

Paano Gumagana at Gumagaling ang mga Musculo

Ang pahinang ito ay isinalin ng makina at hindi pa nasusuri ng isang doktor. Ang **bersyong Ingles** ang siyang opisyal.

Ang mga kalamnan ay ang mga makina ng katawan: ginagawa nilang paggalaw at puwersa ang mga instruksyon ng utak, at bumubuo sila ng malaking bahagi ng timbang ng iyong katawan. Hindi tulad ng cartilage, ang kalamnan ay may tunay na kakayahang magkumpuni at maging muling bumuo sa sarili nito, salamat sa reserba ng mga nakatalagang stem cell. Ngunit ang pagkumpuning iyon ay may mga limitasyon: ang maliit na strain ay gumagaling nang maayos, habang ang malaking punit o isang pinsalang matagal na napabayaang ay maaaring gumaling na may peklat at hindi na lubos na makabawi. Ipinapaliwanag ng pahinang ito, sa simpleng pananalita, kung ano ang kalamnan at kung paano ito gumagaling; pagkatapos, para sa mga interesado, tatalakayin nito nang mas malalim kung paano talaga kumukontra ang isang kalamnan at kung bakit ang ilang pinsala ay nag-iwan ng permanenteng panghihina.

Ano ang muscle at ano ang ginagawa nito

Ang muscle ay isang kumpol ng mahahaba at tila-sinulid na mga cell (muscle fibres) na magkakasama gaya ng mga hibla ng lubid at nakakabit sa buto sa pamamagitan ng mga tendon. Kapag ang utak ay nagpadala ng signal pababa sa isang nerve, ang mga muscle fibre ay umiikli, hinihila ang tendon at pinagagalaw ang joint. Iyon ang buong tungkulin nito: gawing pulling force ang isang electrical signal at chemical energy.

Ang muscle ay mayaman sa suplay ng dugo, kung kaya't ito ay nagdurugo at nagkakapasa kapag napunit, ngunit ito rin ang dahilan kung bakit mayroon itong mas mahusay na kapasidad na gumaling kaysa sa mga tissue na kulang sa suplay gaya ng cartilage.

Paano gumagaling ang kalamnan

Pagkatapos ng isang strain o punit, ang kalamnan ay gumagaling sa mga magkakapatong na yugto:

1. **Pagdurugo at pamamaga (unang mga araw).** Nagdurugo at namamaga ang pinsala; pumapasok ang mga clean-up cell. Ito ang masakit at may pasa na yugto.
2. **Regenerasyon (unang mga linggo).** Nagigising ang mga reserve stem cell at bumubuo ng bagong muscle fibre upang punan ang puwang (tunay na bagong kalamnan, hindi lamang peklat).

3. **Remodelling (mga linggo hanggang buwan).** Ang bagong fibre ay nagiging mature at muling nag-aalign kasabay ng paggamit, at unti-unting bumabalik ang lakas.

Ang problema ay naglalaban ang regenerasyon at pagpeklat. Ang maliit at malinis na pinsala ay mabilis na nag-regenerate. Ang malaking punit ay naglalagay ng fibrous scar (at kung minsan ay taba) nang mas mabilis kaysa sa pagbuo ng bagong kalamnan, at ang peklat ay mas mahina at hindi gaanong elastic kaysa sa kalamnan. Iyan ang dahilan kung bakit ang malalaking punit, at ang mga punit na hinayaang masyadong matagal, ay maaaring mag-iwan ng permanenteng panghihina.

Ano ang nakakatulong sa paggaling ng kalamnan

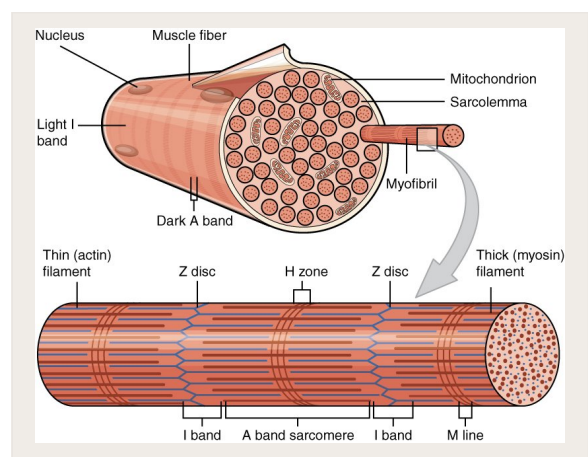
- **Maaga at unti-unting paggalaw.** Ang banayad na paggalaw at pagkatapos ay progresibong paglalagay ng bigat (loading) ay gumagabay sa bagong kalamnan upang muling mabuo at pumila; ang matagal na ganap na pahinga ay nagdudulot ng panghihina (wasting) at paninigas.
- **Hindi pagmamadali sa simula.** Ang masyadong mabigat na paglalagay ng bigat sa isang bagong punit ay muling nakakasugat dito at nagpapalala ng peklat (scarring).
- **Mabuting pangkalahatang kalusugan.** Ang sapat na protina, hindi paninigarilyo, at kontroladong diabetes ay lahat sumusuporta sa paggaling.
- **Napapanahong paggamot sa malalaking punit.** Ang ilang kumpletong punit (halimbawa, ilang tendon-muscle ruptures) ay pinakamainam na maoperahan agad, bago umurong (retract) at manghina ang kalamnan.

Mas malalim na pagtalakay

Ang seksyong ito ay tumataas patungo sa isang mas detalyadong paliwanag sa antas ng estudyante. Hindi ito kailangan upang maunawaan ang pinsala sa kalamnan, ngunit kung kuryoso ka kung *paano* talaga lumilikha ng puwersa ang isang kalamnan at kung bakit ang ilang mga pinsala ay hindi lubos na gumagaling, magpatuloy sa pagbabasa.

ANG KALAMNAN BILANG BUHAY NA TISYU

Ang isang buong kalamnan ay binuo bilang isang **hierarchy**, tulad ng isang kable ng mga kable: ang kalamnan ay naglalaman ng mga bundle (fascicles) ng mahahabang **muscle fibre**, ang bawat fibre ay isang solong malaking cell na puno ng mga thread-like na **myofibril**, at ang bawat myofibril ay isang chain ng maliliit na contractile unit na tinatawag na **sarcomere**. Ang sarcomere ang lugar kung saan ginagawa ang puwersa. Ito ay isang tumpak at paulit-ulit na pagkakaayos ng dalawang magkakapatong na filament: makakapal na filament ng



isang protina na tinatawag na **myosin** at manipis na filament ng **actin**.

Ang isang muscle fibre ay puno ng mga myofibril, kung saan ang bawat isa ay isang chain ng mga sarcomere — ang mga contractile unit kung saan ang mga actin at myosin filament ay dumudulas lampas sa isa't isa upang makabuo ng puwersa.
OpenStax, Anatomy & Physiology, CC BY 4.0

Ang bawat fibre ay kabilang sa isang **motor unit**: isang nerve cell at lahat ng muscle fibre na kinokontrol nito. Ang mga pino na paggalaw (tulad ng sa kamay) ay gumagamit ng maliliit na motor unit; ang mga malalakas na paggalaw ay gumagamit ng malalaki. Ang mga fibre ay mayroon ding mga uri: **slow-twitch** (fatigue-resistant, para sa endurance at postura) at **fast-twitch** (malakas ngunit mabilis mapagod).

PAANO KUMUKONTRA ANG ISANG KALAMNAN

Ang kontraksyon ay ang **sliding-filament** mechanism. Kapag ang signal ng nerve ay dumating sa **neuromuscular junction** (ang synapse kung saan nagtatagpo ang nerve at kalamnan; tingnan ang [how nerves work](#)), naglalabas ito ng kemikal na nagiging sanhi upang mag-fire ang muscle fibre ng sarili nitong electrical impulse. Ang impulse na iyon ay nagti-trigger ng pagdaloy ng **calcium** sa loob ng fibre, na naglalantad sa mga binding site sa mga actin filament. Pagkatapos ay hahawakan ng mga myosin head ang actin at hihilahin ito papasok (tulad ng isang tug-of-war team na humihila ng lubid nang mano-mano), kaya ang mga thick at thin filament ay nag-slide lampas sa isa't isa at umiikli ang sarcomere. I-multiply ito sa bilyun-bilyong sarcomere at ang buong kalamnan ay kukontra. Ang lahat ng ito ay tumatakbo sa **ATP**, ang energy currency ng cell; kapag mababa na ang ATP, napapagod ang kalamnan.

PAANO GUMAGALING ANG KALAMNAN: SATELLITE CELLS LABAN SA PEKLAT

Ang lihim ng paggaling ng kalamnan ay ang **satellite cell**, isang reserve stem cell na nakapwesto sa tabi ng bawat muscle fibre. Pagkatapos ng pinsala, ang mga satellite cell ay nag-aactivate, dumarami, at nagsasama-sama upang bumuo ng bagong muscle fibre. Ang paggaling ay tumatakbo sa tatlong phase: **destruction** (pagdurugo at pamamaga), **regeneration** (muling binubuo ng mga satellite cell ang fibre), at **remodelling** (nagiging mature ang bagong fibre kasabay ng loading).

Ngunit ang regeneration ay nasa isang tug-of-war laban sa **fibrosis**. Ang mga inflammatory at signalling molecule, lalo na ang tinatawag na **TGF-β1**, ay nagtutulak sa mga fibroblast na maglatag ng collagen scar. Sa maliit na pinsala, nananaig ang regeneration. Sa malaki o paulit-ulit na pinsala, nananaig ang peklat (at kung minsan ay taba), na lumilikha ng isang patch na mechanically inferior kumpara sa tunay na kalamnan. Ito ang dahilan kung bakit ang mga malalang pinsala sa kalamnan ay hindi lubos na gumagaling.

FATTY INFILTRATION AT ANG ROTATOR CUFF

Isang clinically important na bersyon nito ang nangyayari sa **rotator cuff** ng balikat. Kapag ang tendon ng cuff ay napunit at naiwang ganoon, ang nakakabit na muscle ay dahan-dahang umatras (retracts), nanghina (wastes), at napalitan ng taba (fatty infiltration). Ang matabang at atrophied na pagbabagong ito ay malaking bahagi na hindi na maibabalik (irreversible) kahit pa maayos ang tendon kalaunan, at ang muscle na nag-degenerate ay hindi na kailanman ganap na mababawi ang lakas nito. Ito ay isa sa mga pangunahing dahilan kung bakit binibigyang-halaga ng mga surgeon ang *timing* ng ilang tendon repairs: ang pag-aayos nito bago mag-degenerate ang muscle ay nagbibigay ng mas magandang resulta.

GAMITIN ITO O MAWAWALA ITO: ATROPHY AT ADAPTASYON

Ang kalamnan ay patuloy na naka-tune sa pangangailangan. Bigyan ito ng progresibong load at ito ay mag-**hypertrophy**: lumalaki at lumalakas ang mga fibre (kung saan ang mga satellite cell ay nagbibigay ng mga nuclei upang suportahan ang mas malaking fibre). Alisin ang load (bed rest, cast, o putol na nerve) at ito ay mabilis na mag-**atrophy**, nawawalan ng laki at lakas sa loob ng ilang linggo. Ang kalamnan na naputol ang koneksyon sa nerve nito (**denervation**) ang pinakamabilis mangayayat sa lahat at, kung hindi gagaling ang nerve sa tamang oras, ang kalamnan ay kalaunang mapapalitan ng taba at fibrous tissue. Ito ang dahilan kung bakit napakahalaga ng rehabilitasyon at ang pagpapanatiling aktibo ng mga kalamnan habang nagpapagaling.

ANO ANG NAKAKATULONG AT NAKAKASAMA SA PAGGALING NG KALAMNAN

- Ang **graded loading** ang pangunahing stimulus para sa regenerasyon at re-alignment; ang sobrang bigat nang masyadong maaga ay nagdudulot ng muling pagkapunit at peklat.
- Mabuti ang **blood supply** sa kalamnan, kaya naman mas mabilis itong gumaling kaysa sa cartilage o sa mga panloob na bahagi ng mga tendon.
- Ang **paninigarilyo, diabetes, pagtanda, at corticosteroids** ay nakakahadlang sa repair at nagpapabilis ng wasting.
- Ang **oras at laki ng pinsala** ang nagtatakda ng ceiling: ang maliliit na strain ay ganap na nakakarekober; ang malalaking punit at degenerated na kalamnan ay hindi.

Tingnan din

- [Paano gumagana at gumagaling ang mga nerve](#) – ang nerve at motor end plate na nagpapatakbo sa kalamnan
- [Paano gumagana at gumagaling ang mga tendon](#) – kung paano nakakarating ang hila ng kalamnan sa buto
- [Paninigarilyo at musculoskeletal healing](#) – kung bakit pinababagal ng paninigarilyo ang paggaling ng kalamnan