

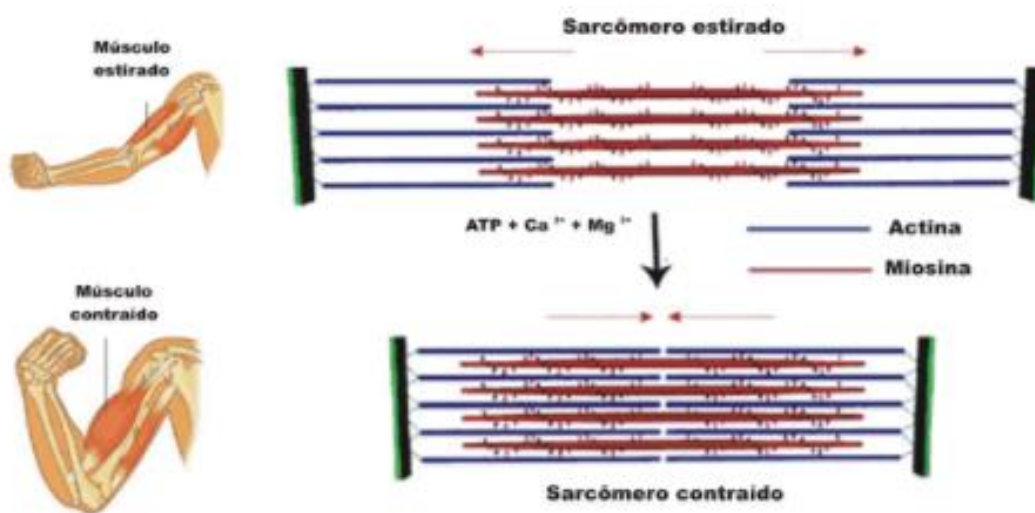
## Contração muscular - Aprofundamento

Professor: Rubens Oda

### Resumo

A **contração muscular** se dá quando há deslizamento das fibras de actina sobre as fibras de miosina, na presença de íons cálcio e ATP, causando um encurtamento:

O músculo recebe uma mensagem química e o seu retículo sarcoplasmático libera íons de cálcio que promovem a união entre as fibras de actina e miosina e, com gasto de ATP, a miosina puxa a actina e encurta a fibra muscular. Quando o impulso nervoso e a mensagem química acabam, os íons cálcio desligam-se das fibras de actina e miosina e retornam ao retículo sarcoplasmático por transporte ativo.



O principal metabolismo utilizado nos músculos é o **aeróbico**, com maior rendimento energético mesmo sendo a partir de reações demoradas, porém também pode realizar a **fermentação láctica**, com menor rendimento energético, porém gera esta energia mais rápido. A fadiga muscular ocorre com o excesso de ácido láctico nos músculos. Músculos mais escuros possuem maior concentração de mioglobina (fibras de contração lenta) para realizar com mais eficiência a respiração aeróbica e músculos mais claro possuem menos mioglobina (fibras de contração rápida).

## Exercícios

---

1. O tecido muscular apresenta, como propriedade, a característica fundamental contratilidade, isto é, suas células se contraem quando submetidas a um estímulo. Com relação ao tecido muscular, responda:
  - a) Quais os três tipos de tecido muscular?
  - b) Considerando os controles nervosos, ou seja, a dependência ou não em relação a vontade do indivíduo, como se dá a contração em cada tipo de tecido muscular?
2. No homem, a atividade contrátil do músculo resulta primariamente da interação de duas proteínas denominadas:
  - a) Queratina e miosina.
  - b) Actina e miosina.
  - c) Gastrina e actina.
  - d) Pتيالina e actina.
  - e) Tripsina e miosina.
3. Observe a figura



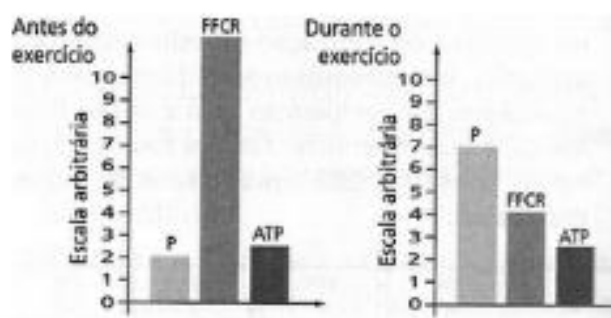
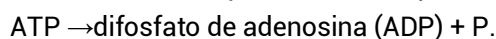
(Fernando Gonsales, Flutu. Modificado.)

Alguns inseticidas contêm organofosforados e carbamatos, que inibem no organismo a ação da acetilcolinesterase, enzima que degrada a acetilcolina. Aplicado na forma de aerossóis, o produto se espalha melhor, atingindo um maior número de indivíduos. Levado pelas traqueias ou absorvido pela superfície corporal dos insetos, o princípio ativo do inseticida chega aos tecidos, onde exerce sua ação. Que tecido ou sistema fisiológico é alvo da ação do inseticida e por que esse sistema entra em colapso, provocando a morte do inseto?

4. Para que ocorra o processo de contração muscular, há necessidade de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e de energia armazenada nas moléculas de ATP. Sobre esse processo e com base nos conhecimentos de química, assinale o que for correto.
- a) Os íons  $\text{Ca}^{2+}$  promovem a ligação dos miofilamentos de actina com os de miosina.
  - b) Durante o repouso, a concentração de íons cálcio no interior do retículo endoplasmático é menor do que a concentração do sarcoplasma.
  - c) O íon  $\text{Ca}^{2+}$  não tem relação com o gasto de energia da célula muscular.
  - d) As células musculares nunca utilizam o ATP como energia, apenas a fosfocreatina.
  - e) Durante um exercício físico intenso, as reservas de  $\text{O}_2$  ligados à mioglobina se esgotam e a musculatura passa a realizar fermentação alcoólica
5. A força humana está relacionada diretamente com os músculos, e, para que estes realizem trabalho, é necessário que ocorra a contração muscular. Sobre os mecanismos envolvidos na contração muscular, pode-se afirmar que:
- a) a miosina é responsável pela conversão da energia da hidrólise do ATP em movimento, devido à presença dos íons de ferro.
  - b) a quimiossíntese ocorre nas células musculares, onde o ácido pirúvico é transformado em ácido láctico, o que garante ATP em situações de emergência.
  - c) o deslizamento durante a contração muscular ocorre quando as cabeças da miosina se prendem firmemente à actina, dobrando-se sobre o resto da molécula da miosina e permanecendo assim indefinidamente.
  - d) o glicogênio armazenado nas células musculares pode ser convertido em ATP por meio de processos de fermentação alcoólica, o que causa dor e intoxicação das fibras musculares.
  - e) a energia obtida do ATP confere à miosina uma configuração instável de alta energia potencial e faz com que ela puxe as fibras de actina, realizando o trabalho.
6. Os atletas olímpicos geralmente possuem grande massa muscular devido aos exercícios físicos constantes. Sobre a contração dos músculos esqueléticos, é correto afirmar que:
- a) Os filamentos de miosina deslizam sobre os de actina, diminuindo o comprimento do miômero.
  - b) A fonte de energia imediata para contração muscular é proveniente do fosfato de creatina e do glicogênio.
  - c) Na ausência de íons  $\text{Ca}^{2+}$ , a miosina separa-se da actina provocando o relaxamento da fibra muscular.
  - d) A fadiga durante o exercício físico é resultado do consumo de oxigênio que ocorre na fermentação láctica.
  - e) A ausência de estímulo nervoso em pessoas com lesão da coluna espinal não provoca diminuição do tônus muscular.

7. A ressonância nuclear magnética (RNM) permite medir os níveis de certos compostos fosforilados num tecido vivo sem interferir na sua integridade. Uma análise feita com RNM produziu os resultados ilustrados nos gráficos abaixo, que representam os níveis, no músculo, dos seguintes compostos: o fosfato (P), a fosfocreatina (Ffcr) e o trifosfato de adenosina (ATP), respectivamente, antes e durante um exercício.

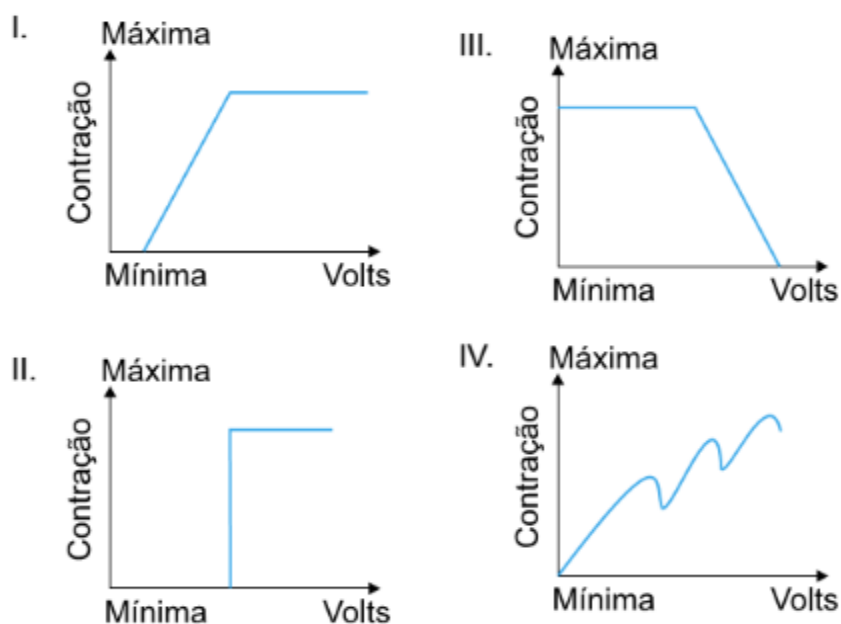
Para que haja contração muscular é essencial que ocorra a reação:



Com base nesses resultados, explique o papel metabólico da fosfocreatina.

8. Ciência ajuda natação a evoluir. Com esse título, uma reportagem do jornal O Estado de S. Paulo sobre os jogos olímpicos (18/09/00) informa que: "Os técnicos brasileiros cobiçam a estrutura dos australianos: a comissão médica tem 6 fisioterapeutas, nenhum atleta deixa a piscina sem levar um furo na orelha para o teste do lactato e a Olimpíada virou um laboratório para estudos biomecânicos – tudo o que é filmado em baixo da água vira análise de movimento".
- O teste utilizado avalia a quantidade de ácido láctico nos atletas após um período de exercícios. Por que se forma o ácido láctico após exercício intenso?
  - O movimento é a principal função do músculo estriado esquelético. Explique o mecanismo de contração da fibra muscular estriada.
9. mioglobina é uma proteína do músculo que recebe e transfere o oxigênio da hemoglobina do sangue para a respiração celular que ocorre nas mitocôndrias. Para gerar ATP, a célula pode recorrer à glicólise anaeróbia (10 reações) ou recorrer ao metabolismo aeróbio (cerca de 14 reações que incluem o ciclo de Krebs e o transporte de elétrons pelos citocromos), além de depender do aporte de oxigênio molecular. As galinhas têm dois tipos de músculos: (I) o claro, com poucas mitocôndrias e pouca mioglobina, e (II) o músculo escuro, que contém muitas mitocôndrias e muita mioglobina. Como nós sabemos, as galinhas vivem ciscando e raramente voam; isso significa que elas usam muito as pernas e pouco as asas. Se um gato invade o galinheiro e ataca, a galinha reage alvoroçadamente e tenta fugir, mas só é capaz de dar um vôo rasante. Explique por que os músculos do peito são do tipo I e por que os músculos da perna são do tipo II.

10. Observe os gráficos abaixo.



Os que melhor representam a contração da fibra muscular isolada e do músculo inteiro são, respectivamente:

- I e II.
- III e IV.
- II e I.
- IV e I.
- II e III.

## Gabarito

---

1. **a)** Tecido Muscular Estriado Esquelético, Tecido muscular Liso e Tecido muscular Cardíaco  
**b)** Tecido estriado esquelético: Contração voluntária. Tecido Cardíaco e Liso: Contração involuntária:
2. **B**  
As fibras de actina e miosina são as responsáveis pela contração muscular.
3. O tecido alvo é o tecido muscular, já que o inseticida vai interferir na placa motora, interrompendo as sinapses neuromusculares, ao inibir a enzima acetilcolinesterase.
4. **A**  
O cálcio é liberado do retículo sarcoplasmático e promove a contração muscular, fazendo com que a actina se ligue à miosina.
5. **E**  
Para que a contração muscular ocorra, há gasto de energia, com a liberação de cálcio, e as fibras de actina deslizam sobre as fibras de miosina.
6. **C**  
A presença de cálcio no citoplasma faz com que a miosina se ligue à auxina, puxando-a e realizando a contração.
7. Pelo gráfico, nota-se que a quantidade de fosfocreatina diminui, enquanto o nível de ATP se mantém praticamente constante. Assim, fica claro que a função desta é regenerar o ATP, mantendo seus níveis estáveis.
8. **a)** Durante a atividade física, o consumo excessivo de oxigênio faz com que ele acabe, e as células musculares passam a realizar fermentação láctica, que tem como produto final o ácido láctico.  
**b)** O sarcômero é a unidade de contração muscular, formado por fibras de actina e miosina. Para a contração, são liberados íons de cálcio e há gasto de ATP, então as fibras de actina deslizam sobre as de miosina, encurtando o sarcômero.
9. Os músculos do peito realizam uma atividade intensa e de curta duração, com metabolismo típico anaeróbico, sendo necessários uma menor quantidade de mitocôndrias e mioglobina. Já na perna, tem-se uma atividade de longa duração, com respiração aeróbia, exigindo grande presença de mitocôndria para respiração celular e mioglobina para armazenar oxigênio.
10. **C**  
A fibra muscular isolada apresenta uma resposta do tipo tudo ou nada quando é estimulada pela resposta nervosa. Já o músculo inteiro apresenta uma resposta gradual, dependendo da ativação de diversas fibras, com uma contração que aumenta conforme uma maior quantidade de fibras é estimulada.