



# CARACTERÍSTICAS DO MÚSCULO CARDÍACO

curso • Fisiologia Cardiovascular

## • INTRODUÇÃO

Para manter sua função de bomba, ejetando o sangue para o organismo, o coração precisa realizar contrações fortes e duradouras, de forma contínua e involuntária. Para que isso ocorra é necessário que todas suas fibras musculares trabalhem em perfeita harmonia, relaxando e contraindo em conjunto de acordo com a fase do ciclo cardíaco.

## • TIPOS DE MÚSCULOS

Fisiologicamente, existem três tipos musculares:

### 1) Músculo esquelético

Estriado, com feixes alongados e multinucleados. Sua contração é voluntária, forte e rápida. Circunda os ossos e tem função de estabilização e de movimento corporal.

### 2) Músculo liso

Não estriado, com feixes fusiformes. Tem contração involuntária, prolongada e lenta. Reveste internamente órgãos do trato gastrointestinal, os vasos sanguíneos entre outros.

### 3) Músculo cardíaco

Estriado, com feixes alongados e ramificados, uninucleares. Tem contração involuntária, forte e duradoura. Presente exclusivamente no coração.

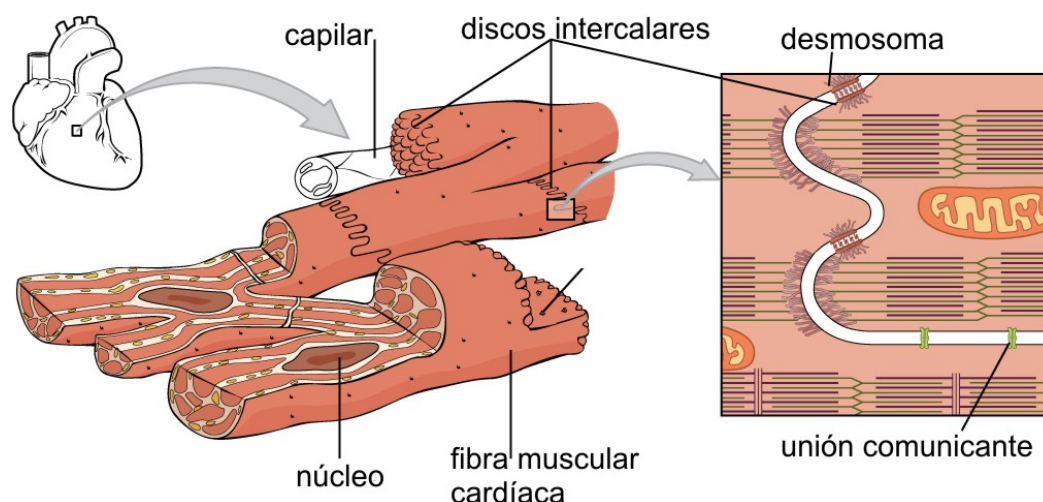
Todos os músculos apresentam um potencial elétrico de repouso, garantido pela ação de canais iônicos em sua membrana, que mantém uma concentração intracelular de potássio mais elevada às custas de maiores concentrações externas de sódio e de cálcio. Alterações nas concentrações intracelulares desses íons geram a despolarização da célula, com consequente ativação de processos



enzimáticos que levam a contração muscular, como será melhor discutido adiante.

## • O MIOCÁRDIO

O músculo cardíaco, ou miocárdio, é composto por células alongadas e ramificadas, dispostas em forma de malha, e cercadas por tecido conjuntivo rico em capilares, que garante a nutrição para o único músculo corporal que está sempre em movimento. Para manter esse trabalho é necessário um maior número de mitocôndrias, que garantem a oferta energética celular. A membrana celular apresenta discos intercalares que possuem dois componentes: 1) os desmosomas que mantêm a união motora entre as células durante as intensas contrações cardíacas, e as 2) junções comunicantes (*gap junction*) que permitem a contínua comunicação entre as células do miocárdio. As junções comunicantes são a fusão das membranas celulares de diferentes células cardíacas por onde passam íons. Esta junção mantém a união elétrica e formando uma rede de células comunicantes que garantem a contração conjunta de todo o músculo e são chamados sincício funcional.



Músculo cardíaco. Disponível em:

<[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1020\\_Cardiac\\_Muscle\\_gl.jpg#filelinks](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1020_Cardiac_Muscle_gl.jpg#filelinks)> acesso 22/12/2019. From Wikimedia Commons, the free media repository



Apesar do coração ser composto por fibras de músculo estriado cardíaco, as coronárias que são os vasos sanguíneos que irrigam o coração, são formados por músculo liso. O miocárdio nos átrios tem fibras entrelaçadas que atuam como um sincício com contração uniforme e rítmica. O músculo ventricular, semelhante ao atrial, formado por feixes que formam o sincício ventricular, tem contração mais intensa e prolongada que a atrial.

Para que não haja passagem de cálcio e de outros íons pelos discos intercalares entre o músculo atrial e o ventricular, de forma que sua contração ocorra em períodos diferentes, essas câmaras são separados por um tecido fibroso que envolve as valvas atrioventriculares, garantindo que o impulso passe apenas pelo nó atrioventricular e feixes especializados de condução.

Fibras especializadas de excitação e condução de impulsos elétricos, mas não de contração representam aproximadamente 1% do miocárdio. São células capazes de gerar potenciais de ação de maneira espontânea e de conduzi-los rapidamente para outras células, com pouca contração de sua parte.

## • O ESTÍMULO ELÉTRICO

Uma particularidade do músculo cardíaco é que ele não depende da inervação nervosa como outros músculos. Apesar de sofrer modulação por estímulos externos do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático, que podem aumentar ou reduzir a frequência cardíaca, o batimento cardíaco depende basicamente de sinais originados no próprio coração, que atua de forma autônoma e independente. São conhecidas marca-passo do coração. Essas fibras musculares especializadas em excitação e condução de impulsos elétricos possuem um potencial de ação diferenciado de -60 mV em repouso e uma capacidade de se despolarizar automaticamente, assim que seu potencial chega perto desse valor, de modo que elas nunca ficam em repouso. Em condições fisiológicas, esse estímulo para a contração surge no nó sinusal, localizado no átrio direito, e progride inicialmente pelos feixes internodais e de Bachmann entre as fibras musculares atriais, gerando a sístole (contração) atrial. Em seguida o impulso atinge o nó atrioventricular, onde sofre um pequeno atraso em sua transmissão,



que permite com que as câmaras cardíacas se contraíam em momentos distintos (átrio contrai antes do ventrículo). Finalmente, ele é conduzido pelo feixe de His até as fibras de Purkinje em todo o ventrículo, levando à despolarização das fibras musculares e à contração dessas câmaras.

## • A CONTRAÇÃO DO MIOCÁRDIO

Com a passagem do estímulo elétrico há uma indução para abertura dos canais rápidos de sódio e dos canais lentos de cálcio nas células musculares cardíacas, o que leva à sua despolarização nos seguintes passos:

Despolarização celular rápida (que vai de um potencial de repouso de  $-80$  mV para um pico de  $+20$  mV), pela entrada de  $\text{Na}^+$  na célula;

Fechamento dos canais rápidos de sódio, o que leva a uma pequena queda no potencial de ação;

Entrada de Cálcio na célula pelos canais lentos de cálcio e ativação dos receptores de rianodina do retículo sarcoplasmático, com liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  do seu interior. Ao mesmo tempo, há uma redução na permeabilidade da membrana aos íons potássio, o que diminui a perda de cátions pela célula. Com isso, ocorre uma manutenção no potencial de ação da célula (platô), permitindo maior duração da contração celular;

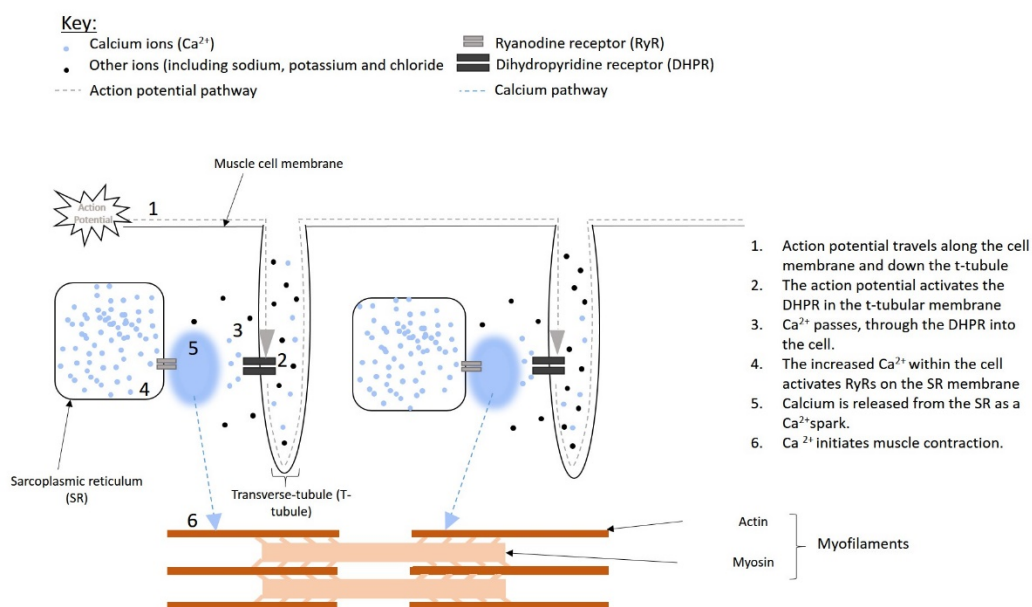
Fechamento dos canais de cálcio, aumento da permeabilidade da membrana ao potássio e retorno do cálcio intracelular para retículo sarcoplasmático e para o meio extracelular, levando a uma perda rápida de cátions, com repolarização celular e cessação da contração;

Retorno ao potencial de repouso.



Uma vez despolarizada, a contração do músculo cardíaco é semelhante à do esquelético: o cálcio se liga à Troponina C, gerando uma alteração conformacional da tropomiosina e expondo seu sítio ativo de ligação da actina e causando o deslocamento complexo actina miosina, que leva ao encurtamento da fibra muscular.

Como a despolarização do miocárdio é um processo mais lento, seu período refratário (no qual o músculo não consegue se contrair) acaba quase concomitantemente à contração, fazendo com que o coração já esteja pronto para contrair novamente logo após seu relaxamento.



$\text{Ca}^{2+}$  sparks. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ca2%2B\\_sparks.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ca2%2B_sparks.jpg)> acesso 23/12/2019. From Wikimedia Commons, the free media repository.

A despolarização do miocárdio ocorre de maneira uniforme por duas razões: a primeira, já discutida, é a presença das junções comunicantes, que permite a difusão dos íons entre as células; a segunda é pela ação dos Túbulos T nessas células. Também presentes no músculo esquelético, os Túbulos T (ou túbulos transversos) são invaginações da membrana plasmática da célula muscular, que permitem que o potencial de ação se propague mais rapidamente para o





interior da célula. A diferença é que no músculo cardíaco essas invaginações têm volume 25x maior que no esquelético, com ramificações e com mais mucopolissacarídeos carregados negativamente em sua membrana, que atraem ainda mais cálcio necessário para a contração. Tudo isso permite uma contração muscular mais rápida e conjunta.

O último detalhe que diferencia o músculo cardíaco do esquelético é sua capacidade de contração graduada. Ao contrário do músculo esquelético, no qual a contração segue o princípio de “tudo ou nada”, o miocárdio consegue variar o nível de força da contração de acordo com a quantidade de cálcio liberada e a dilatação dessas fibras antes da contração. Dessa forma, um ventrículo mais dilatado (repleto de sangue) após a diástole irá se contrair com mais força durante a sístole, ejetando mais sangue. Quando as câmaras cardíacas são dilatadas a actina e a miosina assumem melhor posição para contração sendo chamada Lei de Frank-Starling ou lei do comprimento-tensão.

Características	Músculo cardíaco	Músculo esquelético
Fibras musculares	Menores e ramificadas, uninucleares	Maiores, multinucleares
Fonte do estímulo	Autônomo	Excitação nervosa externa
Indução da despolarização	Ativação de canais rápidos de sódio e de canais lentos de cálcio	Ativação de canais rápidos de sódio



<b>Fonte de cálcio</b>	Extracelular + retículo sarcoplasmático	Retículo sarcoplasmático no interior da célula
<b>Comunicação intercelular</b>	Discos intercalares	Não há
<b>Túbulos T</b>	Diâmetro 5 vezes maior (volume 25x) e ramificado	Menor
<b>Retículo Sarcoplasmático</b>	Menor	Maiores com mais cálcio em seu interior
<b>Força de contração</b>	Maior, graduada	Menor, “tudo ou nada”
<b>Duração de contração</b>	Mantida (platô): 0,2 segundo no músculo atrial e 0,3 s no ventricular.	Rápida (1 a 2 ms)

