

Como os músculos funcionam e se recuperam

Esta página foi traduzida automaticamente e ainda não foi verificada por um médico. A **versão em inglês** é a versão oficial.

Os músculos são os “motores” do corpo: transformam as instruções do cérebro em movimento e força, e representam grande parte do peso corporal. Ao contrário da cartilagem, os músculos têm real capacidade de se reparar e até de se regenerar, graças a uma reserva de células-tronco especializadas. Contudo, esse processo de reparo tem limites: uma pequena distensão cicatriza bem, enquanto um grande rompimento ou uma lesão negligenciada por muito tempo cicatriza com formação de tecido fibroso e nunca volta ao normal. Esta página explica, em linguagem simples, o que são os músculos e como se recuperam; depois, para quem se interessa pelo tema, aprofunda-se no mecanismo de contração muscular e no motivo pelo qual algumas lesões deixam fraqueza duradoura.

O que é um músculo e qual a sua função

Um músculo é um feixe de células longas e filamentosas (fibras musculares) agrupadas como os fios de uma corda, sendo fixadas ao osso por tendões. Quando o cérebro envia um sinal através de um nervo, as fibras musculares encurtam, puxando o tendão e movendo a articulação. Essa é toda a sua função: converter um sinal elétrico e energia química em força de tração.

Os músculos são abundantemente irrigados por sangue; por isso sangram e apresentam hematomas quando sofrem lesões. Contudo, essa mesma irrigação confere-lhes uma capacidade de cicatrização muito superior à de tecidos com baixa vascularização, como a cartilagem.

Como os músculos cicatrizam

Após uma distensão ou ruptura, a recuperação muscular ocorre em fases sucessivas:

1. **Sangramento e inflamação (primeiros dias).** O local da lesão sangra e incha; células de limpeza são ativadas. Esta é a fase dolorosa e com hematomas.
2. **Regeneração (primeiras semanas).** As células-tronco dormentes são ativadas e formam novas fibras musculares para preencher o espaço vazio (trata-se de músculo novo de verdade, não apenas cicatriz).

3. **Remodelação (de semanas a meses).** As novas fibras amadurecem e se realinham com o uso, e a força muscular retorna gradualmente.

O problema é que a regeneração e a formação de cicatrizes competem entre si. Uma lesão pequena e limpa regenera bem. Já uma ruptura grande faz com que a cicatriz fibrosa (e às vezes gordura) se forme mais rapidamente do que o novo músculo; essa cicatriz é mais fraca e menos elástica que o músculo. É por isso que lesões grandes ou aquelas deixadas sem tratamento por muito tempo podem resultar em fraqueza muscular permanente.

O que ajuda na recuperação muscular

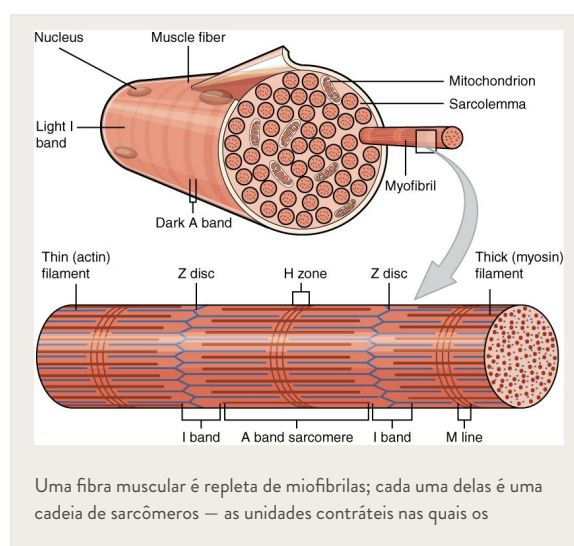
- **Movimentação precoce e gradual.** Movimentos suaves, seguidos de cargas progressivas, orientam a reconstrução e o alinhamento do músculo; o repouso completo e prolongado provoca atrofia e rigidez.
- **Não exagerar nos esforços no início.** Submeter uma lesão recente a cargas excessivas pode causar novas lesões e favorecer a formação de cicatrizes.
- **Boa saúde geral.** Consumo adequado de proteínas, não fumar e controle eficaz do diabetes são fatores que auxiliam na recuperação.
- **Tratamento oportuno de lesões graves.** Algumas rupturas completas (por exemplo, certas rupturas tendão-músculo) têm melhores resultados quando reparadas rapidamente, antes que o músculo se retraia e atrofie.

Em maior profundidade

Esta seção oferece uma explicação mais detalhada, voltada para estudantes. Ela não é necessária para compreender uma lesão muscular; porém, se você tem curiosidade sobre *como* um músculo gera força e por que algumas lesões não se recuperam totalmente, continue lendo.

O MÚSCULO COMO TECIDO VIVO

Um músculo inteiro é estruturado de forma **hierárquica**, como um cabo composto por vários cabos menores: o músculo contém feixes (fascículos) de longas **fibras musculares**; cada fibra é uma única célula grande repleta de **miofibrilas** em forma de fios; e cada miofibrila é uma cadeia de pequenas unidades contráteis chamadas **sarcômeros**. É nos sarcômeros que a força é gerada. Trata-se de um arranjo preciso e repetitivo de dois tipos de filamentos entrelaçados: filamentos grossos formados por uma proteína chamada **miosina** e filamentos finos de **actina**.



Cada fibra pertence a uma **unidade motora**: uma célula nervosa e todas as fibras musculares que ela controla. Os movimentos delicados (como os da mão) utilizam unidades motoras pequenas; os movimentos mais fortes, unidades motoras maiores. As fibras também se dividem em tipos: **de contração lenta** (resistentes à fadiga, adequadas para resistência e manutenção da postura) e **de contração rápida** (muito potentes, porém se cansam rapidamente).

filamentos de actina e miosina deslizam um em relação ao outro para gerar força.
OpenStax, Anatomy & Physiology, CC BY 4.0

COMO UM MÚSCULO SE CONTRAI

A contração muscular ocorre por meio do mecanismo de **deslizamento dos filamentos**. Quando um sinal nervoso chega à **junção neuromuscular** (a sinapse onde o nervo encontra o músculo; ver [como os nervos funcionam](#)), ele libera uma substância química que faz com que a fibra muscular emita seu próprio impulso elétrico. Esse impulso provoca um aumento brusco dos níveis de **cálcio** dentro da fibra, o que expõe os sítios de ligação nos filamentos de actina. Em seguida, as cabeças de miosina se ligam à actina e a puxam para dentro (como uma equipe de cabo de guerra puxando a corda), fazendo com que os filamentos grossos e finos deslizem um em relação ao outro, encurtando assim o sarcômero. Quando esse processo se repete em bilhões de sarcômeros, todo o músculo se contrai. Tudo isso depende do **ATP**, a fonte de energia da célula; quando o ATP se esgota, o músculo fica cansado.

COMO O MÚSCULO CICATRIZA: CÉLULAS SATÉLITES VERSUS CICATRIZ

O segredo da reparação muscular são as **células satélites**, células-tronco de reserva localizadas junto a cada fibra muscular. Após uma lesão, essas células satélites são ativadas, multiplicam-se e se fundem para formar novas fibras musculares. O processo de cicatrização ocorre em três fases: **destruição** (sangramento e inflamação), **regeneração** (as células satélites reconstroem as fibras) e **remodelação** (as novas fibras amadurecem sob a ação da carga mecânica).

Contudo, a regeneração entra em conflito com a **fibrose**. As moléculas inflamatórias e sinalizadoras, especialmente uma chamada **TGF-β1**, estimulam os fibroblastos a depositar colágeno, formando uma cicatriz. Em lesões pequenas, a regeneração prevalece; já em lesões maiores ou em casos de lesões recorrentes, a cicatriz (e, às vezes, tecido adiposo) se forma, resultando em uma área mecanicamente inferior ao músculo verdadeiro. É por isso que lesões musculares graves não se recuperam completamente.

INFILTRAÇÃO GORDUROSA E O MANGUITO ROTADOR

Uma manifestação clinicamente importante desse fenômeno ocorre no **manguito rotador** do ombro. Quando um tendão do manguito se rompe e permanece sem tratamento, o músculo a ele ligado sofre retração, atrofia e é substituído por tecido adiposo (infiltração gordurosa). Essas alterações atroficas e gordurosas são, em grande parte, irreversíveis mesmo após a reparação do tendão; um músculo já degenerado jamais recuperará totalmente sua força. Esse é um dos principais motivos pelos quais os cirurgiões dão tanta importância ao *tempo* para realizar determinadas reparações tendinosas: corrigir o problema antes da degeneração muscular garante um resultado muito melhor.

USE IT OR LOSE IT: ATROFIA E ADAPTAÇÃO

Os músculos são constantemente ajustados às exigências do corpo. Quando submetidos a carga progressiva, eles **hipertrofiam**: as fibras aumentam de tamanho e ganham força (com células satélites fornecendo núcleos para sustentar essas fibras maiores). Quando não são utilizados (repouso na cama, imobilização por gesso ou lesão nervosa), sofrem **atrofia** rapidamente, perdendo tamanho e força em poucas semanas. Os músculos desprovidos de inervação (**denervação**) atrofiam ainda mais rapidamente; caso o nervo não se recupere a tempo, o músculo acaba sendo substituído por tecido adiposo e fibroso. É por isso que a reabilitação e a manutenção da atividade muscular durante a recuperação são tão importantes.

O QUE FAVORECE E O QUE PREJUDICA A CICATRIZAÇÃO MUSCULAR

- A **carga progressiva** é o principal estímulo para a regeneração e realinhamento muscular; excesso precoce pode causar novas rupturas e formação de cicatrizes.
- O **fluxo sanguíneo** é abundante no músculo, razão pela qual ele cicatriza melhor do que a cartilagem ou as partes internas dos tendões.
- O **tabagismo, diabetes, envelhecimento e corticosteroides** prejudicam a reparação e aceleram a atrofia muscular.
- O **tempo e a extensão da lesão** determinam o limite de recuperação: pequenas distensões cicatrizam completamente; grandes rupturas e músculos já degenerados não.

Ver também

- [Como os nervos funcionam e cicatrizam](#) – os nervos e a placa motora final que estimulam os músculos
- [Como os tendões funcionam e cicatrizam](#) – como a força muscular é transmitida ao osso
- [Tabagismo e cicatrização musculoesquelética](#) – por que o tabagismo retarda a recuperação muscular