**Sistemas de Energia**



A energia para a contração do músculo é derivada diretamente da quebra de adenosina trifosfato através da enzima miosina ATP(Adenosina tri-fosfato). Quando ativada essa enzima, o grupo fosfato (fosfato inorgânico [Pi]) de alta energia é dividido, gerando a quebra da molécula de ATP. Desse modo ocorre a liberação de energia necessária para dirigir as contrações musculares (7,6 kcal/molécula de ATP).

Se a força e a frequência da contração aumenta, o índice de quebra do ATP aumenta. Durante a contração do músculo é importante que a concentração de ATP no músculo não diminua em quantidade substancial, porque isso poderá diminuir o valor da energia livre, mudando e inibindo mais tarde a contração muscular.

A concentração de ATP livre no músculo é, entretanto, bastante limitado e suficiente para a contração máxima de apenas 2-3 segundos de duração. Para manter a concentração de ATP durante a contração, o músculo conta com ambos os processos metabólicos - aeróbio e anaeróbio. A proporção de energia fornecida por esses processos está intensamente relatada. A alta intensidade da contração tem grande dependência da produção de energia anaeróbia. Ao contrário, a baixa intensidade da contração tem grande dependência da produção de energia aeróbia.

1a)Metabolismo anaeróbio imediato (sistema ATP-PCr)
1b) Metabolismo anaeróbio médio prazo (sistema glicolítico)
2a) Metabolismo aeróbio longo prazo (sistema oxidativo)
Fonte: Interative Physiology
 **Sistema de Energia Anaeróbia**
O rápido e imediato reabastecimento de ATP durante a contração do músculo é suportado pelo colapso do fosfato de alta energia composto de fosfocreatina (PC). Devido a ambos, ATP e PC serem compostos de fosfato de alta energia, eles são referenciados como fosfagênios e sistemas metabólicos nos quais estes compostos são usados para a liberação de energia para a contração muscular, também referido como sistema do fosfagênio.

O produto final da hidrólise da PC é a creatina e Pi. A energia liberada fica imediatamente disponível e sua bioquímica forma a ATP, mas a capacidade dos níveis máximos de ATP de energia derivada de PC é limitada. Os estoques de ATP e PC podem sustentar apenas a energia necessária ao músculo durante todo o esforço, somente durante 8-12 segundos. Se não esse sistema, embora rápido, de movimentos de potência e força, pode não ser executado.

Um segundo sistema anaeróbio, a glicose anaeróbia, em que o ATP é produzido dentro do músculo, envolve a quebra do carboidrato estocado dentro da célula muscular (glicogênio) transformando-o em ácido lático. A glicose gera ATP quando há suprimento inadequado de oxigênio para o músculo, para atender as demandas metabólicas. Infelizmente, esse sistema de produção de energia é relativamente ineficiente, fornecendo somente três moléculas de ATP da quebra anaeróbia para uma molécula de glicogênio.

Uma segunda limitação desse sistema é a produção de ácido lático que se acumula em altas concentrações, o que interferirá no metabolismo do músculo e contração, afetando desfavoravelmente a performance. Entretanto, a glicose anaeróbia como o sistema do fosfagênio, é extremamente importante para as séries de exercícios, quando o oxigênio disponível é limitado e, durante o exercício de alta intensidade, quando a energia demandada excede a capacidade de produção de energia do sistema aeróbio.
 **Sistema de Energia Aeróbio**

Para que os músculos continuem a produzir força, por um longo período de tempo, eles precisam ter constante suprimento de energia. Na presença do oxigênio, a fibra muscular está apta a quebrar os carboidratos, gorduras e proteínas, se necessário, para a geração. de ATP.

Esse processo é chamado de metabolismo aeróbio ou respiração celular. Tem se discutido que a produção anaeróbia de ATP é bastante ineficiente e inadequada para o exercício, após alguns poucos minutos. Consequentemente, o metabolismo aeróbio é o principal método de produção de energia durante o exercício de resistência. **Dentro de cada fibra muscular existem estruturas especiais chamadas mitocôndrias usadas para produzir grandes quantidades de ATP. As reações do sistema aeróbio podem ser divididas em três séries principais:**
1) preparação do substrato;
2) ciclo de Krebs;
3) cadeia de transporte de elétrons.

A preparação do substrato pode ocorrer no sarcoplasma ou na mitocôndria da célula, dependendo do substrato usado. Os carboidratos são quebrados no citoplasma pelas enzimas de glicose para formar o piruvato, depois entra na segunda série de reações, no ciclo de Krebs (na mitocôndria). Os ácidos graxos são transportados diretamente para a mitocôndria por uma membrana transportadora e preparada para entrar no ciclo de Krebs, por uma série de reações chamada beta-oxidação.

Ambas as reações resultam na formação de acetil coenzima A, que condensa com oxaloacetato para formar citrato na primeira reação do ciclo de Krebs. O citrato, então, entra na série de reações controlada pelas enzimas oxidantes que resulta na reformação do oxaloacetato com liberação de CO2 e hidrogênio. O CO2 produzido difunde-se no sangue, e é carregado para os pulmões, de onde é eliminado do corpo.

O átomo de hidrogênio divide-se em um íon de hidrogênio (H+) e um elétron (e) o qual em seguida entra na corrente de transporte de elétrons na mitocôndria. Uma vez na corrente, o elétron é transportado para o oxigênio na série de reações das enzimas. Ao final das reações, o elétron é unido com o H+ combinado com o oxigênio para formar a água. Se o elétron é carregado para baixo na corrente de elétrons, a energia é realizada e a ATP é resintetizada. Para cada par de elétrons carregado para baixo na corrente de elétrons, nova energia é realizada para produzir três moléculas de ATP.

A eficiência na produção de energia aeróbia pode ser ilustrada pela comparação da produção de ATP a partir da quebra do glicogênio do músculo para lactato durante a glicólise anaeróbia e a quebra do glicogênio do músculo para CO2 e H20 durante a respiração aeróbia. Para uma molécula de glicogênio do músculo, três moléculas de ATP se formarão durante a glicólise anaeróbia.

Por outro lado, se o glicogênio é completamente decomposto em CO2 e H20, 37 moléculas de ATP se formarão. A vantagem óbvia da respiração aeróbia sobre os processos anaeróbios é a eficiência com que o ATP pode ser resintetizado. Entretanto, o ritmo de produção de ATP é limitado pela disponibilidade de 02 que pode ser transportado dos pulmões para o músculo ativo.

Os sistemas de energia são responsáveis pelo reabastecimento de adenosina trifosfato (ATP) paro suportar a contração muscular. A estimulação neural resulta na iniciação da excitação e contração do músculo o qual na volta causa a hidrólise da ATP para adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi). O imediato e rápido reabastecimento de ATP, durante a contração do músculo, é suportado pela hidrólise da fosfocreatina (PC)

Um segundo sistema para rápido reabastecimento de ATP é a glicólise, que é ativada por elevados níveis de ADP intracelular e Pi. A glicólise envolve a quebra incompleta dos carboidratos para lactato. Altos níveis de lactato intracelular podem causar fadiga muscular. A fonte predominante de carboidrato para glicólise é o glicogênio do músculo e a glicose do sangue.

A glicose do sangue levada para o músculo é utilizada pela contração muscular. A hidrólise da PC e glicólise são processos anaeróbios. A terceira fonte de produção de ATP é a respiração aeróbia. A respiração aeróbia ocorre no mitocôndria e requer a presença de oxigênio (02). Na mitocôndria, Acetil-coenzima Acetil CoA), produzida do piruvato ou a betaoxidação dos ácidos graxos, condensa com oxaloacetato (OAA) para formar citrato. ° citrato em seguida entra nas séries de reações que resulta na reformação do OAA, liberando o dióxido de carbono (C02) e hidrogênio.

O átomo de hidrogênio é dividido em um próton de H+ e um elétron (e') que entra no sistema de transporte de elétrons (STE). Uma vez no STE, o elétron é transportado para as cristas da mitocôndria numa série de reações enzimáticas. Ao final da reação do STE, o elétron é reunido com H+ e combinado com 02 para formar água. Para cada par de elétrons carregado pelo STE, é realizada energia bastante para produzir três moléculas de ATP.