

Fisiologia do Exercício

Bioenergética

SISTEMA GLICOLÍTICO

1. Características:

- Alta Intensidade
- Curta Duração

2. Substrato Energético

- Glicogênio
- Glicose

Prof. Mst. Sandro de Souza

Fisiologia do Exercício

Bioenergética

SISTEMA GLICOLÍTICO

3. Local da Célula

- Citosol

4. Fibras Exigidas

- Rápidas (preferencialmente)
- Lentas




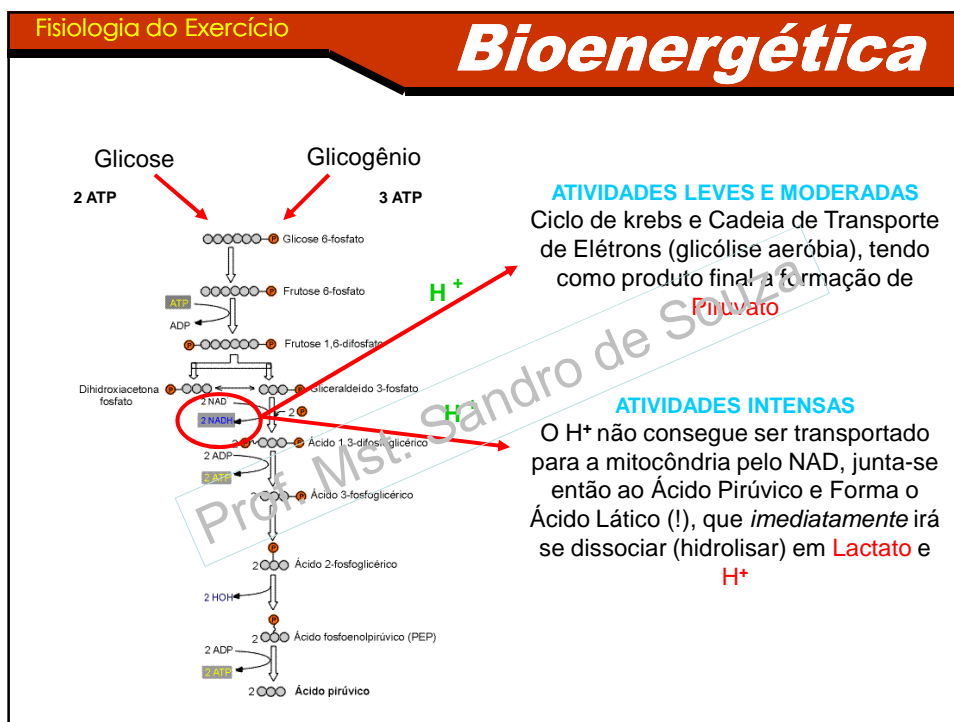

Fisiologia do Exercício

Bioenergética

A energia necessária é oriunda de 2 processos:

- **Glicólise**
Hidrólise da Glicose oriunda da corrente sanguínea, a partir da enzima *hexocinase*, fornecendo inicialmente 2 mol de ATP anaeróbio.
- **Glicogenólise**
hidrólise do glicogênio oriundo do fígado que na célula sofrerá a ação da enzima *glicogênio fosforilase*, fornecendo inicialmente 3 mol de ATP





Fisiologia do Exercício

Bioenergética

O que o acúmulo de H^+ (hidrogênio) ocasiona na célula?

Alteração do pH celular, tornando-o Ácido.

O que é pH?

O pH refere-se a uma medida que indica se uma solução líquida é ácida (pH *menor* que 7), neutra (pH = 7), ou básica/alcalina (pH *maior* que 7).

pH é o símbolo para a grandeza física química de "Potencial Hidrogeniônico"

Alcalino ↑

Neutro

↓ **Ácido**

Alcalose: A alcalose é um termo clínico que indica um transtorno no qual há um aumento na alcalinidade dos fluidos do corpo, isto é, um excesso de base (alcalina) nos líquidos corporais. Geralmente utiliza-se este termo nos casos em que o pH arterial é maior que 7,45.

Acidose: A acidose metabólica é o excesso de acidez no sangue caracterizada por uma concentração anormalmente baixa de carbonatos. Quando um aumento do ácido supera o sistema tampão do pH do corpo, o sangue pode tornar-se realmente ácido.



De que forma o H^+ (hidrogênio) é neutralizado?

1. Sistema Tampão

Formação de molécula de H_2O (água) a partir do Bicarbonato que forma uma Hidroxila OH^- . Assim: $OH^- + H^+ = H_2O$

2. MCT

Transportador de H^+ na membrana celular. Coloca o H^+ para fora da célula

3. Proteínas

As proteínas são alcalinas. A sua utilização pela fibra muscular torna o pH mais alcalino, reduzindo a acidez celular.

Todos os três fatores atuam em conjunto para minimizar o efeito ácido do acúmulo de H^+ . Caso este nível de H^+ permaneça elevado, as enzimas celulares desnaturarão.

1. O que é Lactato?

R: Lactato é um composto orgânico produzido naturalmente no corpo humano e também utilizado como fonte de energia para atividades físicas em gerais. O lactato é encontrado nos músculos, no sangue, e em vários órgãos. A presença de lactato é necessária para que o corpo funcione propriamente. É o produto final do metabolismo da glicose na via glicolítica, formado em condições de oxigenação inadequada nas fibras musculares com poucas mitocôndrias. (Powers e Howley, 2000)

2. De onde vem o Lactato?

R: A principal fonte de produção de lactato é a quebra de carboidratos chamados de glicogênio. Glicogênio se quebra em uma substância chamada piruvato e produz energia. Geralmente esse processo é referido como Energia Anaeróbia devido a não utilização de Oxigênio. Quando piruvato se quebra ainda mais, esse processo produz ainda mais energia. Esta energia é chamada de energia aeróbia devido a utilização do Oxigênio. Se o piruvato não se quebra, este geralmente é transformado em lactato.

3. Quando Lactato é produzido?

R: Quando a intensidade da atividade física é elevada a ponto das reações metabólicas não obtiverem energia aeróbia. A ineficácia em utilizar o piruvato como energia, fará com que ele fique elevado e seja convertido em lactato.



O acúmulo de lactato é um importante indicador de treinamento. Quando lactato é produzido, isto é uma indicação de que a energia aeróbia está sendo limitada durante a atividade.

4. Para onde o Lactato vai?

R: Inicialmente quando é produzido, o lactato tem a tendência de sair do músculo onde se encontra, e acaba entrando em outros músculos vizinhos (fibras lentas) na corrente sanguínea, ou no espaço entre células musculares contendo uma menor concentração de lactato. Quando o lactato é recebido em um músculo qualquer provavelmente será transformado novamente em piruvato para ser utilizado como **energia aeróbia**. O lactato pode ser utilizado como combustível pelo coração, e também pode ser convertido novamente em glicose e glicogênio no fígado. Há algumas evidências em que certas quantidades de lactato podem também ser transformadas em glicogênio nos próprios músculos.

3. Como medir o Lactato?

R: A grande maioria das medidas de lactato utilizam amostras sanguínea. Quando uma amostra de sangue é utilizada, a quantidade de lactato no sangue é expressada como uma concentração de *milimols por litro*. Como exemplo, os níveis de lactato em humanos durante repouso estão geralmente entre 1.0 mmol/l e 2.0 mmol/l.

Limiar Anaeróbio x Limiar de Lactato

- Ponto máximo onde a produção é igual a remoção;
- Geralmente, este momento ocorre em concentrações sanguíneas de lactato de 4 mmols (Mader, 1978)
- Deflexão da curva de concentração para a esquerda.
- Quanto maior a capacidade de realizar exercícios em intensidades maiores neste nível de concentração, maior o condicionamento, ou seja, maior o Limiar de Lactato.

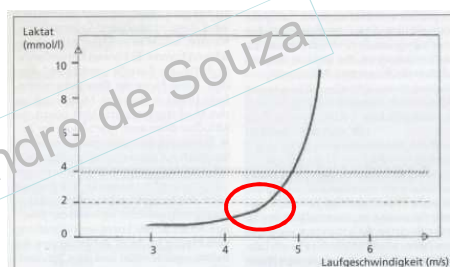
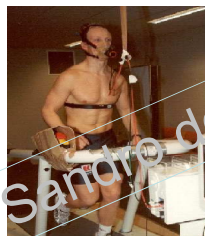


Abb. 33: Mit Zunahme der Laufgeschwindigkeit erhöht sich ab einem bestimmten Moment die Milchsäureproduktion. Die Belastungsintensität ist dann so hoch, dass die anaerobe Energiebereitstellung wichtig wird.

Como medir os níveis de lactato?**Métodos Diretos**

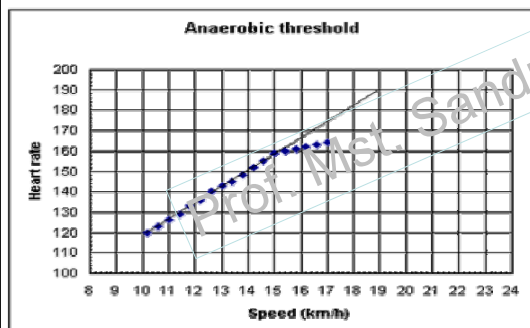
1. Amostra de sangue
2. Ergoespirometria

**Métodos Indiretos**

1. Protocolos de determinação de velocidade do limiar (VLan) Weltman, e deflexão da FC de Conconi



- Limiar Anaeróbio

LIMIAR DA DEFLEXÃO DA FC CONCONI

A determinação indireta do limiar anaeróbio através da identificação, em um teste progressivo, do ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), a partir do qual ocorre a perda da linearidade em resposta ao aumento da intensidade do Exercício.

CONCONI (1982)

Devido à praticidade e fidedignidade, pode-se sugerir o LC como o método para determinação do LAn mais indicado para academias.

SILVA e Col (2005)

- Limiar Anaeróbio

ART WELTMAN - PISTA

Percorrer 3200 metros no menor tempo
Fazer a correção do tempo em segundos

Ex: 3200 metros em 15' 46"

CORREÇÃO DO TEMPO

$$T_c = (\text{tempo em seg} \times 100) / 60$$

$$T_c = (46 \times 100) / 60$$

$$T_c = 4600 / 60$$

$$T_c = 76,6 \text{ ou } 77$$

Utilizar este valor

VELOCIDADE DO LIMIAR

$$VL = 509,5 - (20,82 \times T_c)$$

$$VL = 509,5 - (20,82 \times 15,77)$$

$$VL = 509,5 - 328,33$$

$$VL = 181,17 \text{ metros / minuto}$$

Passar a VL em m/min para Km/hora

- Limiar Anaeróbio

ART WELTMAN - PISTA**VELOCIDADE DO LIMIAR**

$$VL = 181,17 \text{ metros / minuto}$$

TRANSFORMAÇÃO DA VL

$$VL_{km} = VL_{m/min} \times 0,06$$

$$VL_{km} = 181,17 \times 0,06$$

$$VL_{km} = 10,87 \text{ Km / hora}$$

COMO TREINAR?**VELOCIDADE DO LIMIAR**

$$VL = 10,87 \text{ Km/h}$$

1. Qual a Distância (ex: 258m)
2. Determinar o tempo por volta

TEMPO POR VOLTA

$$Tv = (\text{Distância} \times 3,6) / VL$$

$$Tv = (258 \times 3,6) / 10,87$$

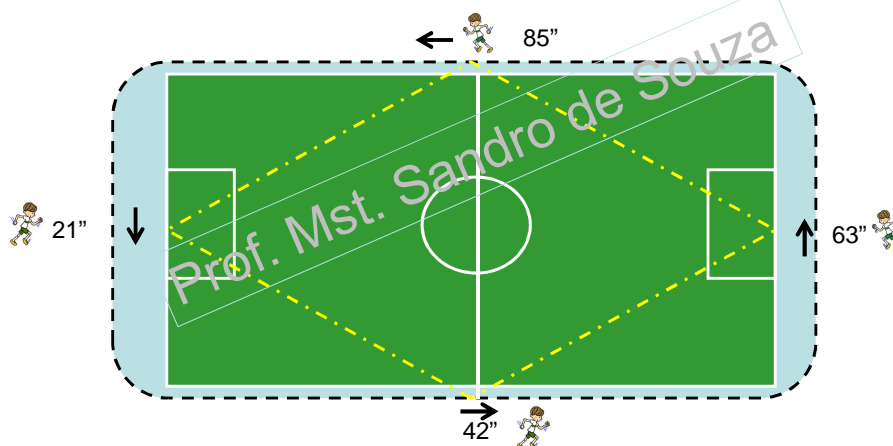
$$Tv = 928,8 / 10,87$$

$$Tv = 85 \text{ segundos ou } 1'25''$$

Dividir o Tempo total da volta por 4

$$Tv = 85 \text{ segundos ou } 1'25''$$

$$85 / 4 = 21 \text{ segundos por parcial}$$



MÉTODOS DE TREINAMENTO**INTERVALADO - ADULTO**

- AA** – Anaeróbio Alático
- AL** – Anaeróbio Láctico
- R** – Recuperação (intervalo entre séries)
- A** – Ativa (entre 40 a 50% do VO_2)
- P** – Passiva (abaixo de 40% do VO_2)
- L** – Longa (acima de 1:4)
- C** – Curta (abaixo de 1:4)

**MÉTODOS DE TREINAMENTO****INTERVALADO**

- **AARAC** – resistência a acidose
- **AARPL** – restauração de ATP
- **ALRAL** – remoção de acidose
- **ALRAC** – resistência a acidose
- **AARPC** – mista (resistência a acidose e pouco restauração de ATP)

Fisiologia do Exercício

Energia

Anota aí...

Próxima Aula:

Produção de ATP a partir do Glicogênio e da Glicose

Prof. Mst. Sandro de Souza

Fisiologia do Exercício

Bioenergética



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Fornecimento de ATP a partir da quebra da Glicose e do Glicogênio pela via aeróbia.

Local da célula: **MITOCÔNDRIAS**

Quantidade de ATPs: **36 a 39 ATPs**

Células Envolvidas: **Musculares**

Os íons de H^+ são oxidados na mesma velocidade que são produzidos. Este processo é conhecido como "Estado estável". Temos ao final a formação de **Piruvato** e **H_2O** .



Fundamental para a manutenção das atividades com intensidades elevadas e períodos de tempo relativamente pequeno.

Prof. Mst. Sandro de Souza



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Inicialmente a Glicose fornece **2 ATP**, e o Glicogênio **3 ATP** ainda no citosol celular.

Essa formação inicial é conhecida Como "a *Nível do Substrato*".

A continuidade da Glicólise e da Glicogenólise só é possível devido o transporte dos íons de H^+ reduzidos para NADH. Este transporte é mediado por duas lançadeiras, que se localizam na membrana mitocondrial.

Vamos começar a contar?

A nível do substrato:

Glicose = 2 ATP

Glicogênio = 3 ATP

Fundamental para a manutenção das atividades com intensidades elevadas e períodos de tempo relativamente pequeno.



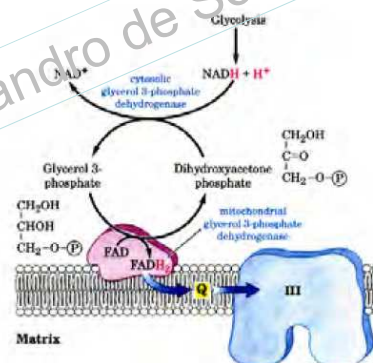
Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Lançadeiras de H^+ , fundamentais para a manutenção da atividade intensa.

GLICEROL-FOSFATO

Lançadeira Glicerol Fosfato

Lançadeira encontrada nas células dos músculos esqueléticos e células cerebrais. Cada vez que um íon de H^+ passa pela lançadeira, são produzidos **2 ATP**. Como durante a glicólise ainda no citosol são formados dois NADH, o H^+ passa duas vezes pela lançadeira, gerando no total **4 ATP**.





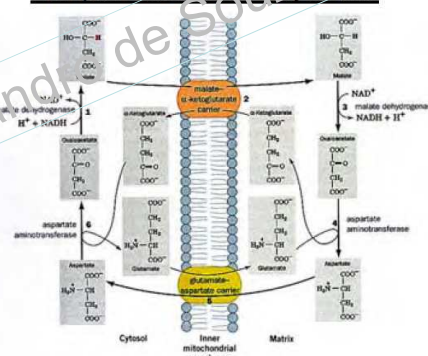
Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Lançadeiras de H^+ , fundamentais para a manutenção da atividade intensa.

ASPARTATO-MALATO

Lançadeira encontrada nas células dos rins, fígado e coração. Cada vez que um íon de H^+ passa pela lançadeira, são produzidos **3 ATP**. Como durante a glicólise ainda no citosol são formados dois NADH, o H^+ passa duas vezes pela lançadeira, gerando no total **6 ATP**.

Lançadeira Malato-Aspartato



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Vamos continuar contando...

• A nível do substrato:

Glicose = 2 ATP

Glicogênio = 3 ATP

• Lançadeiras:

Glicerol-Fosfato = 2 ATP x 2 = 4 ATP

Aspartato-Malato = 3 ATP x 2 = 6 ATP



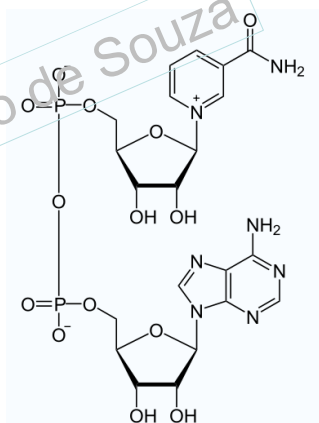
Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Coenzimas fundamentais durante a Glicólise.

NAD

Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo

NAD vem do inglês *Nicotinamide adenine dinucleotide*. É uma coenzima que apresenta dois estados de oxidação: NAD⁺ (**oxidado**) e NADH (**reduzido**). A forma NADH é obtida pela redução do NAD⁺ com dois elétrons e aceitação de um próton (H⁺). É um transportador de H⁺ durante a fosforilação oxidativa. Cada vez que o NAD transporta um H⁺ são formados **3 ATP**.



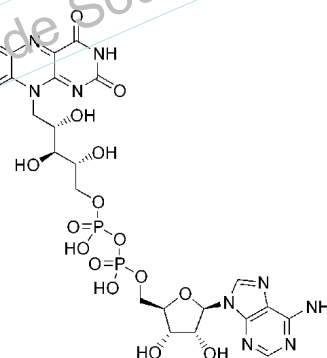
Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Coenzimas fundamentais durante a Glicólise.

FAD

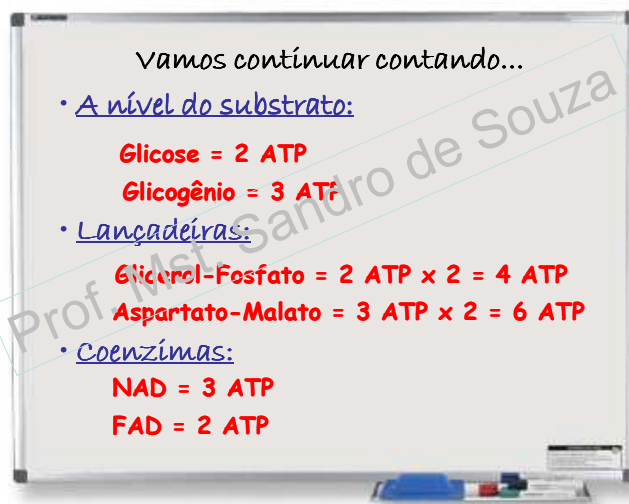
Flavina Adenina Dinucleotídeo

FAD é uma enzima capaz de sofrer ação redox, presente em diversas reações importantes no metabolismo. O FAD pode existir em dois estados de oxidação e o seu papel bioquímico envolve frequentemente alternância entre esses dois estados. O FAD é capaz de se reduzir a FADH₂, estado em que aceita dois **átomos** de **hidrogênio**: O FADH₂ é uma molécula transportadora de energia metabólica, sendo utilizada como substrato na fosforilação oxidativa mitocondrial. Cada vez que é reoxidado o FAD, forma **2 ATP**.





Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

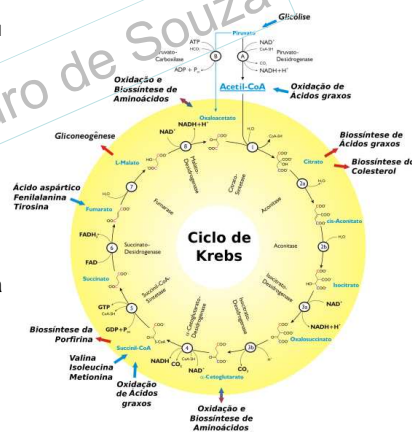


Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

Ciclo de Krebs ou Ciclo do Ácido Cítrico

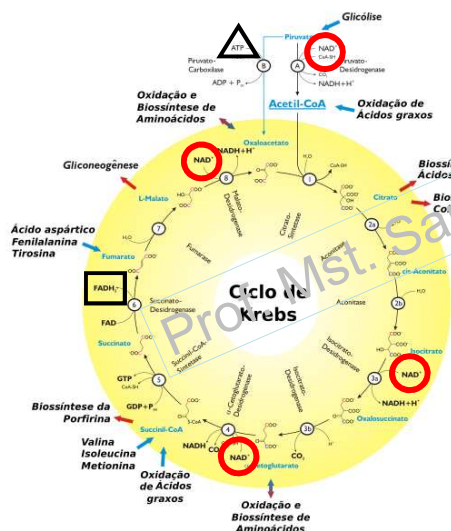
O **ciclo de Krebs**, corresponde à uma série de reações químicas que ocorrem na vida da célula e seu metabolismo. Descoberto por Sir [Hans Adolf Krebs](#) (1900-1981).

O ciclo é executado na mitocôndria e trata-se de uma parte do metabolismo dos organismos aeróbicos (utilizando oxigênio da respiração celular); O ciclo de Krebs é uma rota que possui a finalidade de oxidar a acetil-CoA (acetil coenzima A), que se obtém da degradação de carboidratos, ácidos graxos e aminoácidos a duas moléculas de CO₂. Este ciclo inicia-se quando o piruvato que é sintetizado durante a glicólise é transformado em acetil CoA (coenzima A) por ação da enzima piruvato desidrogenase. Este composto vai reagir com o **oxaloacetato** que é um produto do ciclo anterior formando-se citrato. Após o ciclo de krebs ocorre outro processo denominado **fosforilação oxidativa**.





Glicólise e Glicogenólise Aeróbia



Ciclo de Krebs ou Ciclo do Ácido Cítrico

3 ATP (NAD para entrar)

3 ATP (NAD)

3 ATP (NAD)

3 ATP (NAD)

+

2 ATP (FAD)

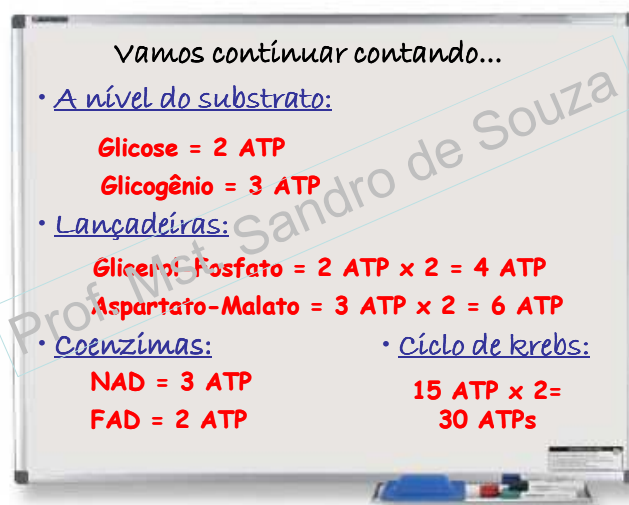
1 ATP (livre)

15 ATPs

Cada vez que o Piruvato roda o Krebs forma 15 ATPs. Como para cada processo temos a formação de duas moléculas de Piruvato, Este processo é duplicado, ou seja, **30 ATPs** são Formados!!!



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia





Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

A Glicose no músculo esquelético gera?

- A nível do substrato:
 - Glicose** → **2 ATP**
- Lançadeiras:
 - Glicerol-Fosfato** → **4 ATP** +
- Ciclo de krebs: → **30 ATP**

36 ATP



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

A Glicogênio no músculo esquelético gera?

- A nível do substrato:
 - Glicogênio** → **3 ATP**
- Lançadeiras:
 - Glicerol-Fosfato** → **4 ATP** +
- Ciclo de krebs: → **30 ATP**

37 ATP



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

A Glicose no músculo cardíaco gera?

- A nível do substrato:
 - Glicose** → **2 ATP**
- Lançadeiras:
 - Aspartato-Malato** → **6 ATP** +
- Ciclo de krebs: → **30 ATP**

38 ATP



Glicólise e Glicogenólise Aeróbia

A Glicogênio no músculo cardíaco gera?

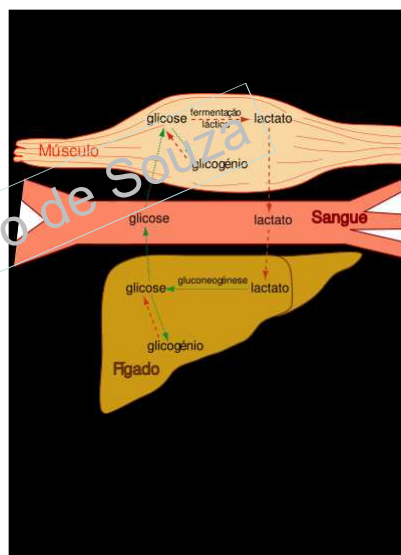
- A nível do substrato:
 - Glicogênio** → **3 ATP**
- Lançadeiras:
 - Aspartato-Malato** → **6 ATP** +
- Ciclo de krebs: → **30 ATP**

39 ATP



Ciclo de Cori

O ciclo de Cori, ciclo dos Cori ou via glicose-lactato-glicose consiste na conversão da glicose em lactato, produzido em tecidos musculares durante um período de privação de oxigênio, seguida da conversão do lactato em glicose, no fígado. O ciclo de Cori é uma cooperação metabólica entre músculos e fígado. Com um trabalho muscular intenso, o músculo usa o glicogênio de reserva como fonte de energia, via glicólise. Ao contrário do que muitos pensam não é o acúmulo de lactato no músculo que causa dor e fadiga muscular, mas o acúmulo do acidez gerado glicolicamente. Os músculos são capazes de manter a carga de trabalho na presença de lactato se o pH for mantido constante.



Anota aí...

Próxima Aula:

**Prática de
Sistema
Glicolítico**

Prof. Mst. Sandro de Souza