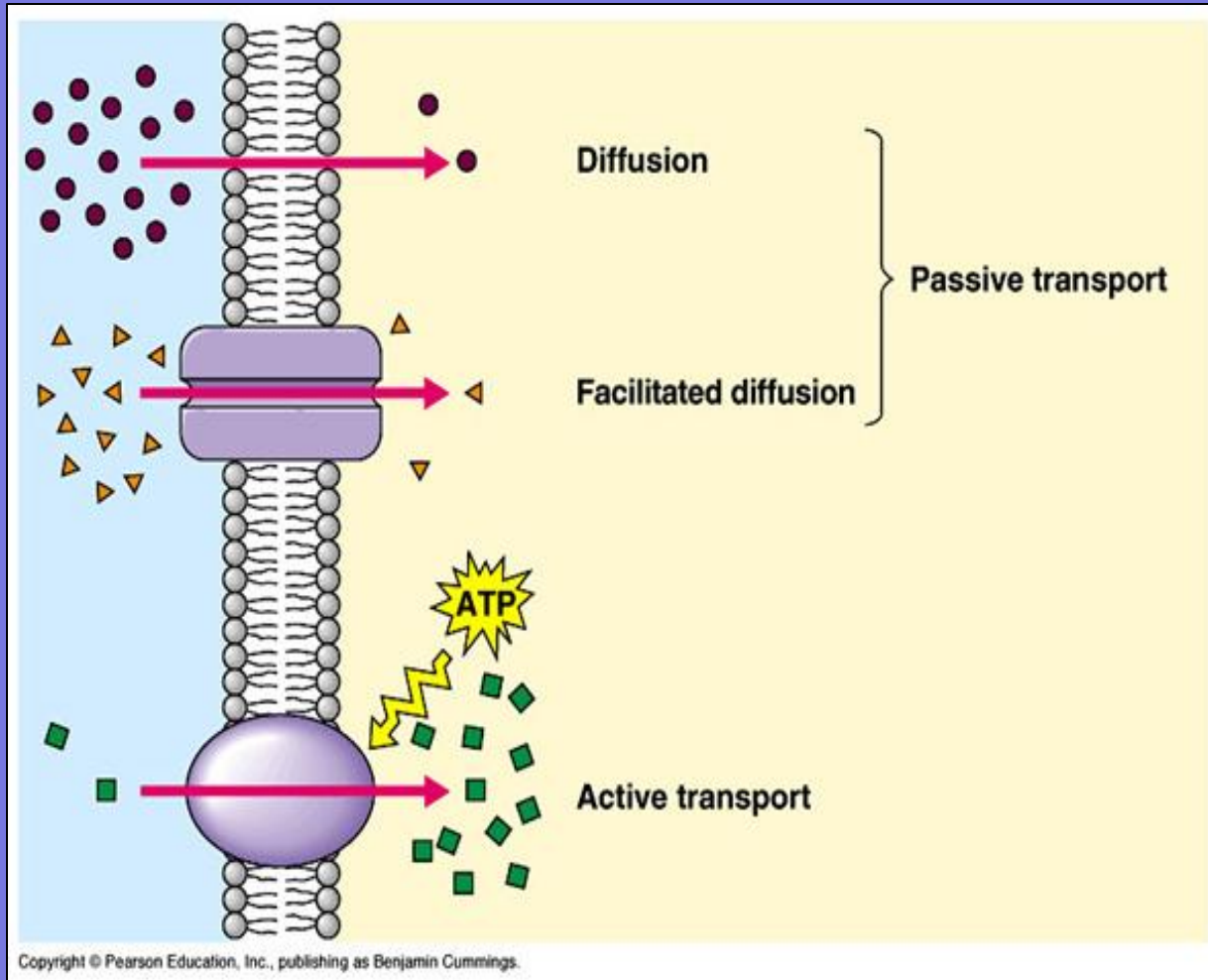
Energia e Trabalho Celular



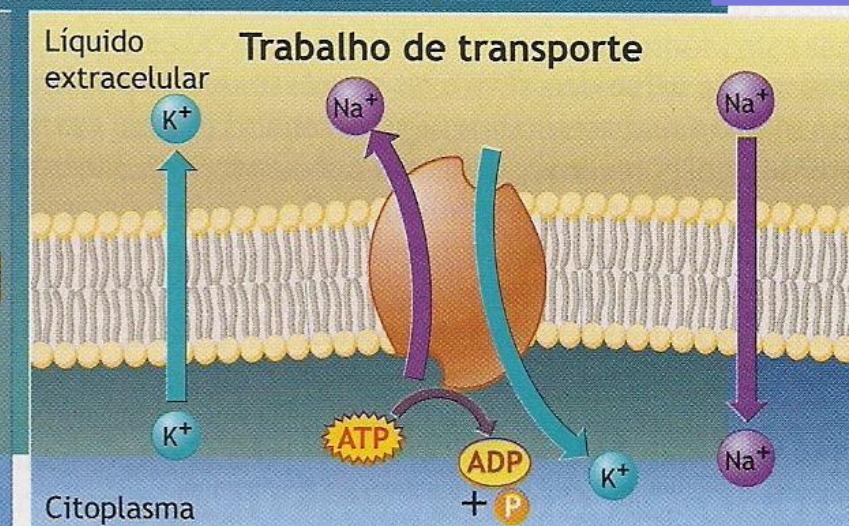
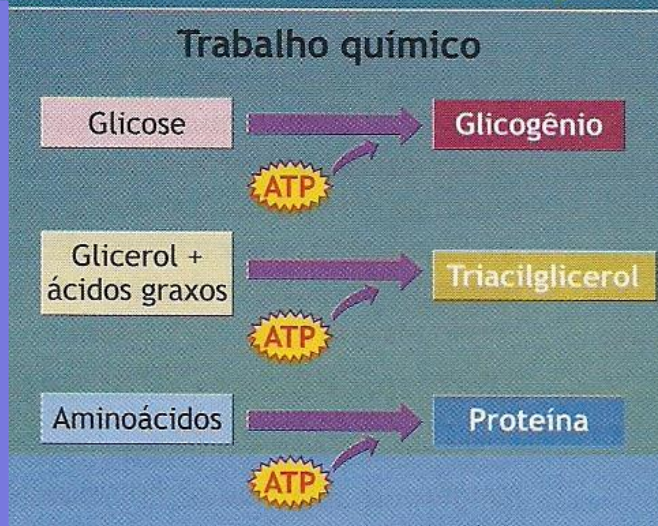
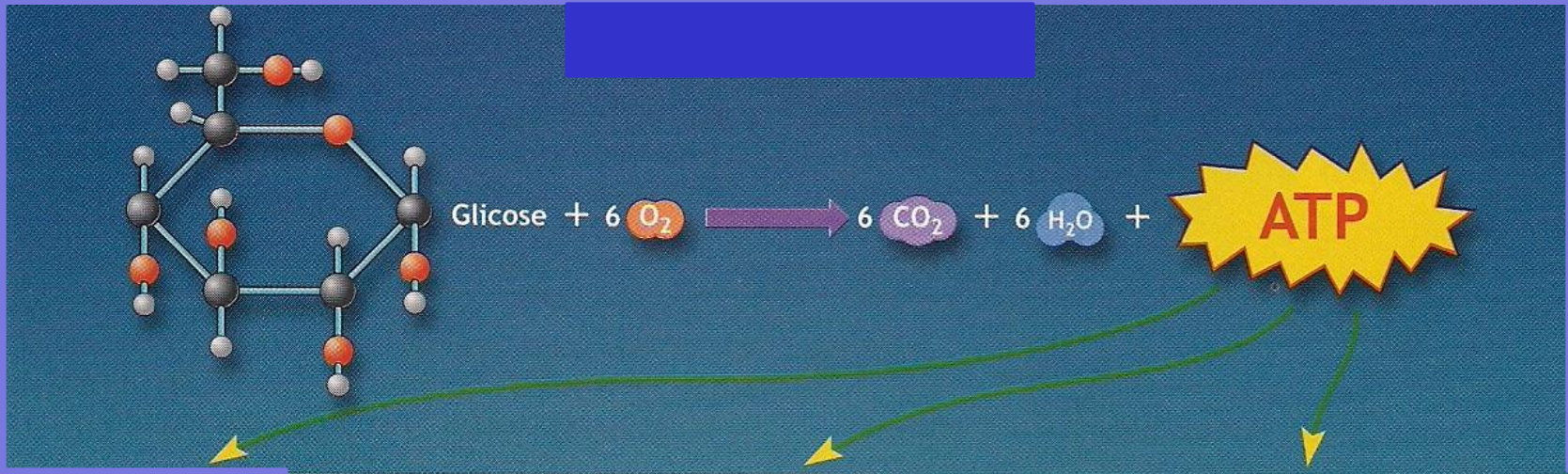
Energia e Trabalho Celular



Transporte pela Membrana Celular

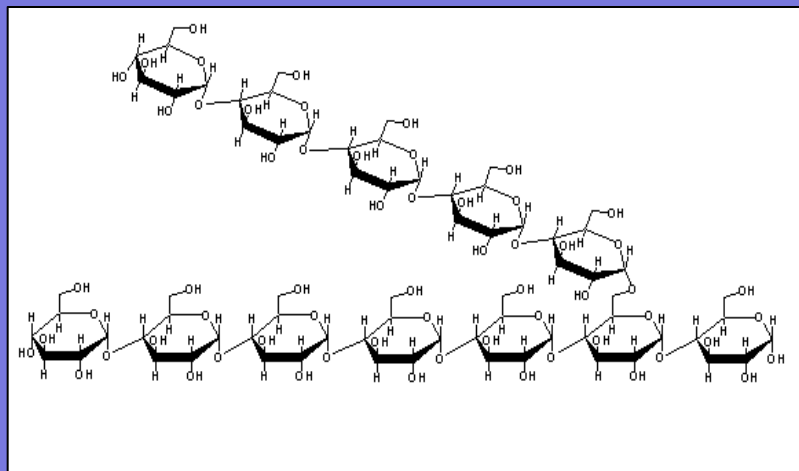
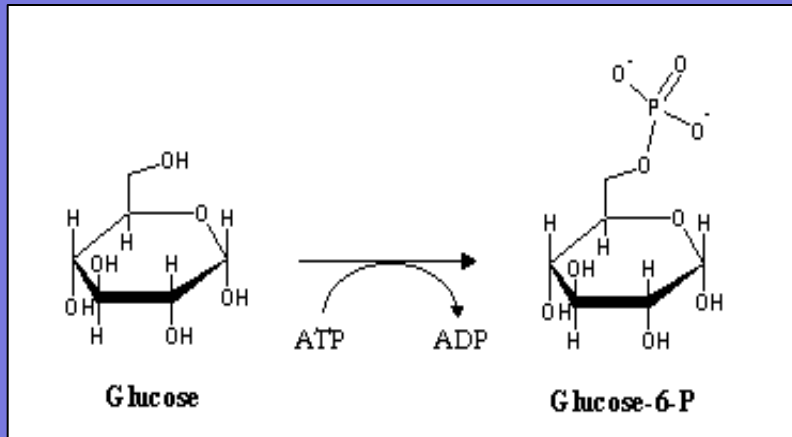


Energia e Trabalho Celular

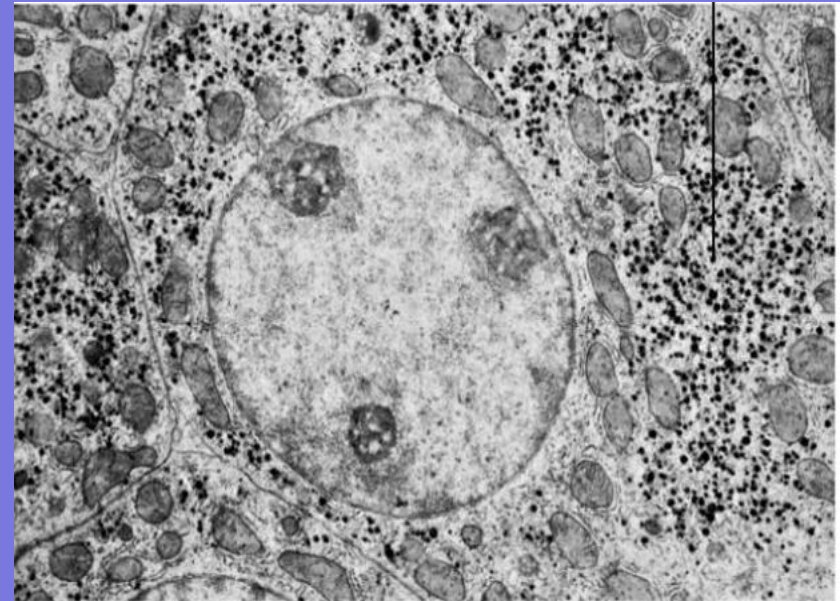


Trabalho Químico

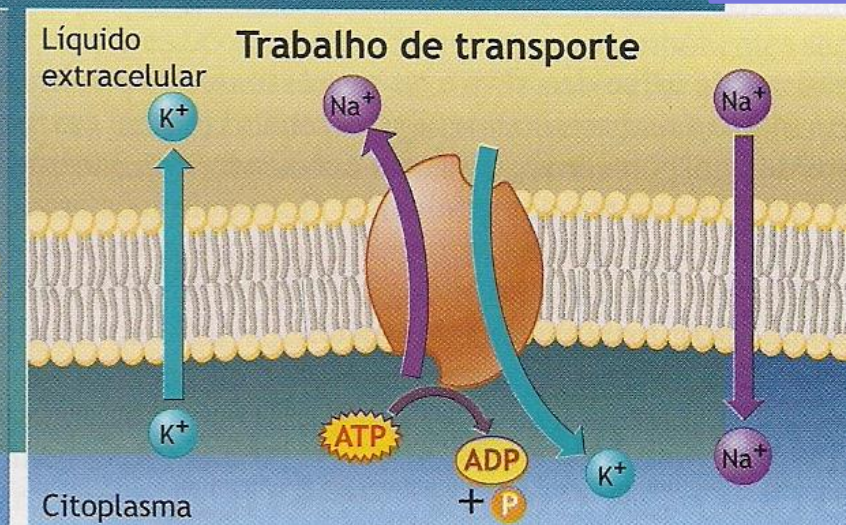
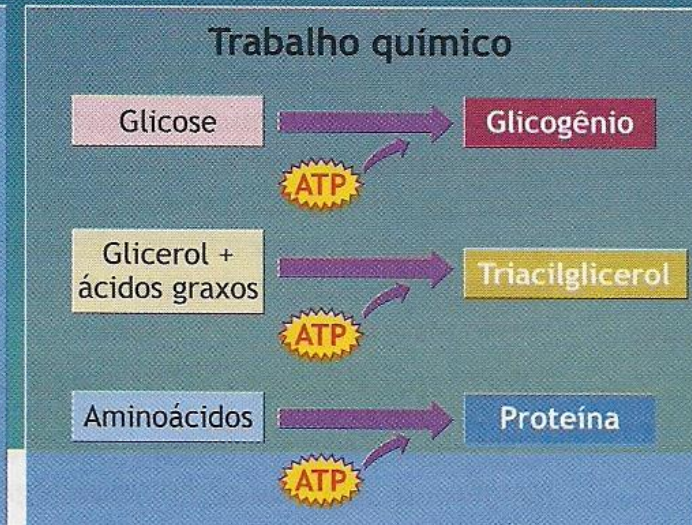
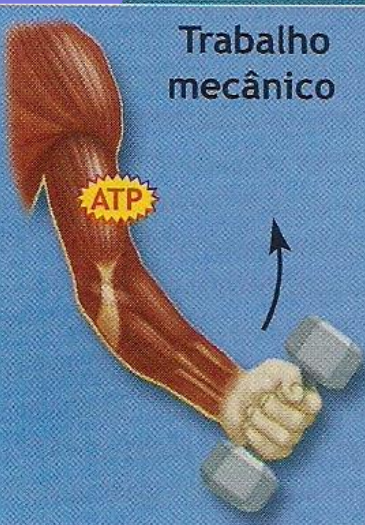
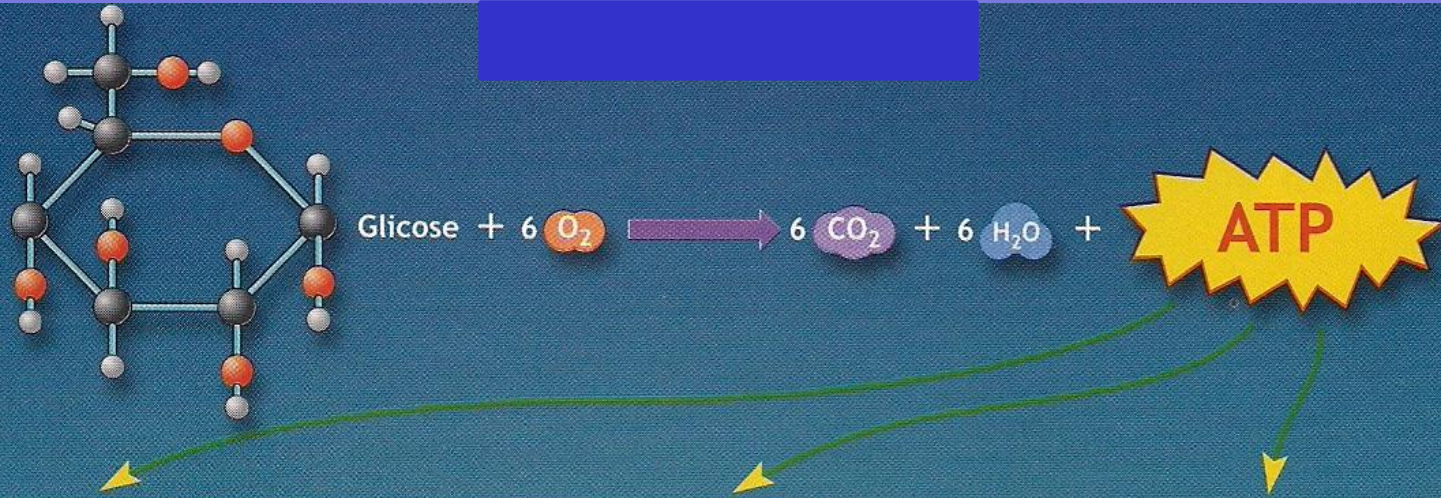
- Síntese de macromoléculas -



Grânulos de Glicogênio

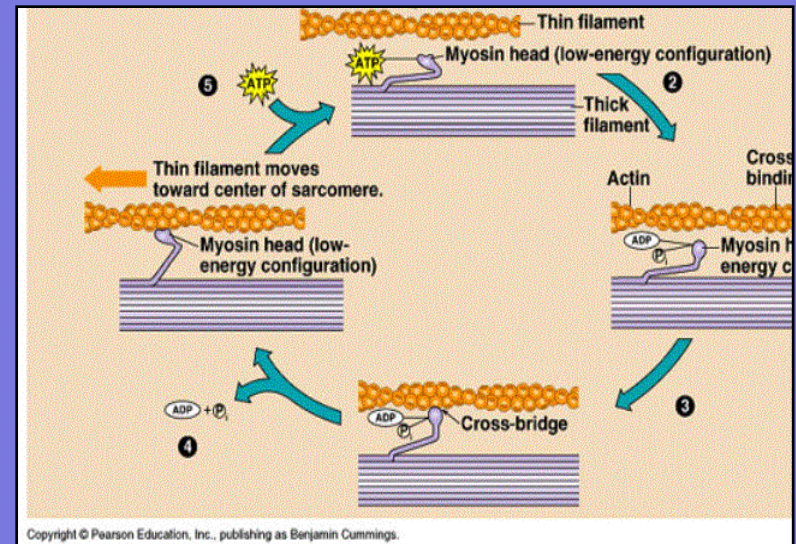
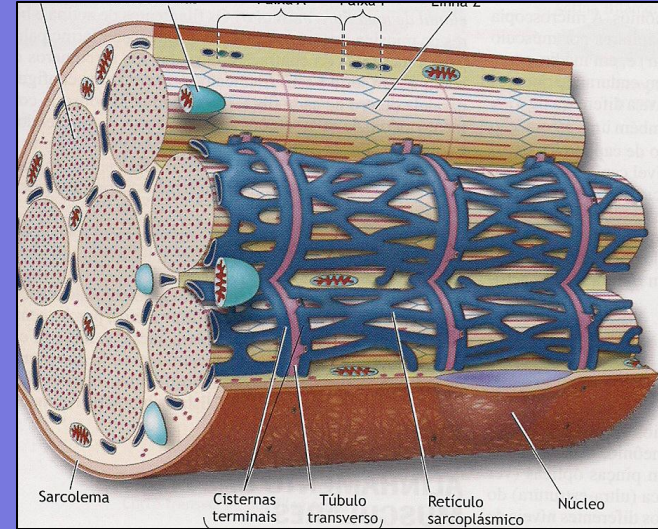
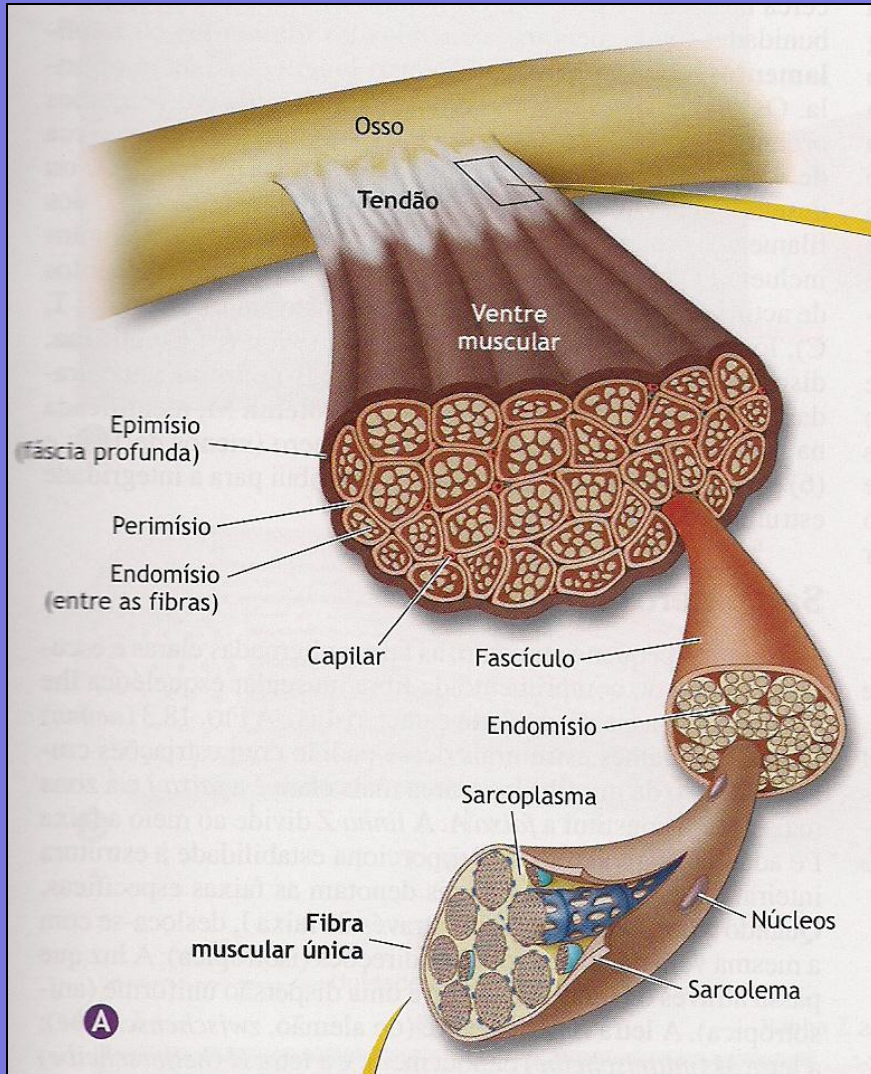


Energia e Trabalho Celular

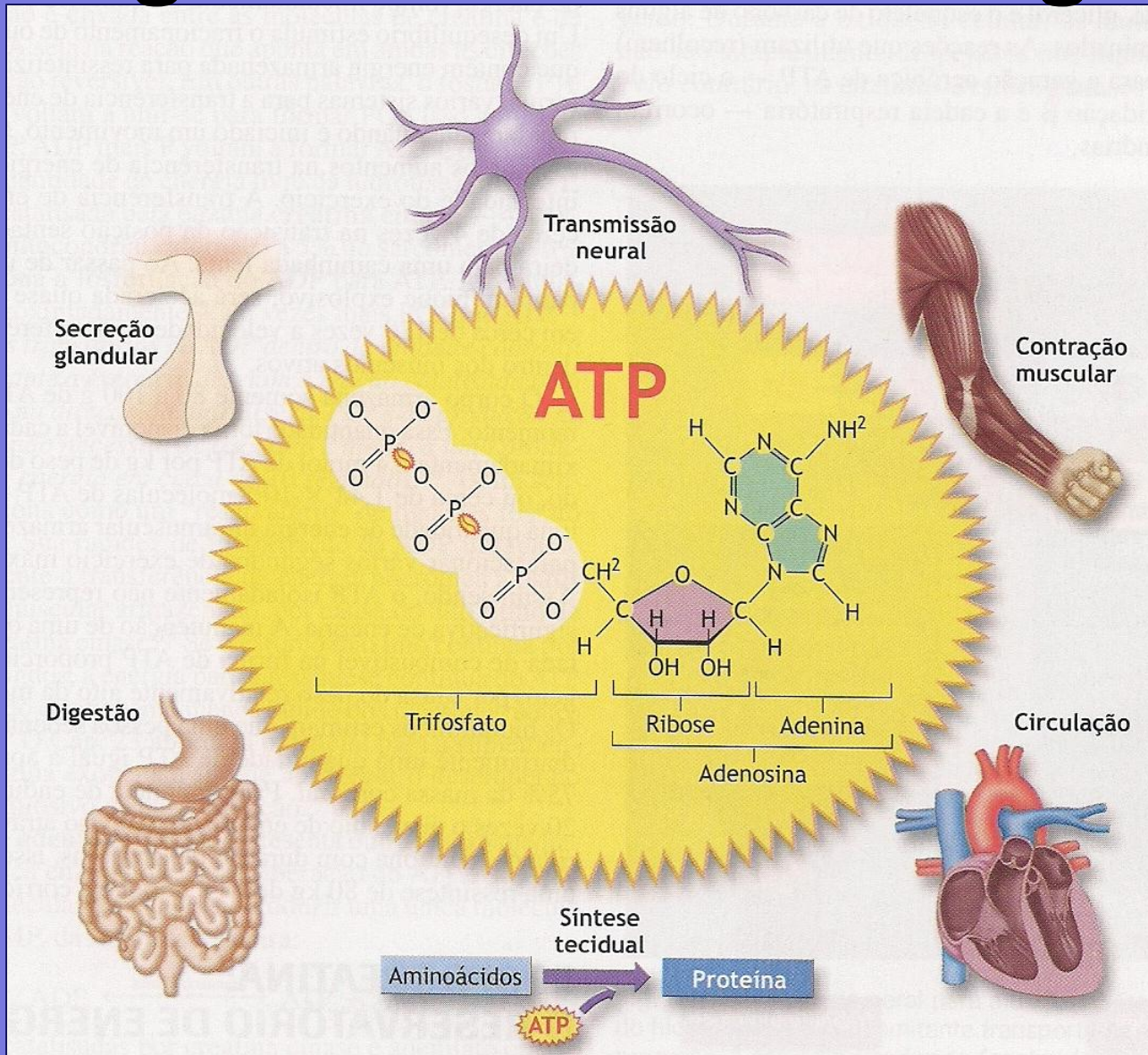


Trabalho Mecânico

Contração-Relaxamento Muscular



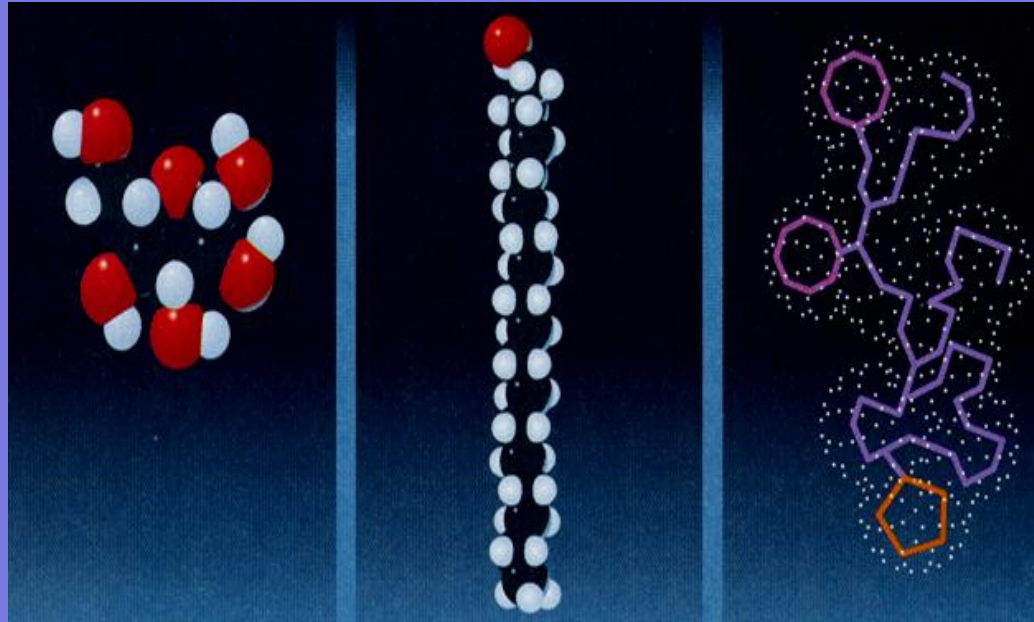
Energia e Trabalho Biológico



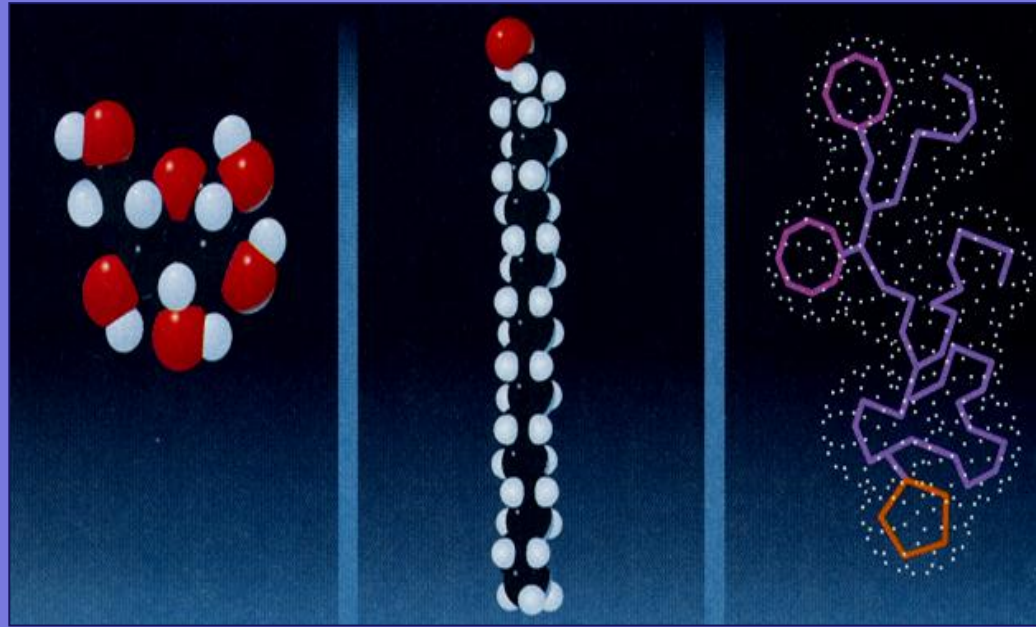
Trabalho Muscular

O que o músculo usa para
produzir ATP ?

Substratos energéticos



Substratos energéticos



Carboidrato

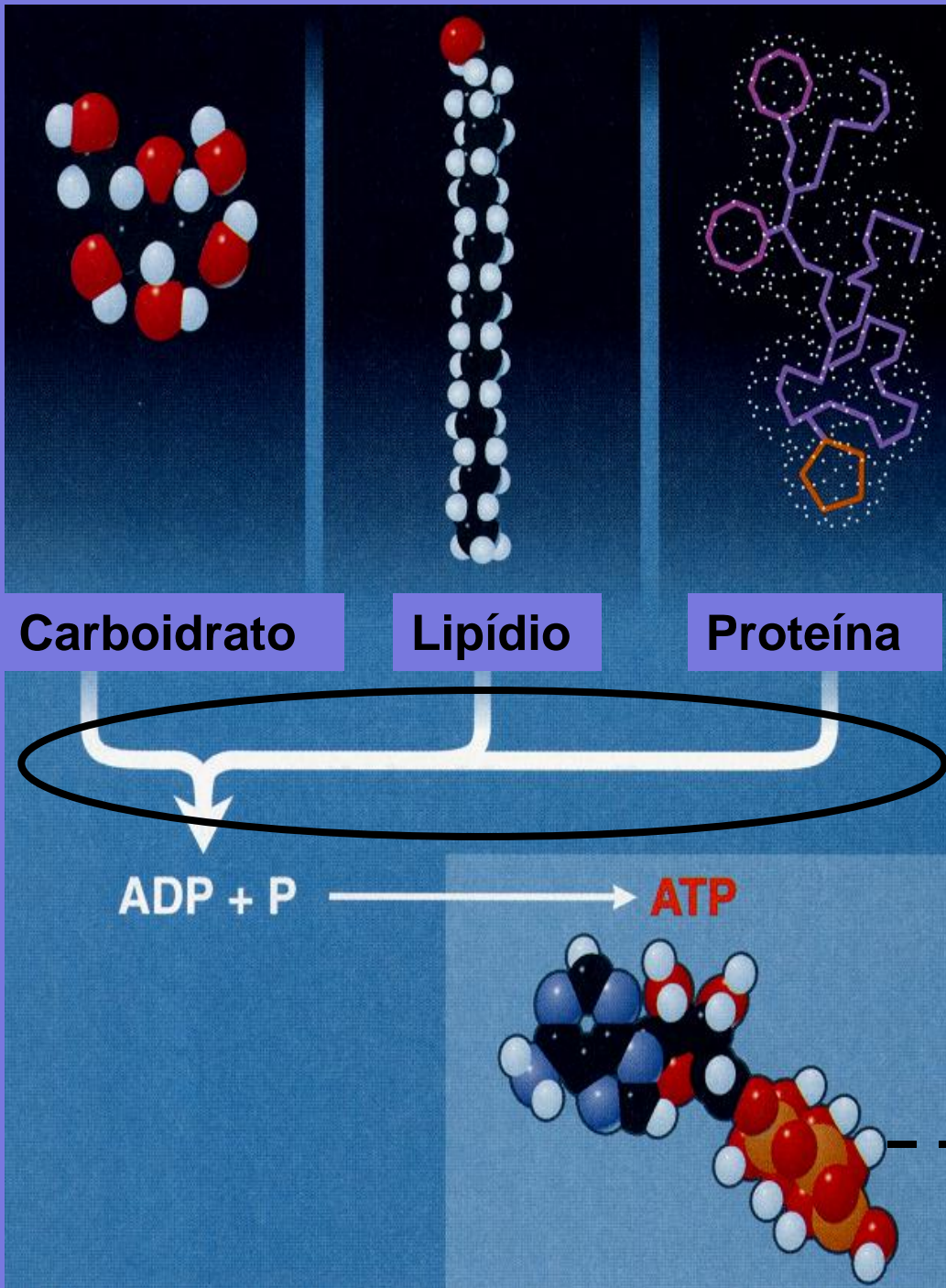
Lipídio

Proteína

Trabalho Muscular

Como os músculos produzem o ATP ?

Produção de ATP

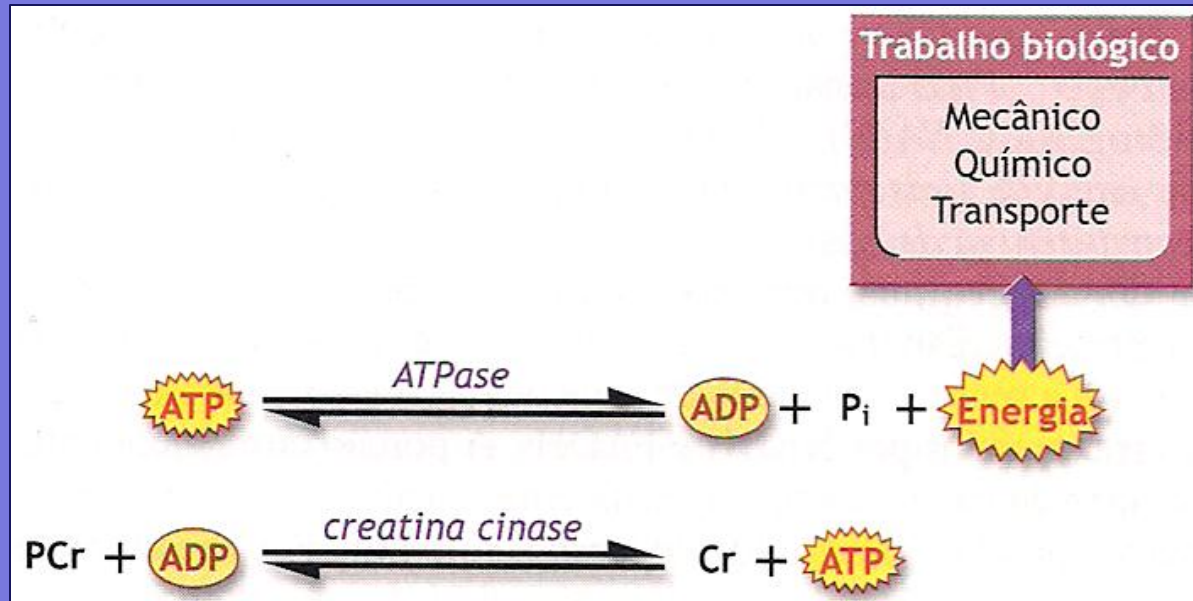


Vias metabólicas energéticas

Energia para o trabalho celular

Metabolismo Energético

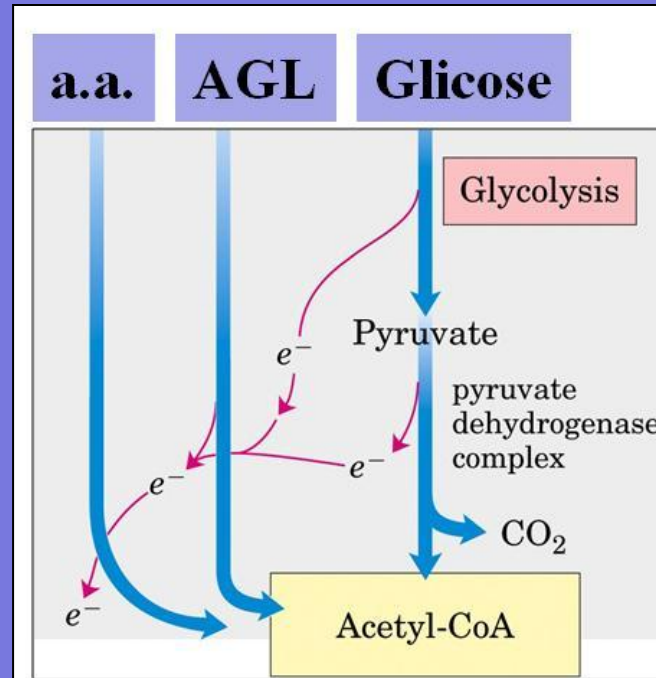
ATP - CP



- Hidrólise da fosfocreatina (PC)
- Rápida e anaeróbica
- Início do exercício, aumento de intensidade, alta intensidade

Metabolismo Energético

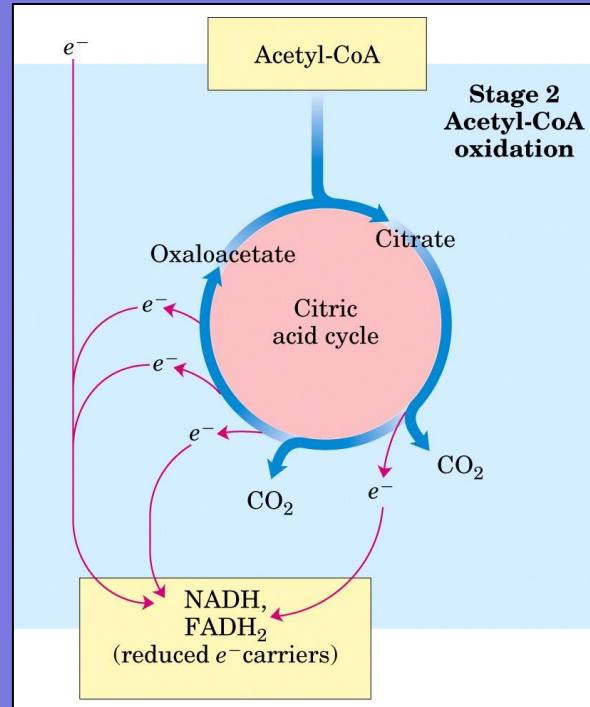
Glicólise



- Rápida , produz muito ATP
- Consome muita glicose, esgota rapido
- Se anaeróbica/sustentada - produz lactato
- Exercícios explosivos e intensos

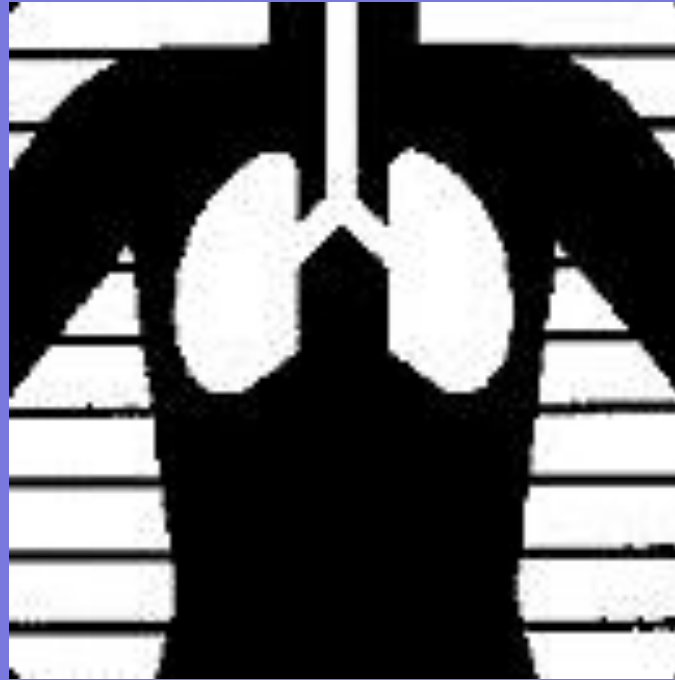
Metabolismo Energético

Ciclo de Krebs



- Lento, produz mais ATP por substrato
- Utiliza mistura de glicose e gordura
- Exercícios mais prolongados

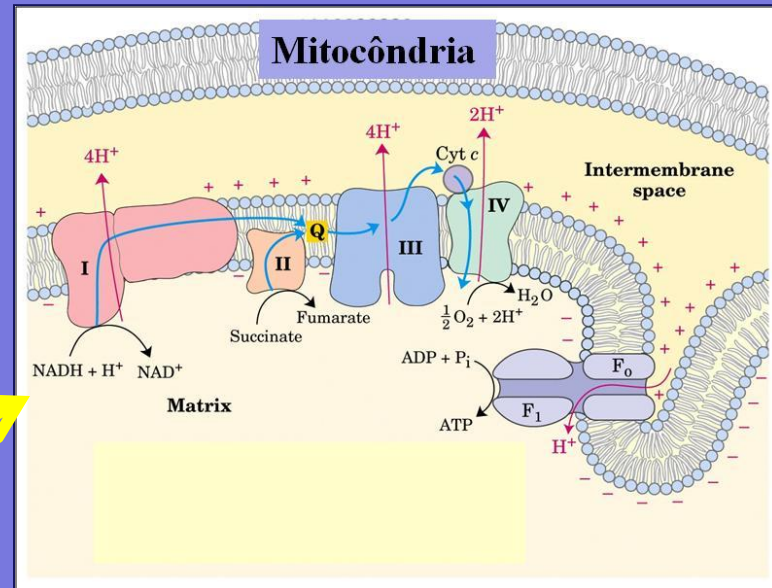
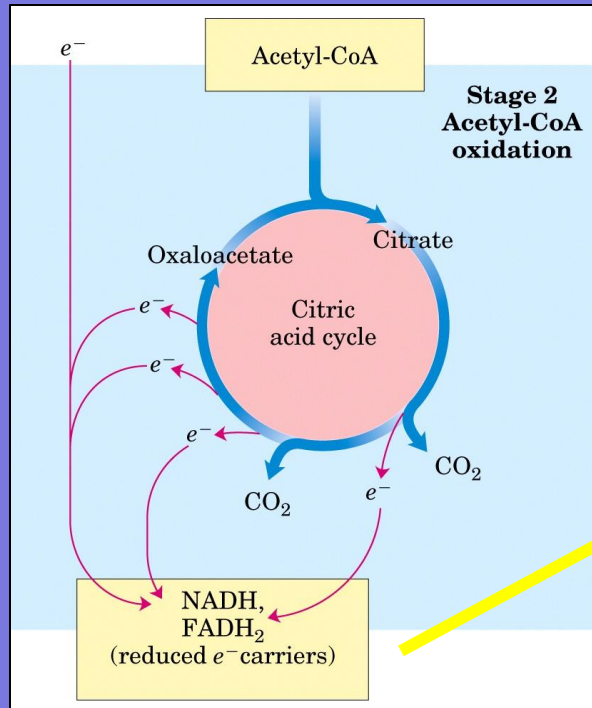
Qual o papel do oxigênio molecular para a nossa vida ?



Por que respiramos ?

Metabolismo Energético

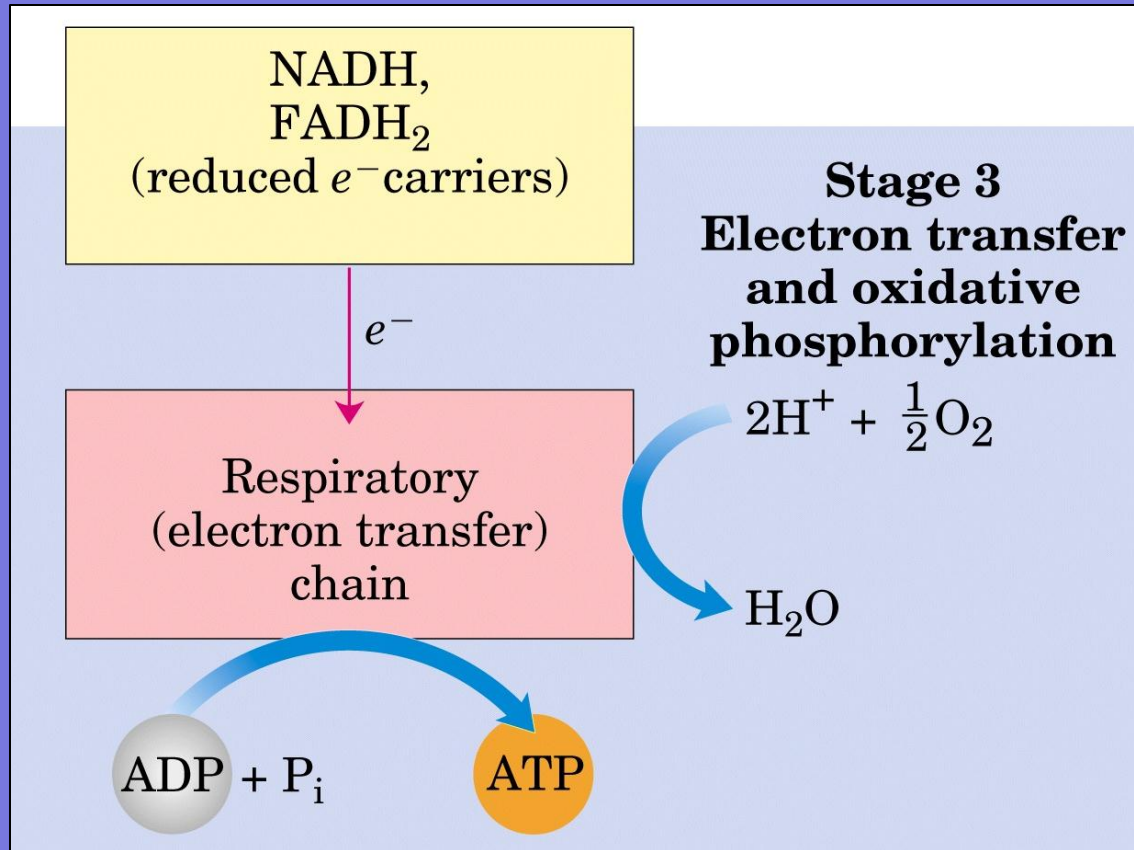
Cadeia de transporte de elétrons






- Lento, produz mais ATP por substrato
- Utiliza mistura de glicose e gordura
- Exercícios mais prolongados

Metabolismo Energético

Cadeia de transporte de elétrons



Sistemas energéticos nos diferentes tipos de exercícios

Sistema		Descrição das atividades
Creatina fosfato (CrP)		Lançamentos, saltos, chutes, corridas curtas Duração única ou intermitente
Glicolítico		Corridas mais longas, hóquei no gelo, alpinismo Duração única ou intermitente
Respiração mitocondrial (Aeróbia)		Qualquer atividade longa ou acima de 5 min

Sistemas energéticos nos diferentes tipos de exercícios

100 m



10.000 m

Salto tríplo

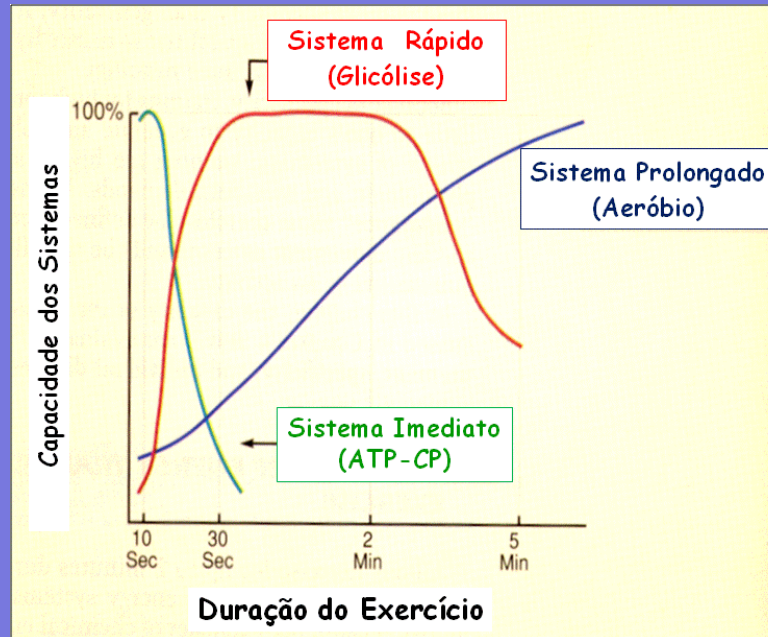


Maratona

Exercício Máximo e Sistemas Energéticos



Sistemas Energéticos no Exercício Máximo



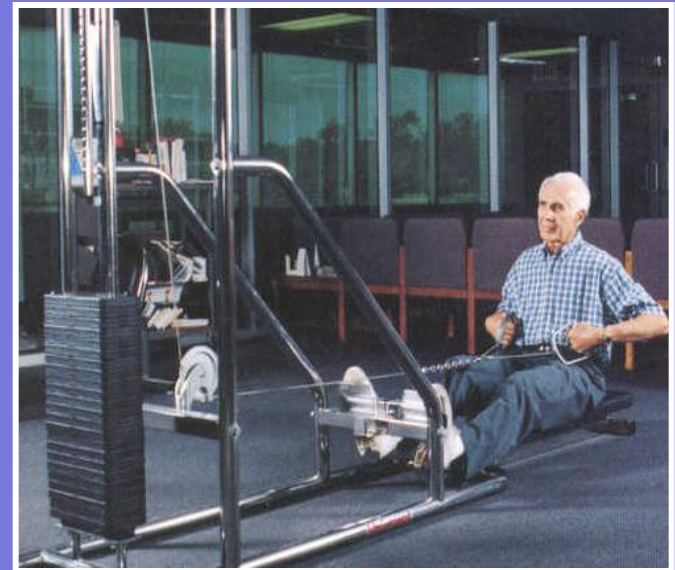
4 x 100 m



10.000 m

Parte 2

MEDIDA DO GASTO ENERGÉTICO NO EXERCÍCIO FÍSICO



Metabolismo Energético

Substrato + O_2

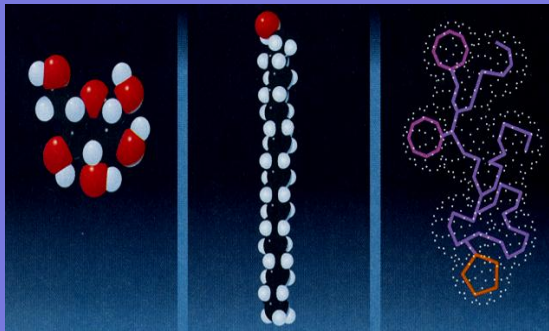


Calor + ATP

respiração
celular

trabalho
celular

Calor



Metabolismo Energético Muscular



A medida do calor total produzido pelo organismo representa a taxa do seu metabolismo.

Medida do calor

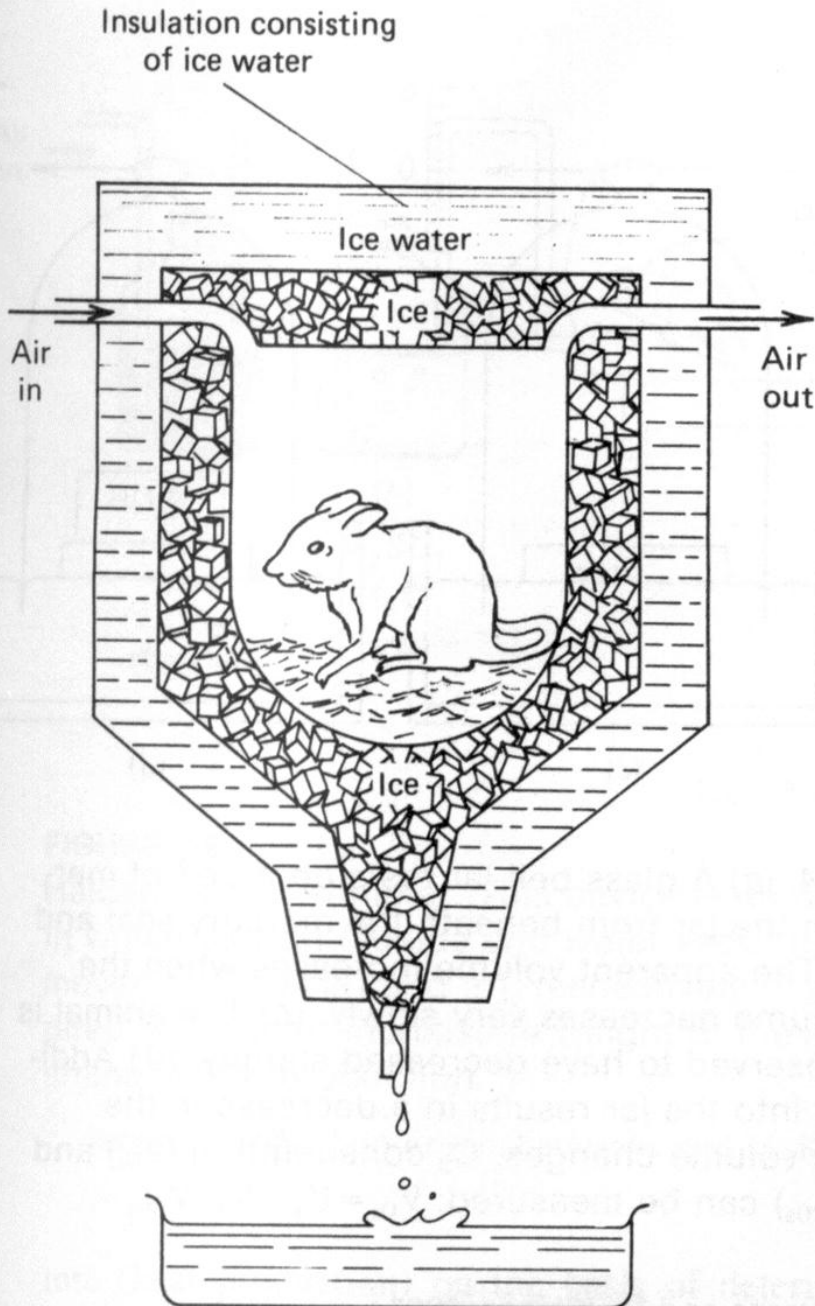
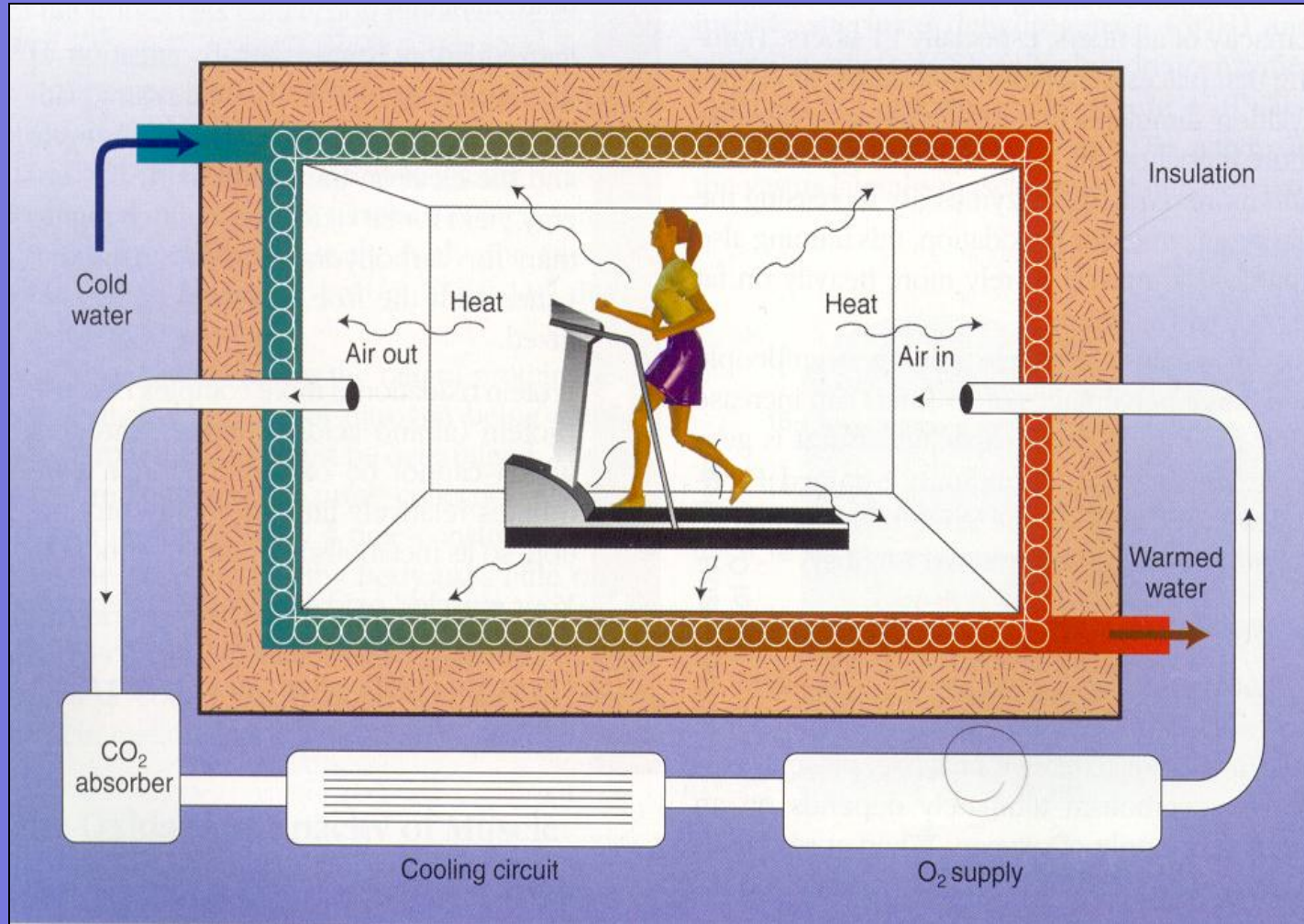


FIGURE 3-4

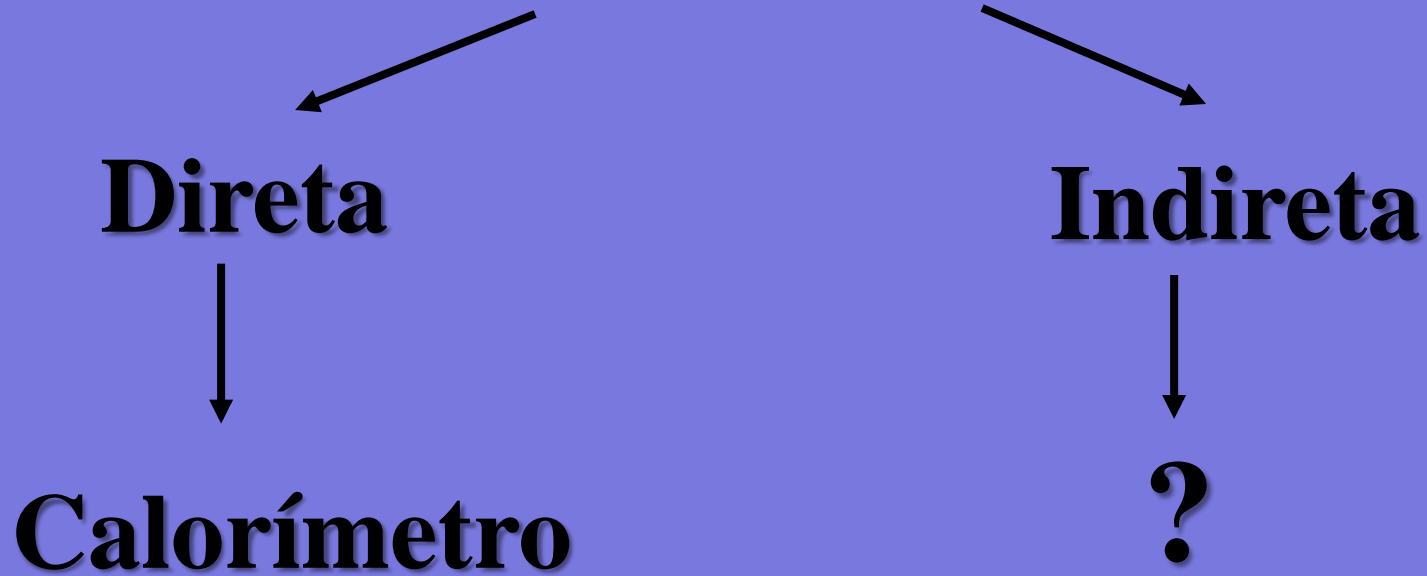
Lavoisier's calorimeter of 1780. The animal's body heat melts the ice. Measuring the amount of water formed allows estimation of the heat produced, knowing that 80 kcal of heat melts 1000 g of ice. The ice water surrounding the calorimeter provides a perfect (adiabatic) insulation because it is at the same temperature as the ice in the inner jacket around the animal's chamber. Therefore, the insulation will neither add heat to nor take the heat from the calorimeter.

(SOURCE: Based on original sources and M. Kleiber, 1961.)

Calorimetria Direta



Calorimetria



Metabolismo Energético Muscular



A medida do consumo de oxigênio representa a taxa do metabolismo.

A medida do calor produzido representa a taxa do metabolismo.

Calorimetria (Medida do calor produzido)

```
graph TD; A[Calorimetria (Medida do calor produzido)] --> B[Direta]; A --> C[Indireta]; B --> D[Calorímetro]; C --> E[Medida do VO2];
```

Direta

Calorímetro

Indireta

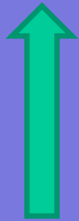
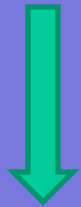
**Medida
do VO_2**

Produção Aeróbia de ATP

(Fosforilação Oxidativa)

Fosforilação Oxidativa
(Síntese de ATP na mitocôndria)

ATP ← (ADP + P_i) + **Energia**



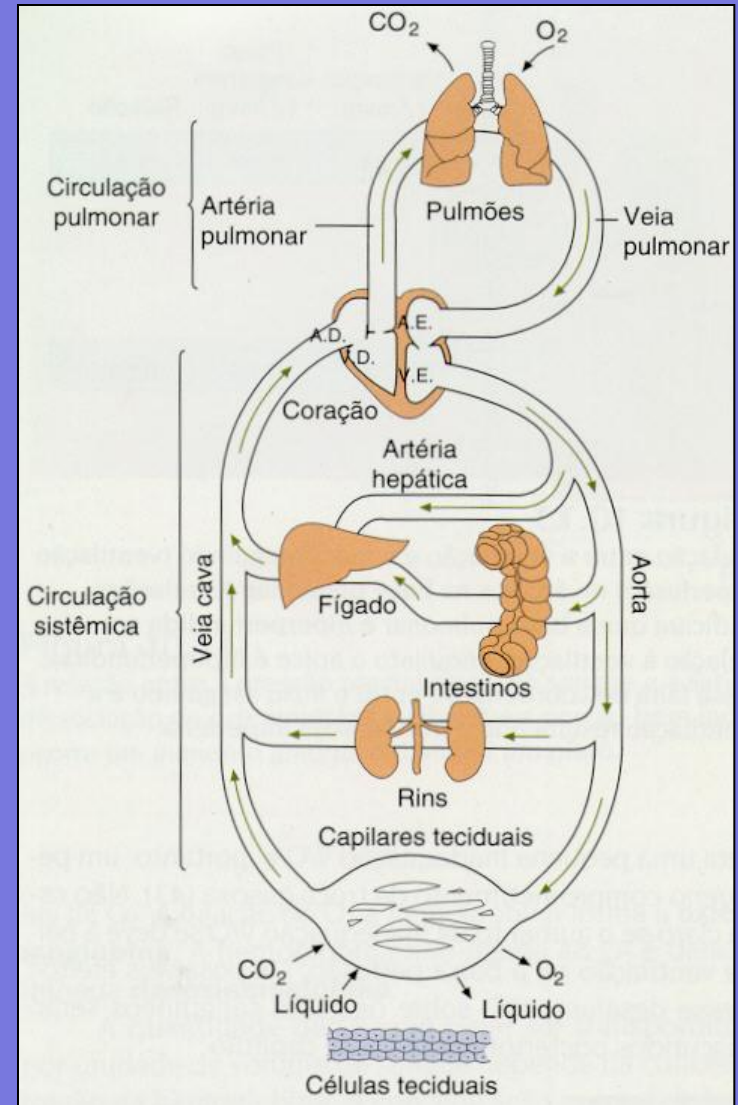
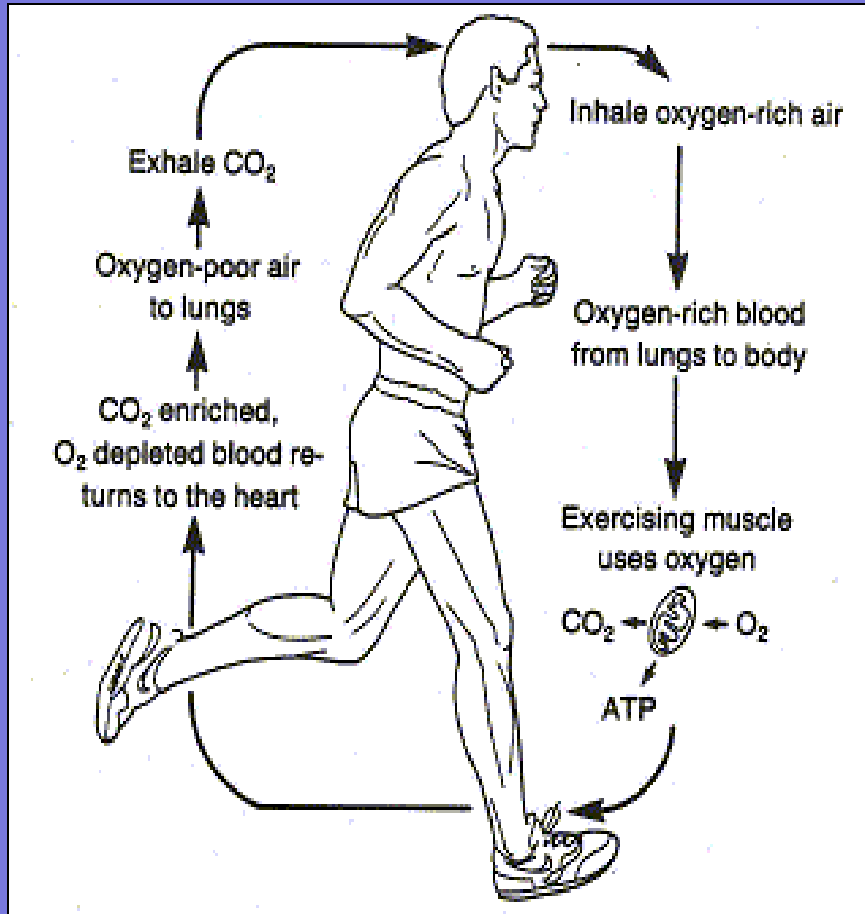
ATP → (ADP + P_i) + **Energia**

Hidrólise de ATP

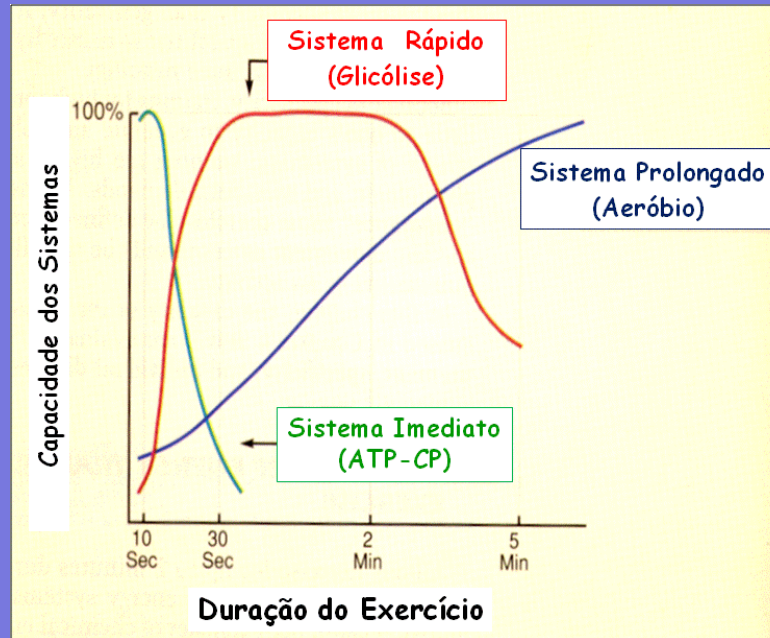
Energia liberada para o trabalho celular



Medida do Consumo de Oxigênio



Sistemas Energéticos no Exercício Máximo



10.000 m



Salto triplo

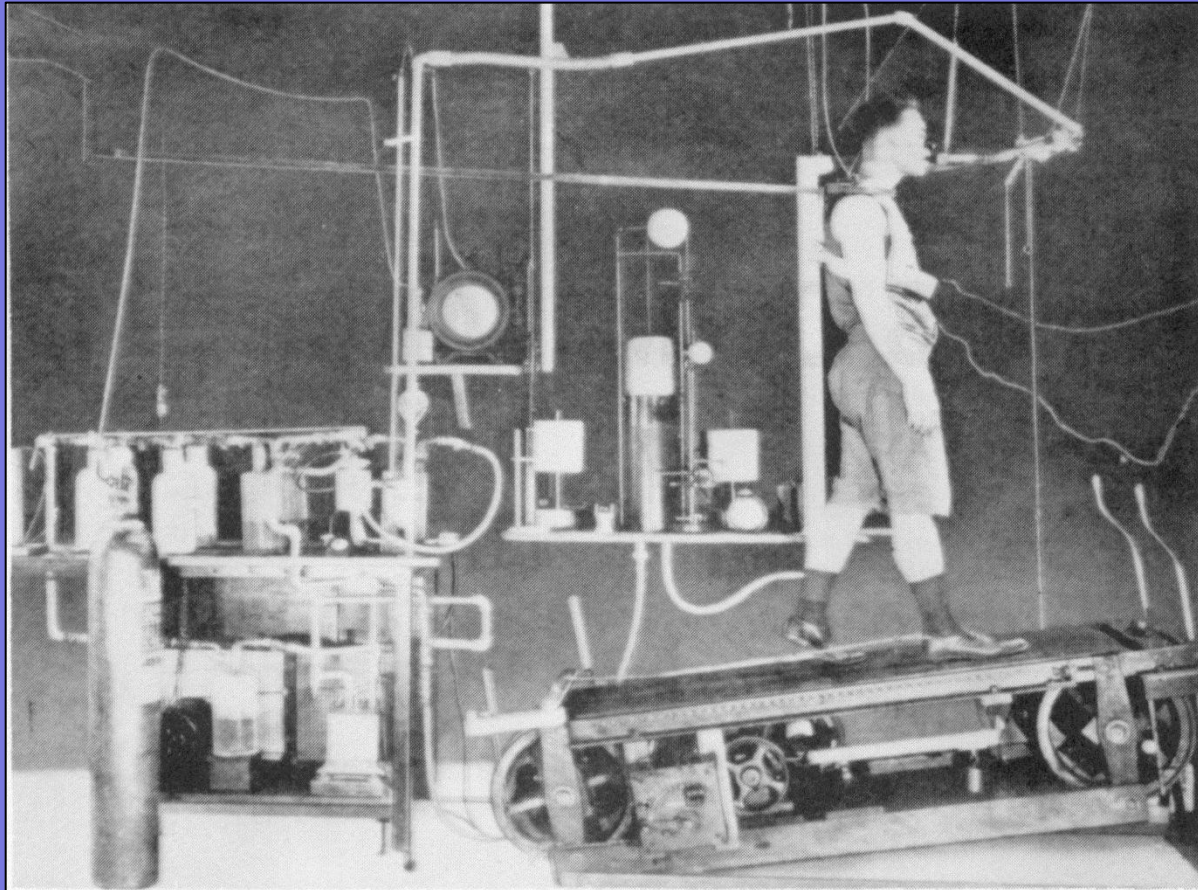


100 m

Consumo de Oxigênio (VO_2)

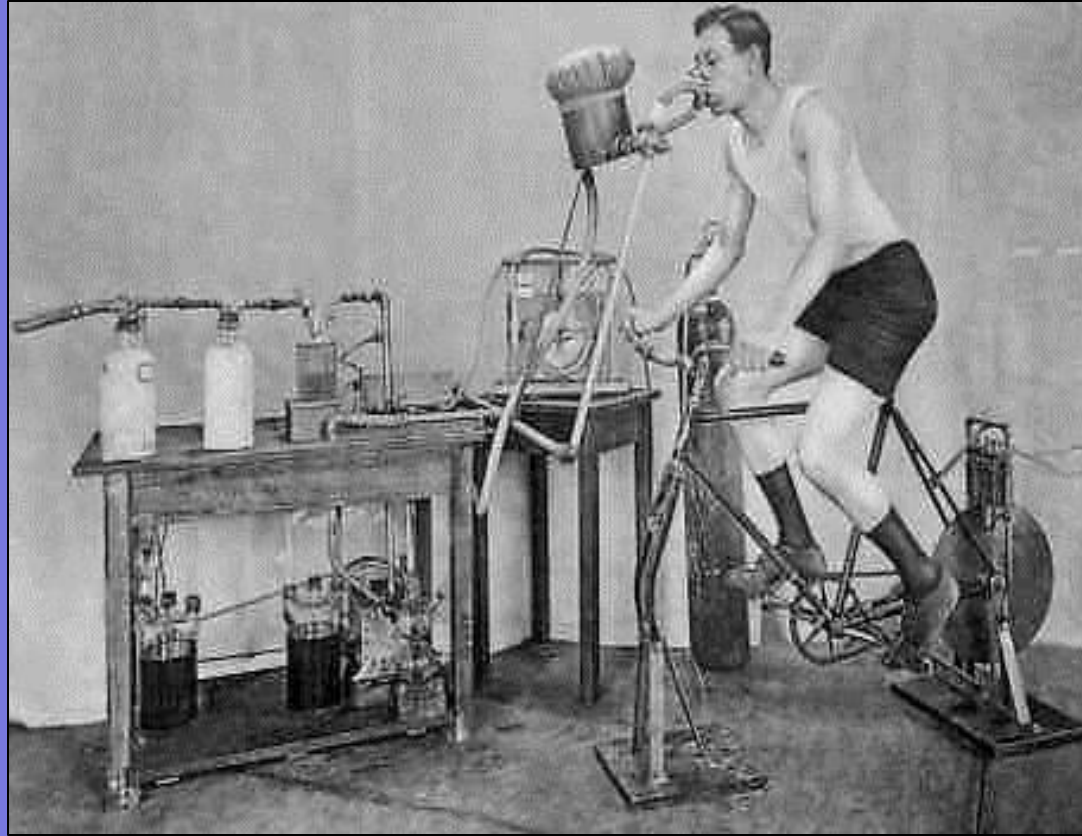
- Representa a taxa metabólica do organismo.
- O VO_2 pode ser medido tanto no repouso como durante o exercício.
- Representa o gasto energético do organismo no momento de sua medida.

Medida do VO_2 no exercício



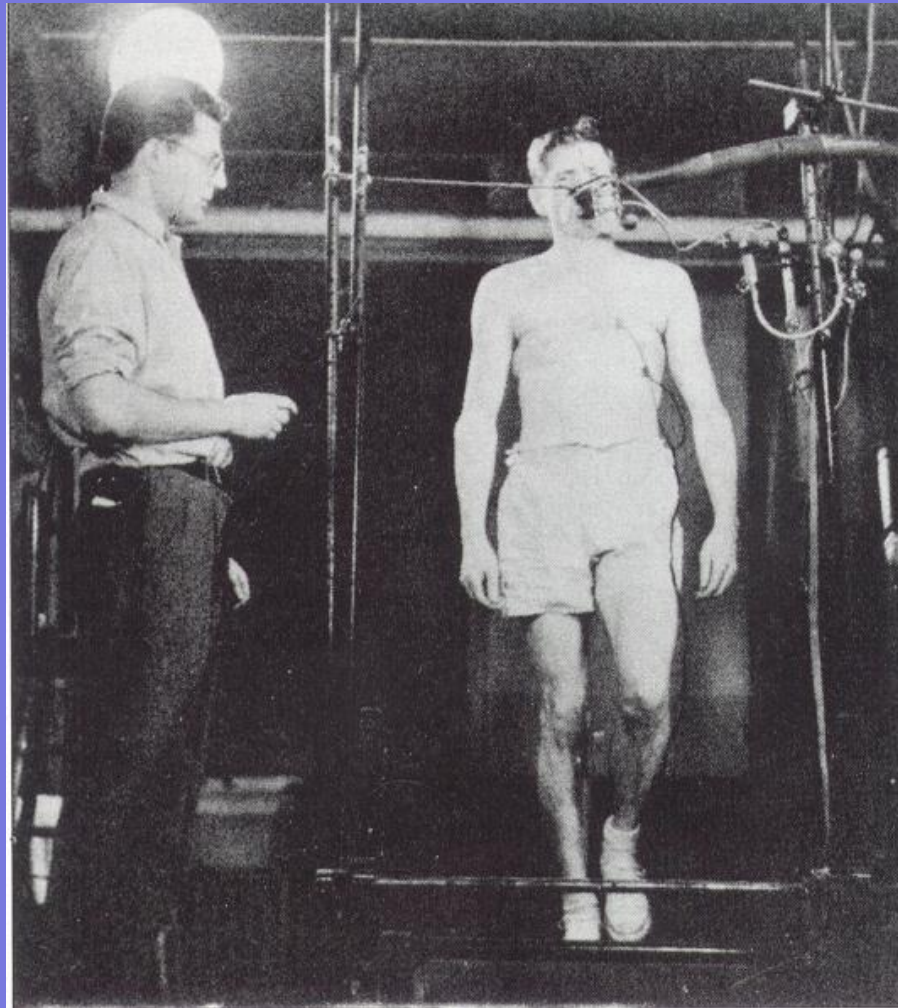
A photo from the classical study of human metabolic and cardio-ventilatory responses to exercise by H.M. Smith, 1922.

Medida do VO_2 em exercício



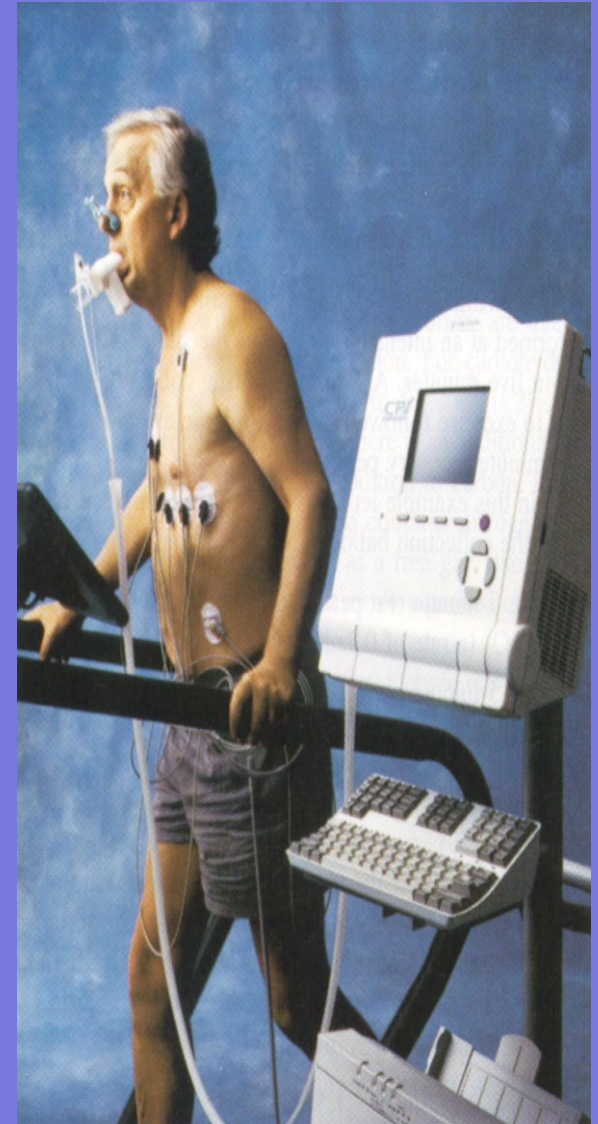
Medida do VO_2 em exercício

Figure 0.3 Sid Robinson (*right*) on the treadmill in the Harvard Fatigue Laboratory (1938).



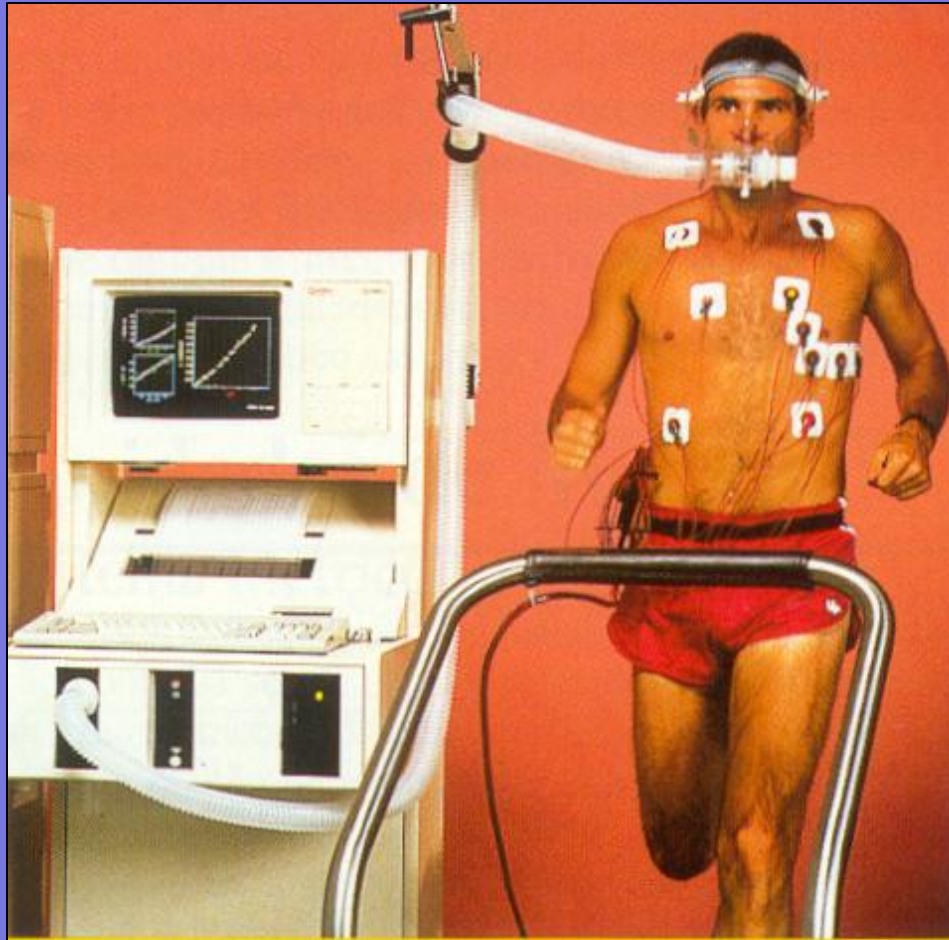
Ergoespirometria

**Medida direta do VO_2 e VCO_2 durante um exercício realizado em ergômetro.
(ex. esteira, bicicleta)**



Ergoespirometri

Espirometria de circuito aberto



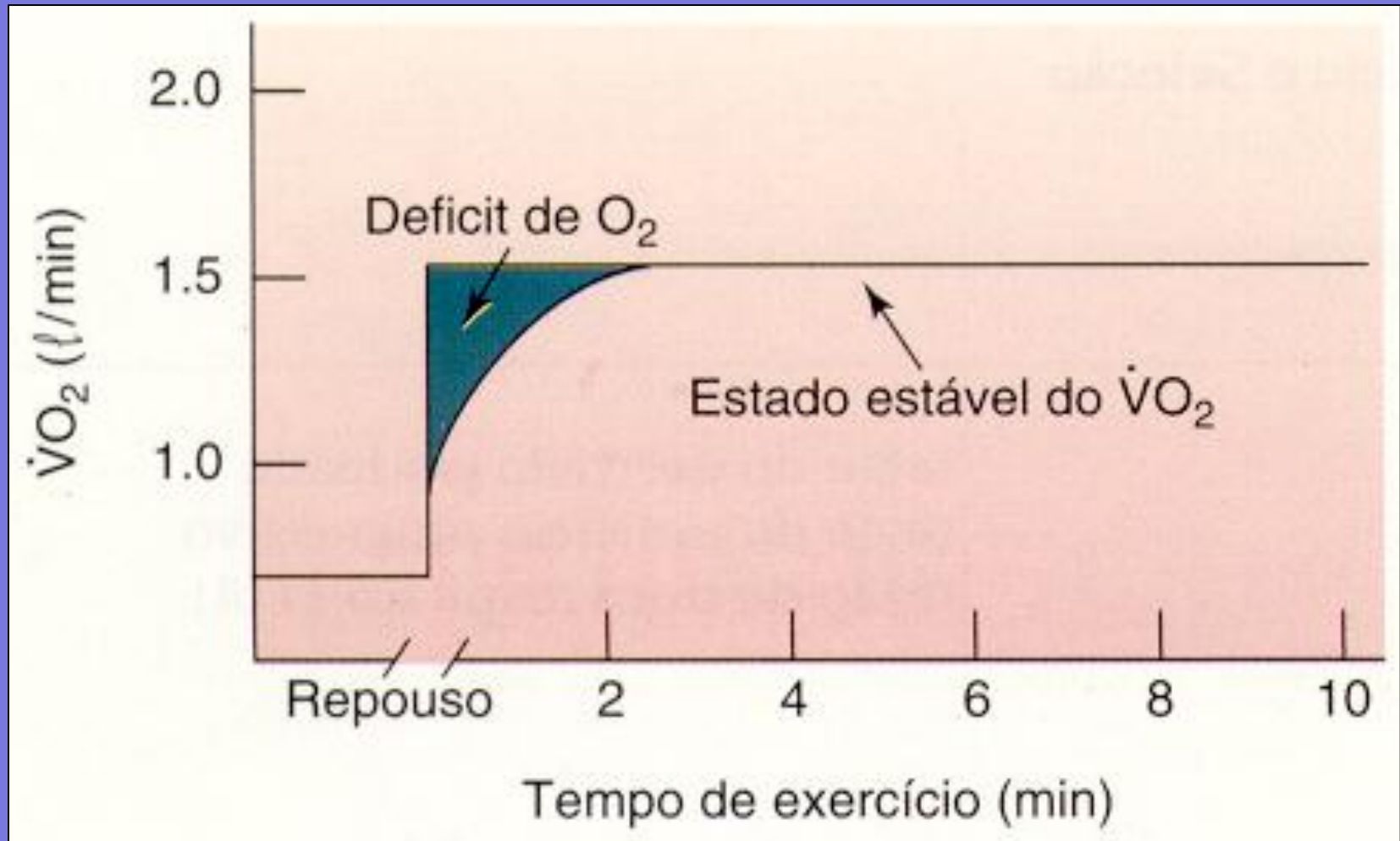
Ergoespirometri

Espirometria de circuito aberto

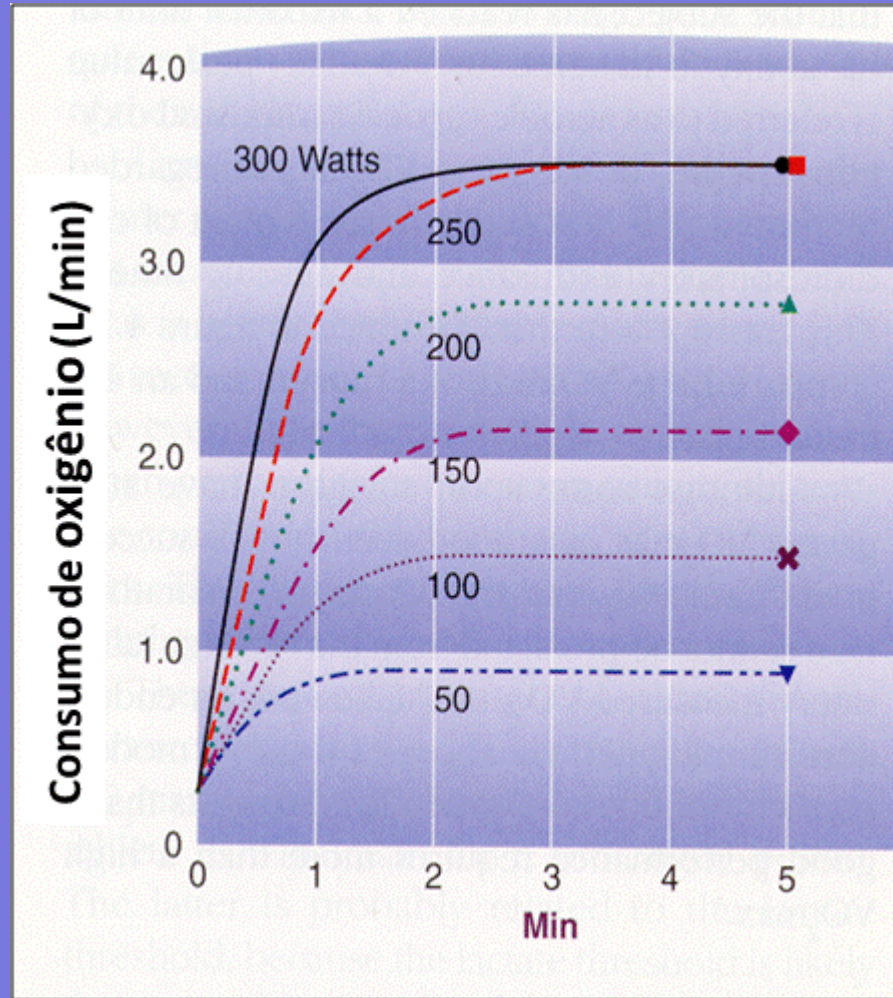


$\dot{V}O_2$ no exercício prolongado

- Steady state -

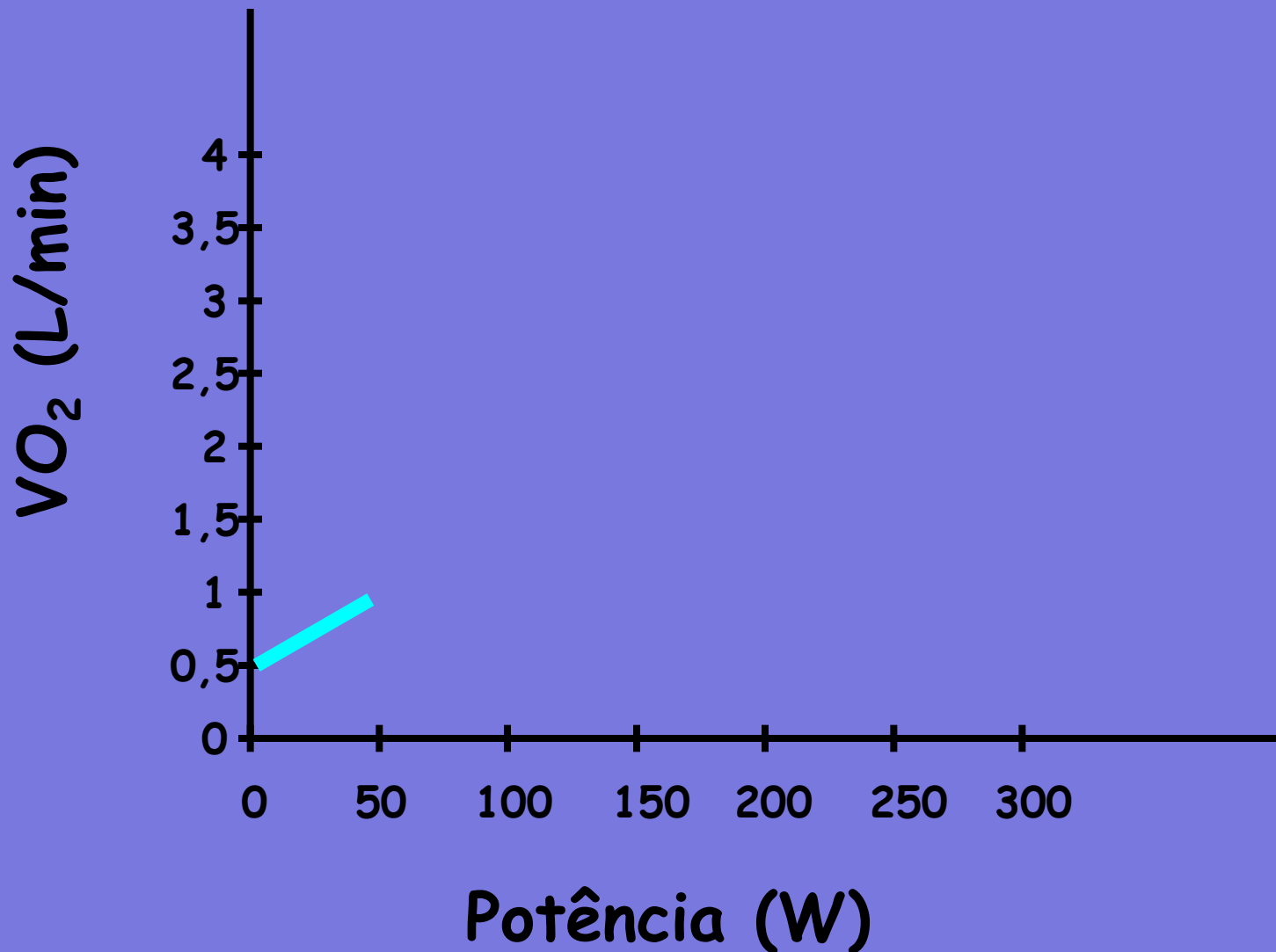


Relação : Intensidade do Exercício e $\dot{V}O_2$



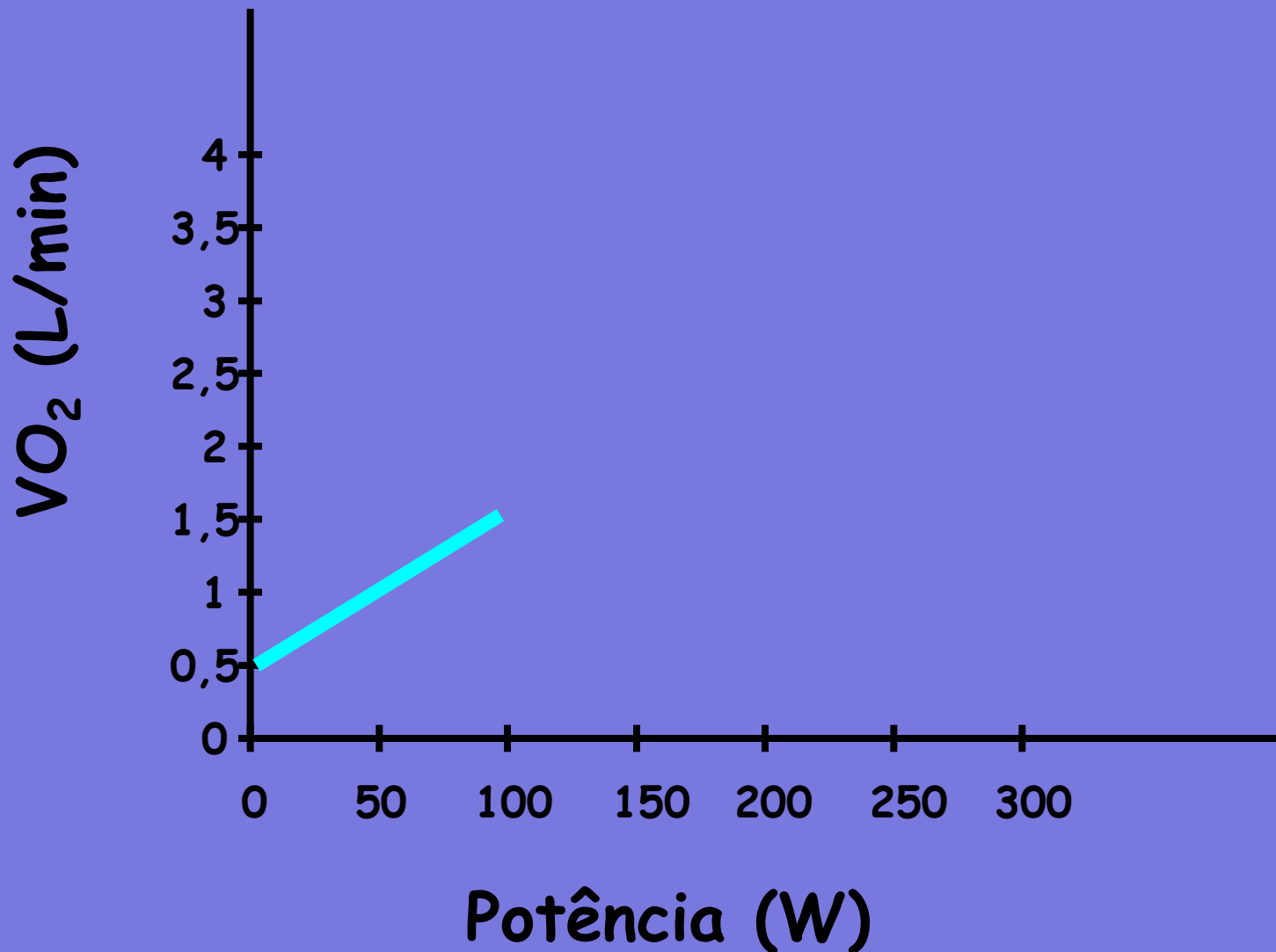
Potência do exercício e VO_2

- Relação diretamente proporcional -



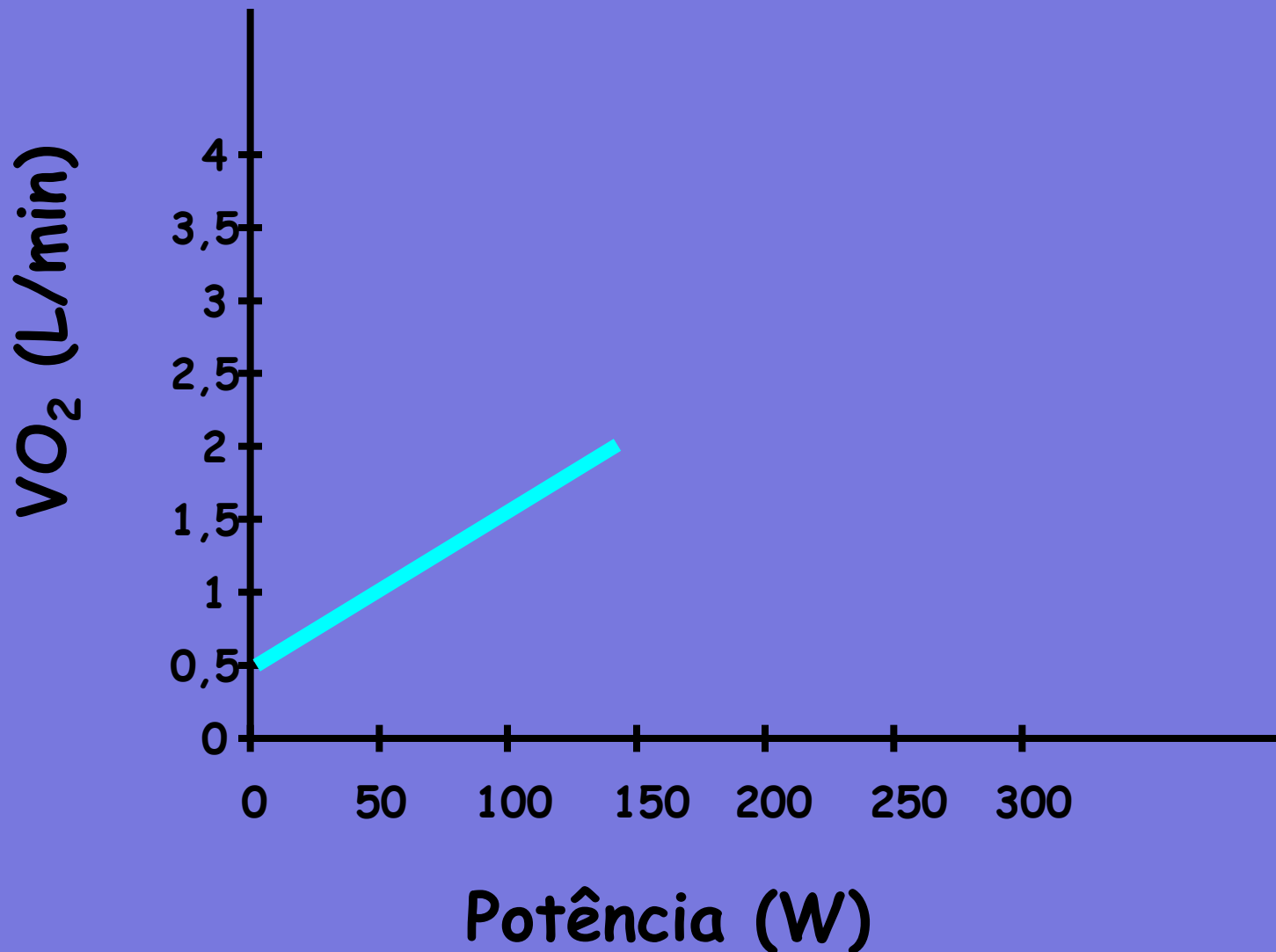
Potência do exercício e $\dot{V}O_2$

- Relação diretamente proporcional -



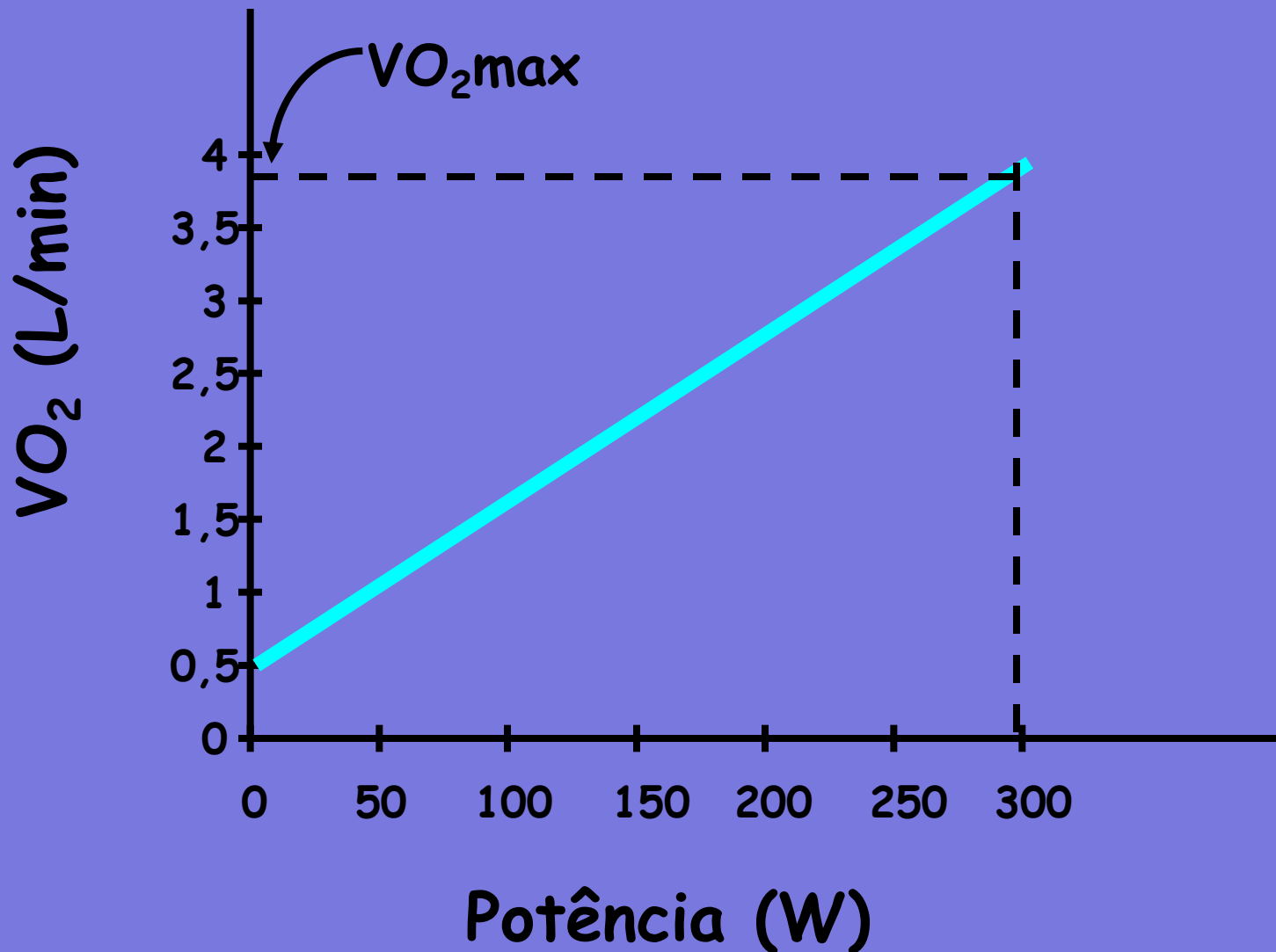
Potência do exercício e VO_2

- Relação diretamente proporcional -



Potência do exercício e VO_2

- Relação diretamente proporcional -



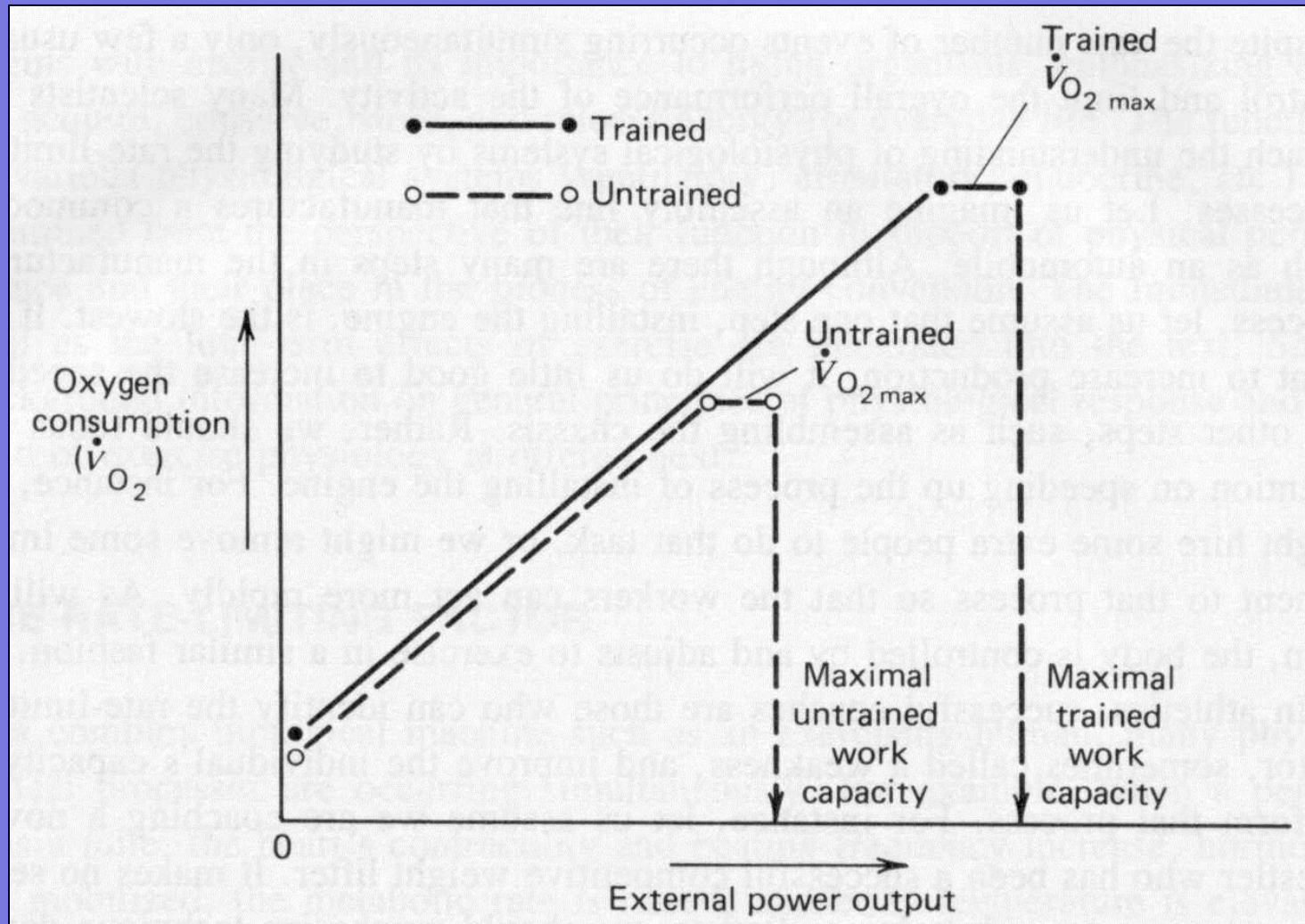
Capacidade aeróbica (VO_2max)

Consumo máximo de oxigênio

- Ocorre a estabilização do VO_2 quando se aumenta a carga de exercício (teste progressivo)
- Representa a capacidade cardiorrespiratória
- Indicador da capacidade aeróbica

Potência do exercício e $\dot{V}O_2$

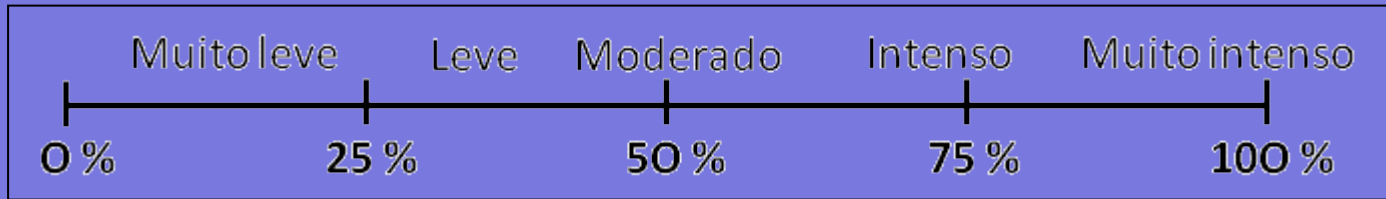
- Comparação entre sedentário e treinado-



Percentual do VO_2max

- **Corresponde à intensidade relativa do exercício**
- **Expressa a intensidade do exercício em percentual (%) da capacidade aeróbica individual (VO_2max)**
- **Representa o nível de estresse do exercício para o indivíduo**
- **Principal determinante do nível das adaptações bioquímicas e fisiológicas ao exercício físico**

Percentual do VO_2max



VO_2 pico individual

Consumo de oxigênio de pico

- maior valor de VO_2 atingido durante o exercício progressivo**
- não ocorre um platô**

Formas de se expressar o $\dot{V}O_2$ de um indivíduo

$\dot{V}O_2$ absoluto: $\dot{V}O_2 = \text{L} / \text{min}$

$\dot{V}O_2$ relativo: $\dot{V}O_2 = \text{mL} / \text{kg} / \text{min}$

Formas de se expressar a intensidade do exercício

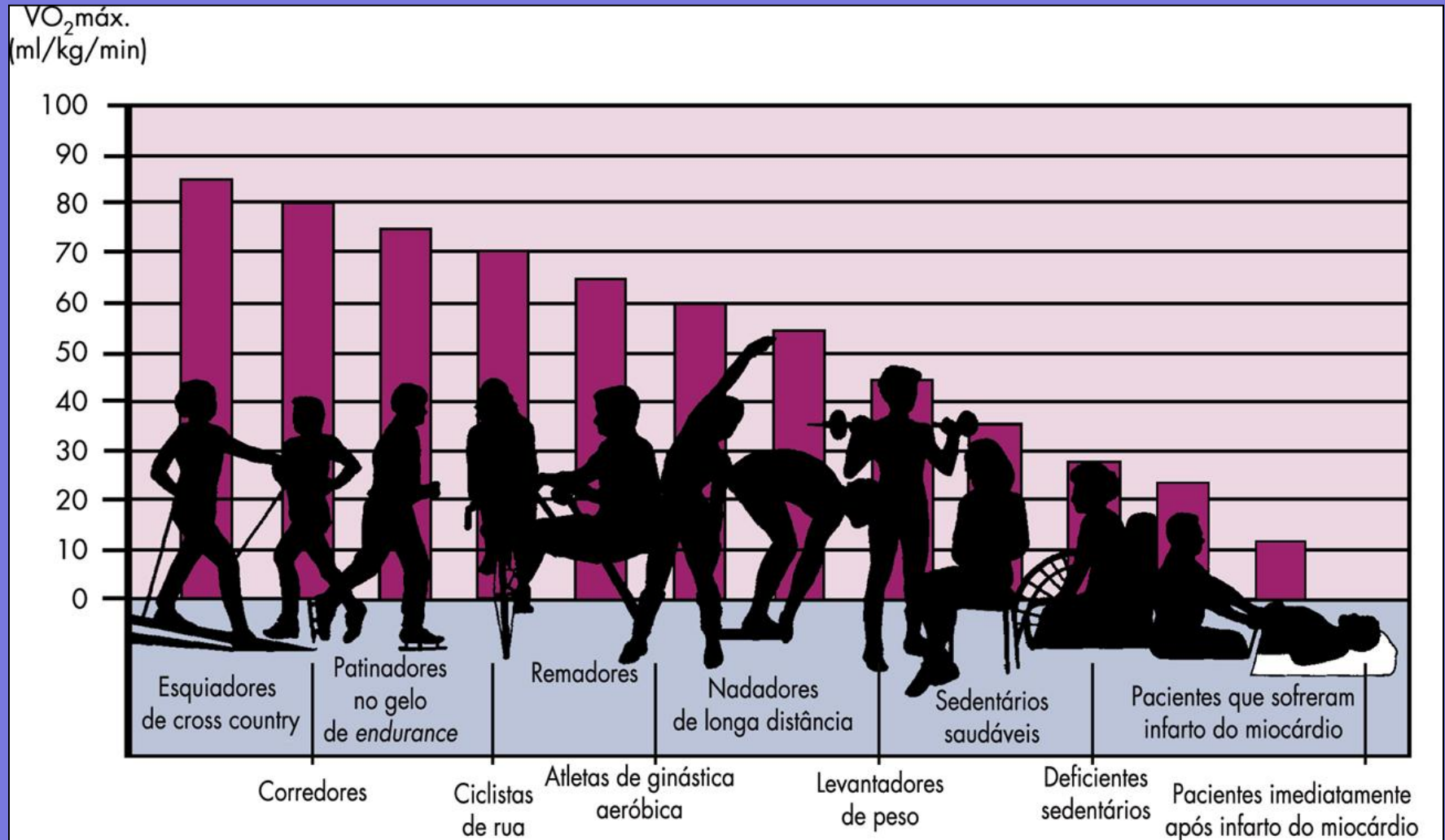
Absoluta = expressa em unidade de potência / trabalho

**Exemplo: km/h, Watt, m/min
VO₂ (L/min)**

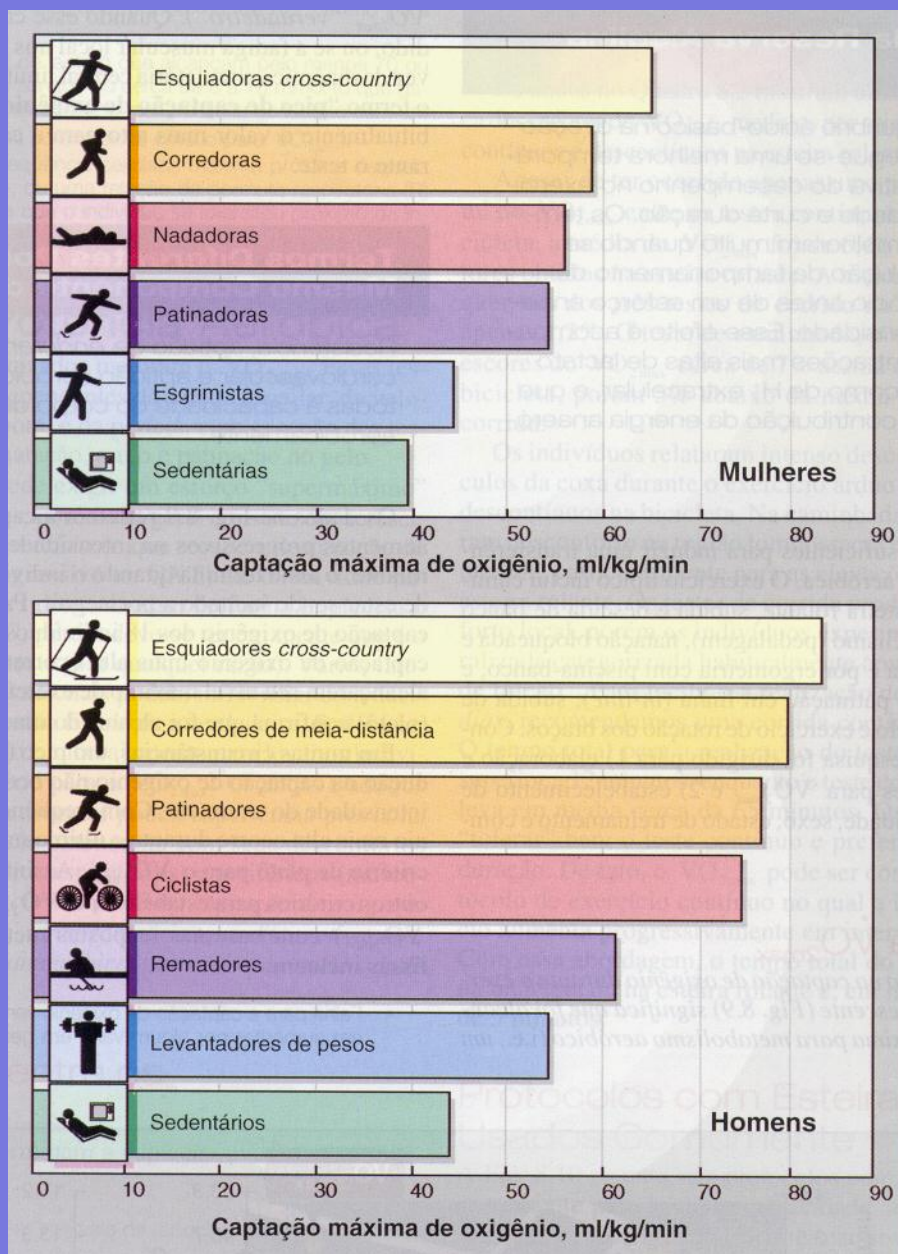
Relativa = expressa em percentagem do máximo do indivíduo

**Exemplo: % Potência máx
% força máx. / Veloc máx
% VO₂ máx**

Valores de VO_2 máx. medidos em praticantes de diferentes modalidades esportivas



Valores de VO_2 max medidos em praticantes de diferentes modalidades esportivas

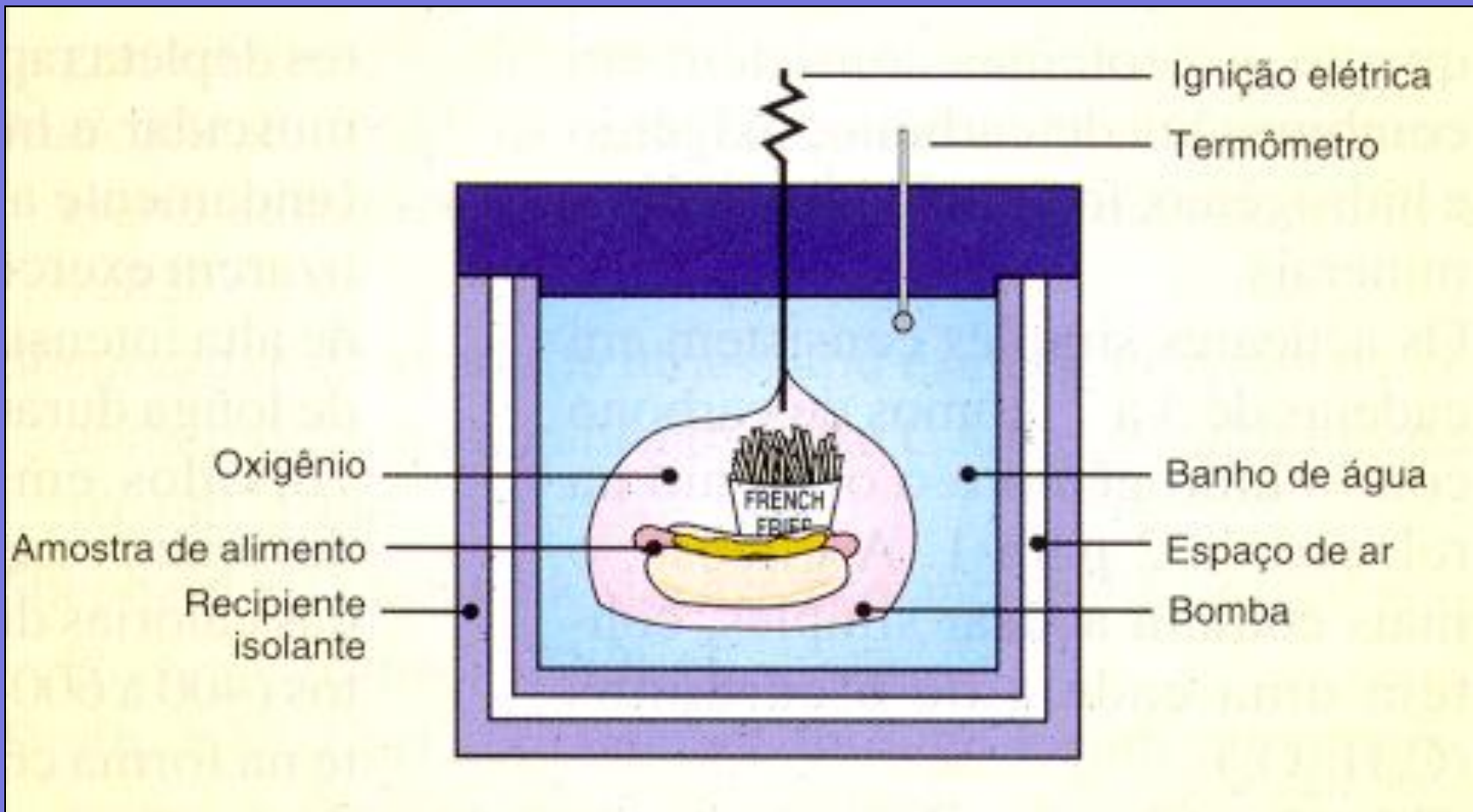


Gasto Calórico da Atividade Física

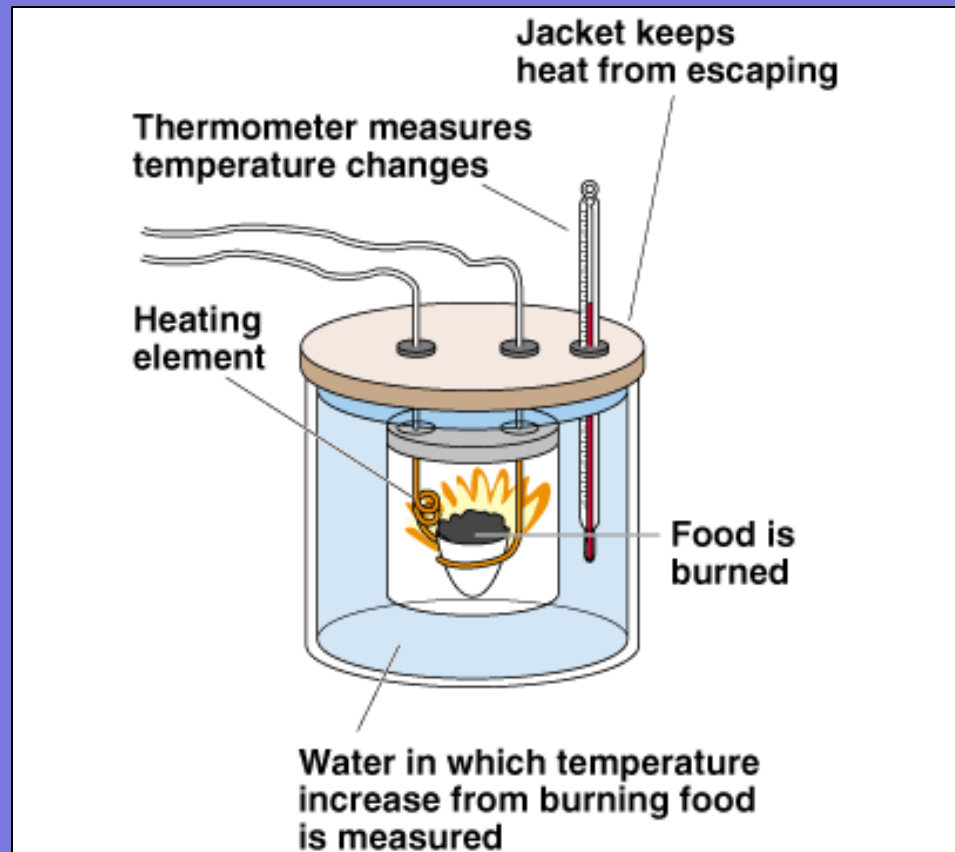


Calorimetria Direta = Calorímetro Tipo Bomba

Medida direta do calor produzido pela oxidação do alimento

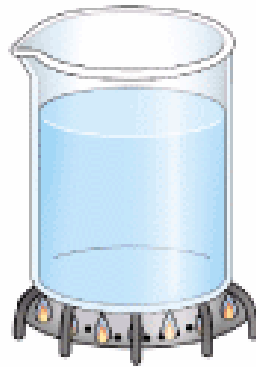


Calorimetria Direta - Calorímetro Tipo Bomba



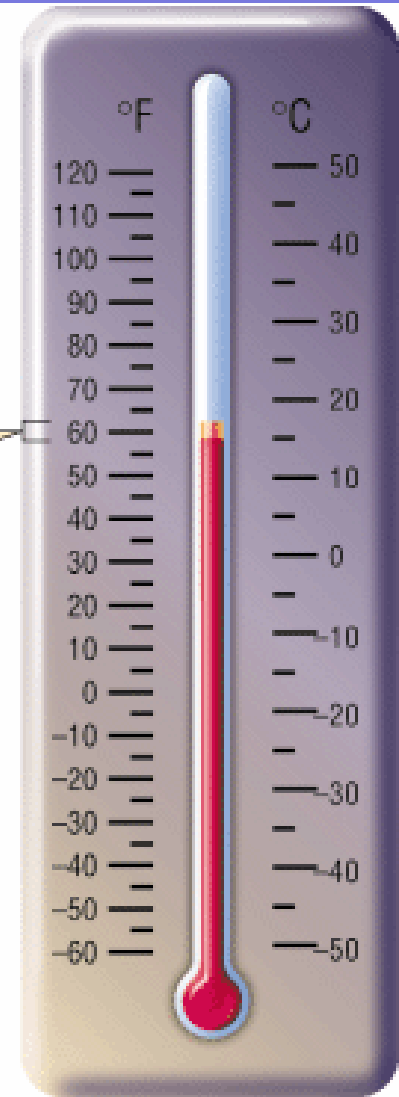
Medida do **calor** produzido quando o alimento é oxidado

Definição de Caloria



Caloria = quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 g de água em um 1°C.

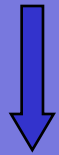
(de 15°C para 16°C)



1 Kcal = 1.000
cal

Valor Calórico dos Alimentos

**1 g
Carboidrato**



4 Kcal

**1 g
Gordura**



9 Kcal

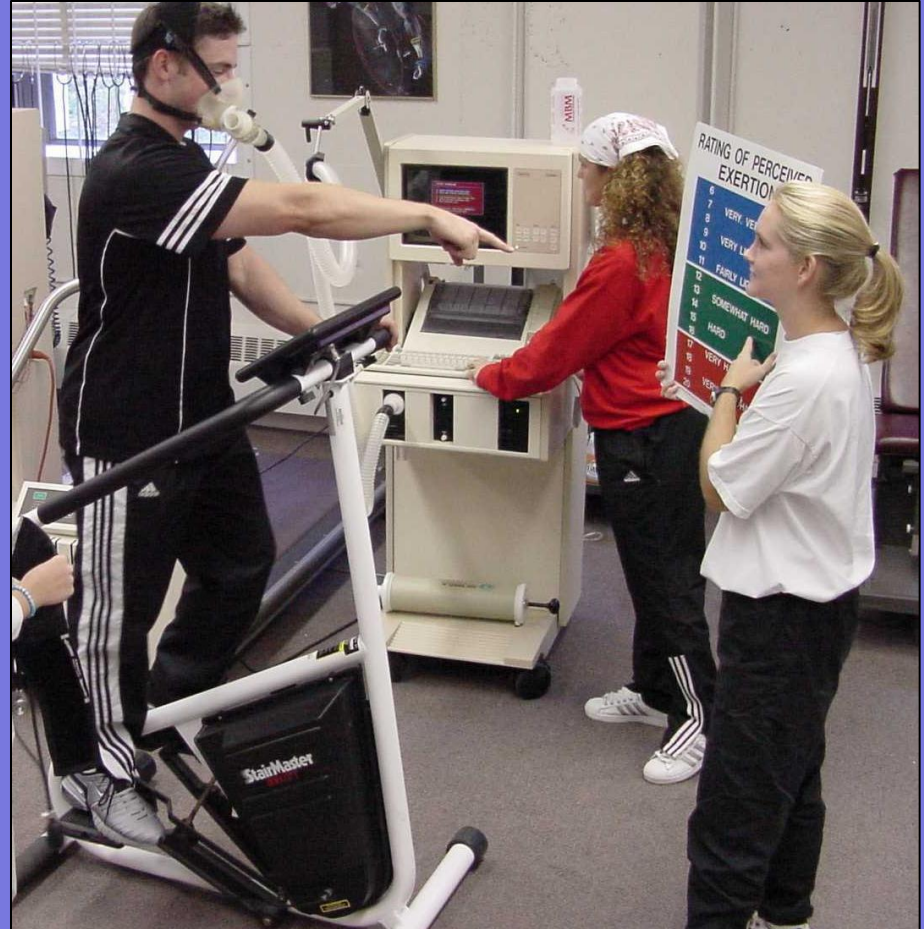
**1 g
Proteína**



4 Kcal



Gasto Calórico da Atividade Física



Gasto Calórico da Atividade Física

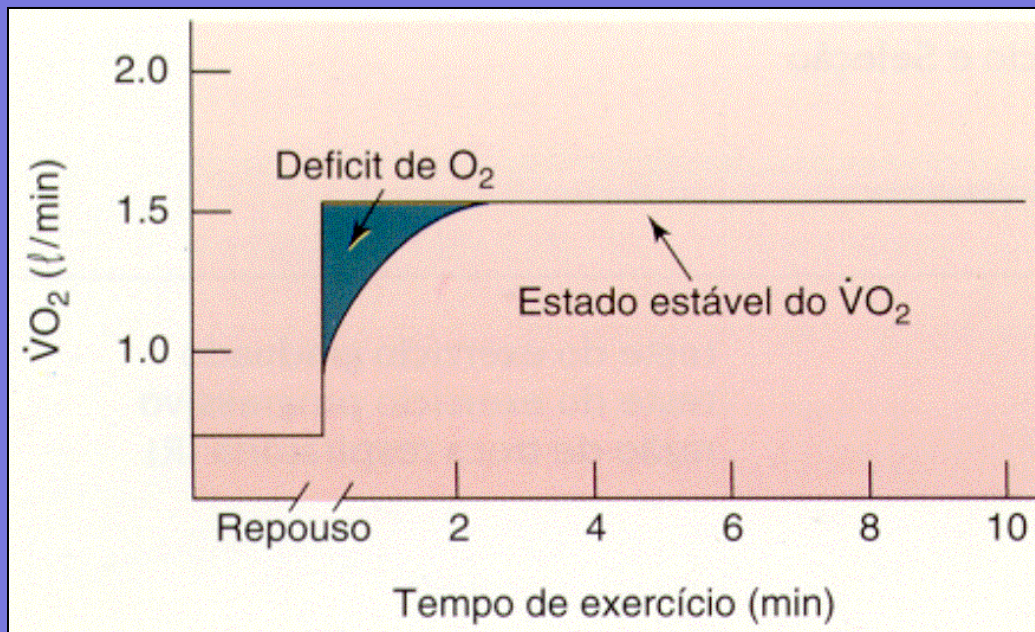
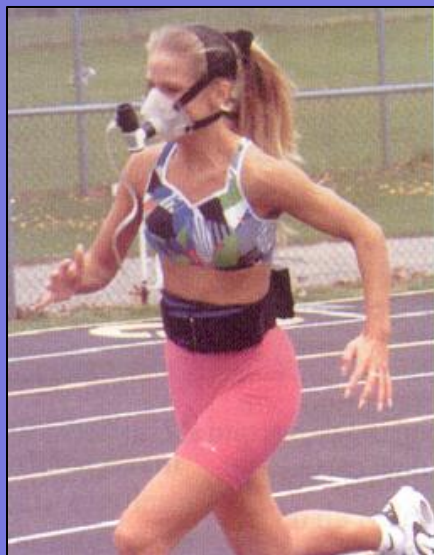


Gasto Calórico da Atividade Física



Gasto Calórico da Atividade Física

$$\text{Gasto Calórico} = \dot{V}O_2 \times \text{Eq. Calórico do } O_2$$



Equivalente Calórico do Oxigênio

OXIDAÇÃO DE GLICOSE



1 mol de gás = 22,4 L

6 mol de O_2 = 134,4 L \longrightarrow 686 kcal

1 L de O_2 = 5,1 Kcal

Equivalente Calórico do Oxigênio

OXIDAÇÃO DE ÁCIDO PALMÍTICO



1 mol de gás = 22,4 L

23 mol de O_2 = 515,2 L \longrightarrow 2.421 kcal

1 L de O_2 = 4,7 Kcal

Equivalente Calórico do Oxigênio

- valor mista -

Oxidação de carboidrato 5,1 Kcal / L O₂

Oxidação de gordura 4,7 Kcal / L O₂

Oxidação mista 5,0 Kcal / L O₂

Calcule o seu gasto energético

**Durante 30 min de exercício no ciclo;
intensidade = 1,0 L O_2 /min**



Calcule o seu gasto energético

**Durante 30 min de exercício no ciclo;
intensidade = 1,0 L_{O₂}/min**

$$1,0 \text{ L/min} \times 5,0 \text{ Kcal / L} = 5,0 \text{ Kcal / min}$$

$$5,0 \text{ Kcal / min} \times 30 \text{ min} = 150 \text{ Kcal}$$

Calcule o seu gasto energético

**Durante 60 min de corrida;
intensidade = 2,5 L O_2 /min**



Calcule o seu gasto energético

**Durante 60 min de corrida;
intensidade = 2,5 L_{O₂}/min**

$$2,5 \text{ L/min} \times 5,0 \text{ Kcal / L} = 12,5 \text{ Kcal / min}$$

$$12,5 \text{ Kcal / min} \times 60 \text{ min} = 750 \text{ Kcal}$$

Referência bibliográfica básica

Livro: Fisiologia do Exercício – McArdle & Katch & Katch

Cap. 4– Valor energético dos alimentos

Cap. 5 – Introdução à transferência de energia

Cap. 6- Transferência energética no corpo

Cap. 7 – Transferência energética no exercício

Cap. 8 – Medida do gasto energético humano