

BE066 – Fisiologia do Exercício

Bioenergética

Sergio Gregorio da Silva, PhD

Objetivos

- Definir Energia
- Descrever os 3 Sistemas Energéticos
- Descrever as diferenças em Produção de Energia

Bioenergética

- Estuda as fontes de Energia em organismos vivos e como a energia é utilizada
- Para qualquer atividade física, energia deve ser gerada e usada pelo corpo para desenvolver a tarefa

Energia

- Definição de **Energia**: Capacidade de realizar trabalho
- Definição de **Trabalho**: Aplicação de força através de uma distância

6 Formas de Energia

- Energia Química
- Energia Mecânica
- Energia Térmica
- Energia Luminosa
- Energia Elétrica
- Energia Nuclear



Energia Química

- Alimentos contém energia
- São armazenados como glicogênio, gordura e proteína
- Podem ser utilizados para produzir a energia necessária para produzir ATP



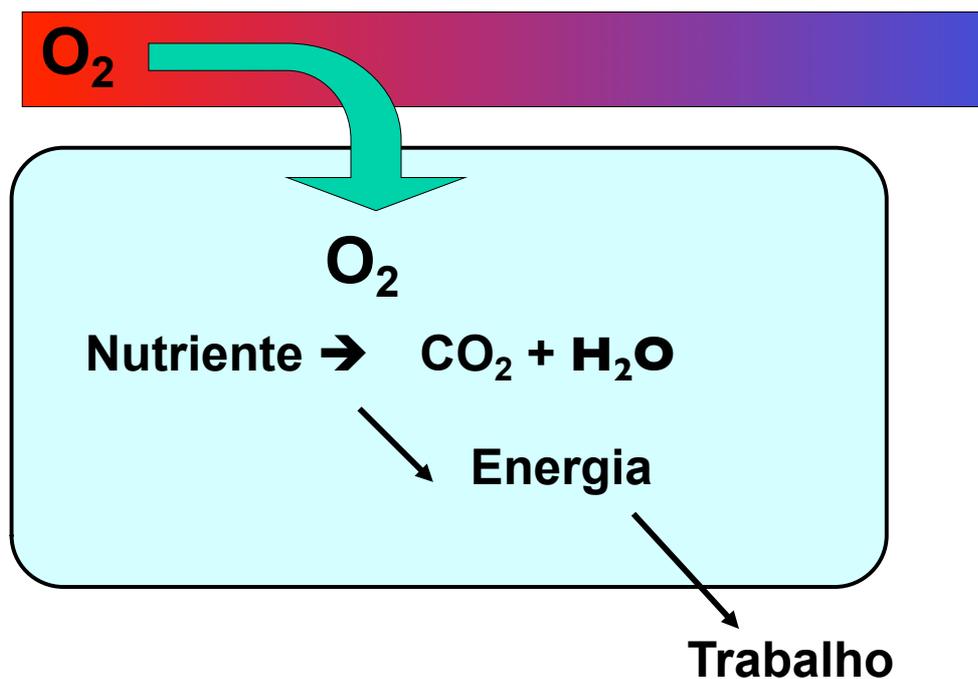
Energia

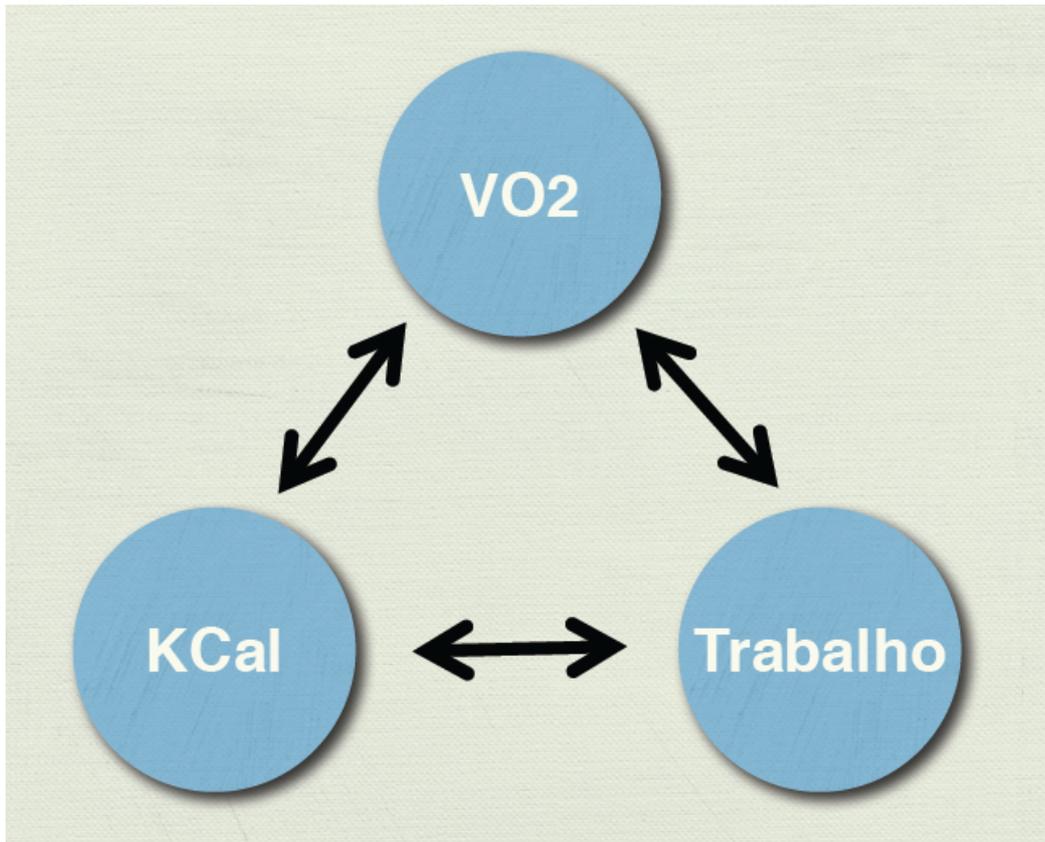
- A energia origina-se no Sol (energia nuclear que chega a terra na forma de luz solar);
- Vegetais → Armazenam luz solar na forma de energia química usada para formar glicose, celulose, proteínas e lipídios a partir do CO₂ e H₂O → Processo de Fotossíntese
- Alimento+O₂ → CO₂+H₂O+Energia → Respiração
- Energia → Crescimento e Contração Muscular

- Tipicamente 60 a 70% da energia usada pelo corpo é liberada como calor.
- A energia restante é usada para a atividade muscular e processos celulares

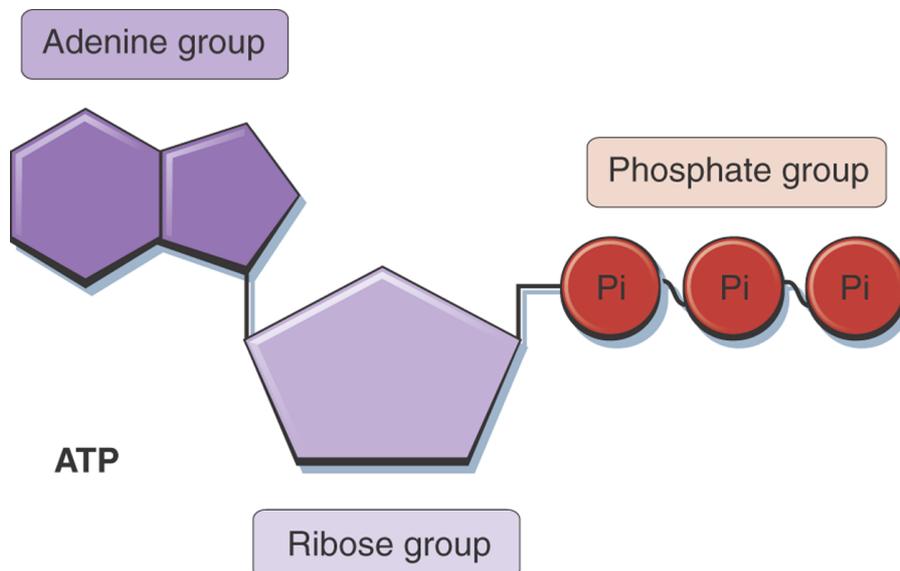
Quilocaloria (Kcal)

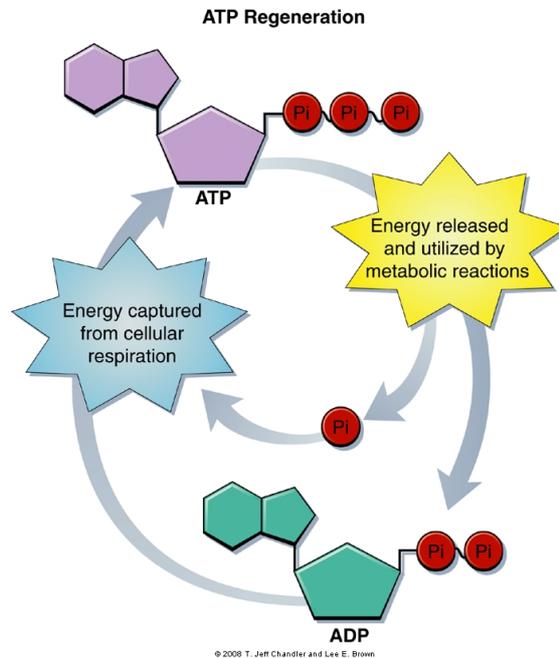
- A energia em sistemas biológicos é medida em quilocalorias (Kcal).
- 1 Kcal é a quantidade de energia (calor) necessária para aquecer 1 kg de água de 1°C numa temperatura 15 °C.





ATP





Sistemas Energéticos

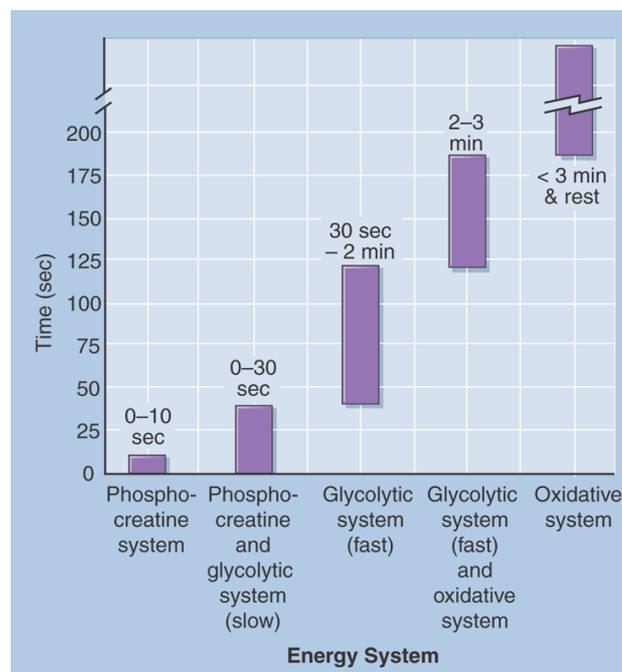
Fontes de Produção de ATP

- Produção Anaeróbica de ATP
- Sistema ATP-PC (Sistema dos Fosfagênios)
- Glicólise Anaeróbica
- Produção Aeróbica de ATP
- Fosforilação Oxidativa

Sistemas Energéticos e sua contribuição aproximada para exercícios de máxima intensidade de diversas durações

Sistema Energético	Duração
Sistema PCr	0 - 10s
Sistema PCr e Sistema Glicolítico (lento)	10 - 30 s
Sistema Glicolítico (rápido)	30s - 2 min
Sistema Glicolítico (rápido) e Oxidativo	2 - 3 min
Sistema Oxidativo	> 3 min / repouso

Em nenhum momento um sistema Energético é utilizado exclusivamente



Fontes de Energia

- Em repouso, o corpo usa carboidratos e lipídios como combustível para produzir energia
- Proteínas fornecem pouca energia para a atividade celular, mas servem como base para a formação de tecidos corporais
- No exercício leve para intenso, o corpo utiliza principalmente carboidratos para produzir energia

Carboidratos

- Prontamente disponíveis (se incluídos na dieta) e facilmente metabolizados pelos músculos
- Ingeridos, são captados pelos músculos e fígado e convertidos a glicogênio
- Glicogênio estocado no fígado é reconvertido em Glicose de acordo com as necessidades e transportado pelo sangue para o músculos para formar ATP

Lipídios

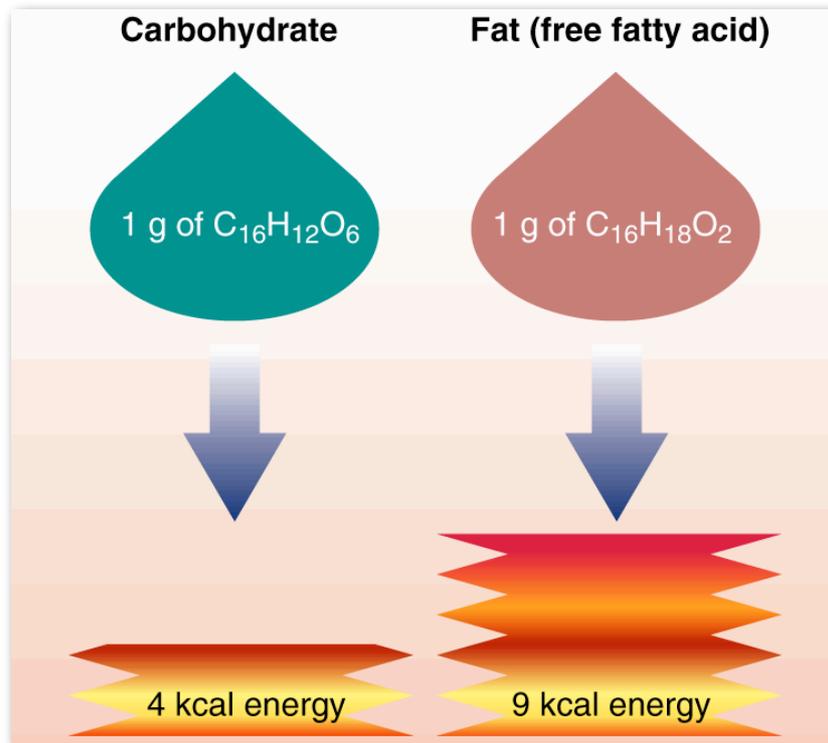
- Fornecem energia substancial durante atividade prolongada, de baixa intensidade
- Os estoques de lipídios são maiores do que as reservas de carboidratos
- Menos disponíveis para o metabolismo porque devem ser reduzidos a glicerol e ácidos graxos livres (AGL).

Estoques corporais de combustíveis e energia

	Gramas	Kcal
Carboidratos		
Glicogênio Hepático	110	451
Glicogênio Muscular	250	1,025
Glucose em Fluidos Corporais	15	62
Total	375	1538
Lipídios		
Subcutâneo	7,800	70,980
Intramuscular	161	1,465
Total	7,961	72,445

OBS: estimativas baseadas em Massa corporal de 65 kg (com 12% de gordura corporal)

CARBOIDRATO vs GORDURA



Proteína

- Podem ser utilizados como fonte de energia se convertidos a glicose via gliconeogênese.
- Podem gerar AGL após momentos de jejum prolongado através da lipogênese
- Somente as unidades básicas das proteínas — amino ácidos — podem ser utilizados para energia

Bioenergética — Produção de ATP

- Sistema ATP-CP
- Sistema Glicolítico
- Sistema Oxidativo

Molécula de ATP



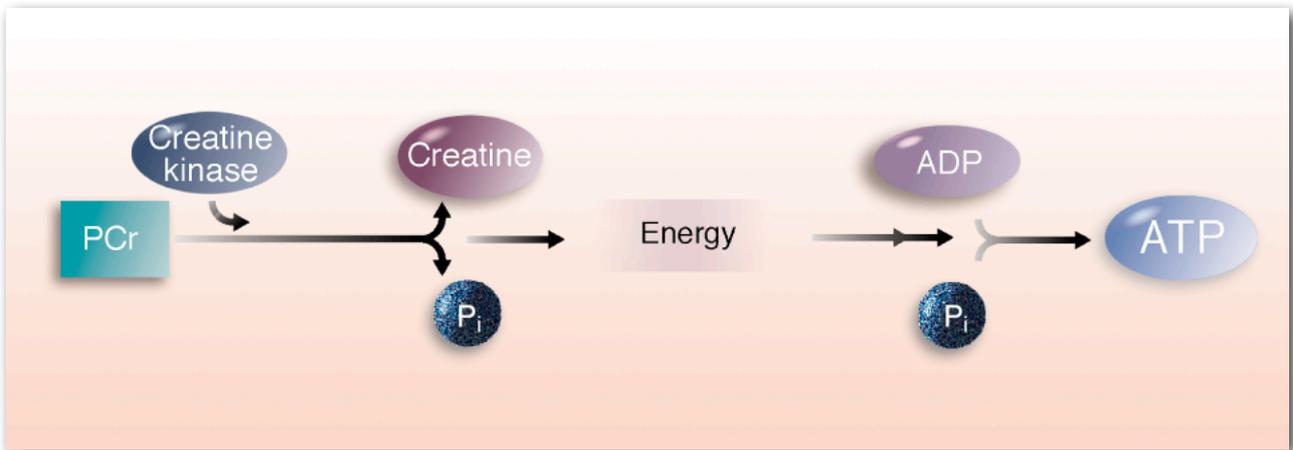
Sistema ATP-PC

- Capaz de suprir a maioria do ATP quando energia muscular é necessária por um período breve
- Irá suprir energia nos estágios iniciais de todos os tipos de exercício
- ATP é produzido anaerobiamente
- 1 mol de ATP é produzido por mol de fosfocreatina (CP)

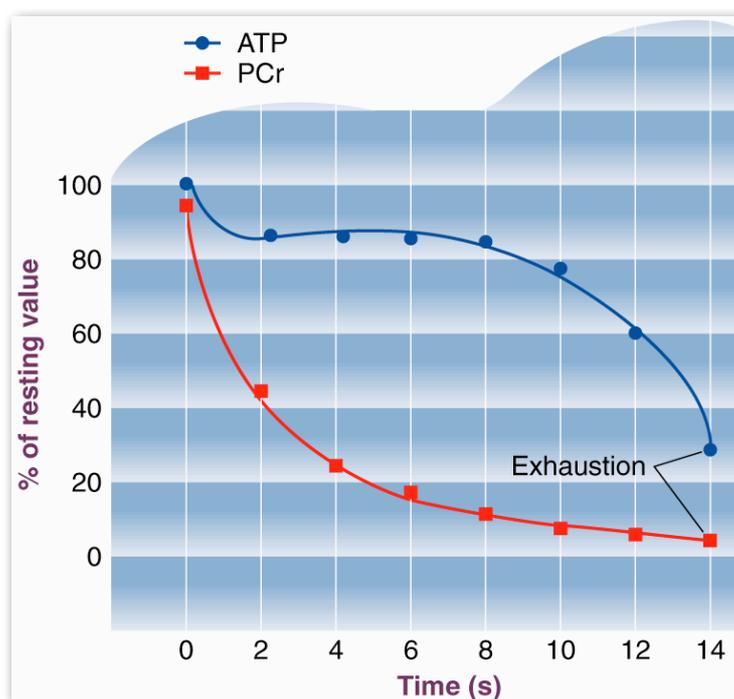
Adenosina Trifosfato (ATP)

- Energia dos alimentos → ATP (armazenado nas células musculares);
- Adenosina + 3 grupos fosfato
- Ligações de Alta Energia → 2 grupos fosfatos terminais
- Hidrólise do ATP → ADP + Pi + Energia (7 – 12 Kcal)
- Fonte imediata de energia para a contração muscular

Ressíntese de ATP com CP



ATP e CP durante o sprint



Sistema Glicolítico

- Requer 12 reações enzimáticas para quebrar glicose e glicogênio até ATP
- Glicólise que ocorre no sistema glicolítico é anaeróbia (sem oxigênio)
- O ácido pirúvico produzido pela glicólise anaeróbia se torna ácido láctico
- 1 mol de glicogênio produz 3 mol de ATP; 1 mol de glicose produz 2 mol de ATP

Degradação e síntese do glicogênio

- **Glicólise:** quebra da glicose; pode ser anaeróbia e aeróbia
- **Gliconeogênese:** Síntese de glicogênio a partir da glicose para ser estocado no fígado
- **Glicogenólise:** Quebra do glicogênio em glicose-1-fosfato para ser utilizado pelos músculos

Sistema Oxidativo

- Necessita de oxigênio para quebra de nutrientes
- Produz ATP na mitocôndria das células
- Pode liberar mais energia (ATP) que os sistemas anaeróbios
- É o método primário de produção de energia durante eventos de endurance

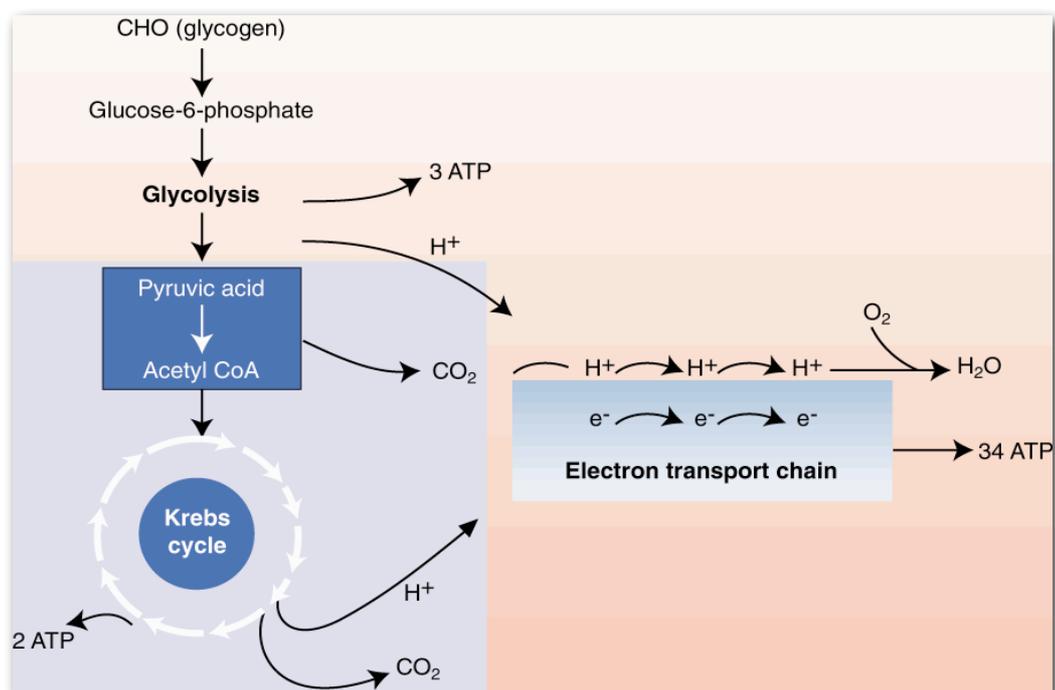
Produção Oxidativa do ATP

- Glicólise aeróbia
- Ciclo de Krebs
- Cadeia de Transporte de Elétrons

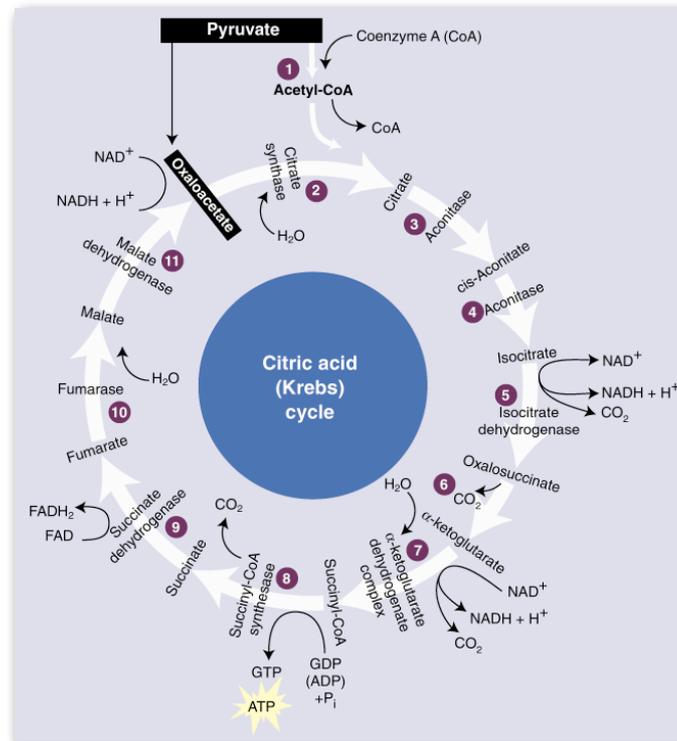
Características do Sistema Oxidativo

- Envolve 124 reações químicas
- Contém 30 compostos e 27 enzimas
- As enzimas limitantes são a PFK, ID e CO
- Funciona lentamente
- Tem uma duração “ilimitada” em intensidade lenta
- Fadiga neste sistema é associada com depleção de Glicogênio
- É o sistema energético predominante em eventos de endurance, como maratonas

Glicólise Aeróbica e a Cadeia de Transporte de Elétrons



Ciclo de Krebs



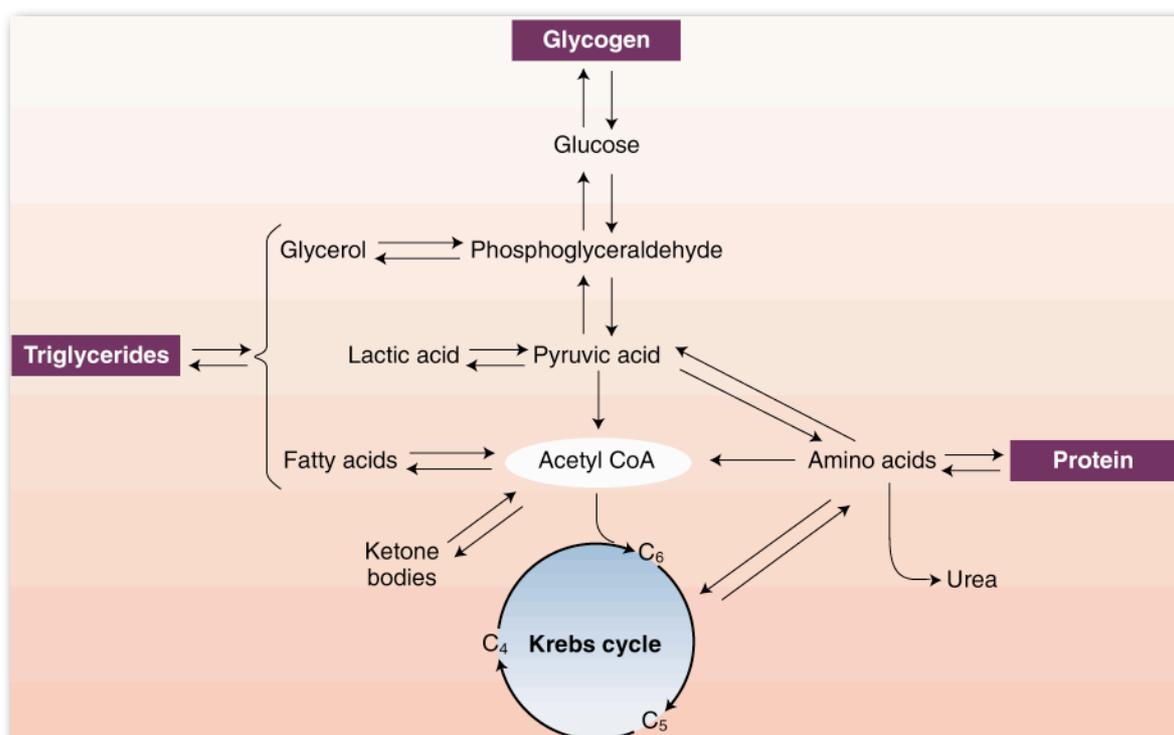
Oxidação do Piruvato

- Ácido Pirúvico da glicólise é convertido em acetil-coenzima A (acetil-CoA).
- Acetil-CoA entra no Ciclo de Krebs forma: 2 ATP, dióxido de carbono e hidrogênio
- Hidrogenio na célula combina com 2 coenzimas que o carregam para a cadeia de transporte de eletrons
- A Cadeia de Transporte de Eletrons recombina os átomos de hidrogênio para produzir ATP e água
- Uma molécula de glicogênio pode gerar até 30 moléculas de ATP

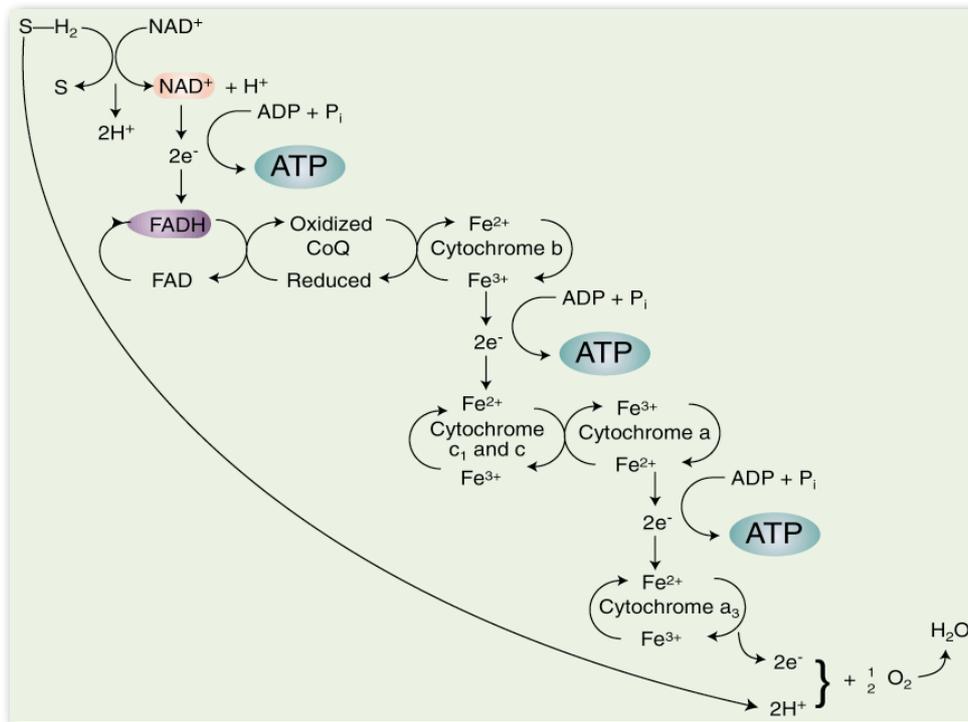
Oxidação da Gordura

- Lipólise: quebra de triglicerídeos em glicerol e ácidos graxos livres (AGLs)
- AGLs trafegam no sangue até as fibras musculares a são quebrados por enzimas na mitocondria em ácido acético que é convertido a acetil CoA
- Acetil CoA entra no ciclo de Krebs e na cadeia de transporte de elétrons
- A oxidação de gordura requer mais oxigênio e gera mais energia que a oxidação de carboidratos

Metabolismo de Lipídios



Fosforilação Oxidativa



Metabolismo de Proteínas

- O organismo usa pouca proteína durante repouso e exercício (menos que 5% a 10%)
- Alguns amino ácidos que formam proteínas podem ser convertidos a glucose

Fatores metabólicos que limitam a performance

Atividade	Fatores limitantes primários
Maratona	Glicogênio Muscular
Intervalado de alta intensidade (10x40m)	ATP, Glicogênio Muscular, Redução no pH
Alta Intensidade (400m)	Redução no pH