

Paano Gumagana at Gumagaling ang mga Tendon

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

Ang mga tendon ay ang mga kable ng katawan, mga matitigas na lubid na nag-uugnay sa kalamnan (muscle) sa buto at naglilipat ng hila ng kalamnan upang maging paggalaw. Kapag ibinabaluktot mo ang isang daliri o itinataas ang iyong braso, ang mga tendon ang gumagawa ng trabaho sa pagdadala ng puwersang iyon sa joint. Ang mga tendon ay malakas, ngunit mabagal silang gumaling at sa isang partikular na paraan, at *hindi lahat ng tendon ay gumagaling sa parehong paraan*. Ang isang naputol na flexor tendon sa daliri at isang napunit na rotator cuff tendon sa balikat ay may magkaibang proseso ng paggaling, kung kaya't magkaiba ang kanilang operasyon at rehabilitasyon. Ipinapaliwanag ng pahinang ito, sa simpleng pananalita, kung ano ang mga tendon at kung paano sila gumagaling, at pagkatapos ay tatalakayin nang mas malalim ang biyolohiya para sa mga nagnanais malaman, kabilang ang kung bakit ang isang flexor-tendon repair ay *humihina muna bago lumakas*, at kung bakit ang rotator cuff ay gumagaling sa buto sa paraang ginagawa nito.

Ano ang tendon at ano ang ginagawa nito

Ang tendon ay isang lubid na gawa pangunahin sa **collagen** (ang parehong matibay na protina na nagbibigay ng flexibility sa buto), na nakabalot sa mga tightly-aligned bundle na tumatakbo kasabay ng linya ng hila. Ang isang dulo ay humahalo sa kalamnan; ang isa naman ay nakakabit sa buto. Simple ngunit mahalaga ang tungkulin nito: na ihatid ang puwersang nililikha ng kalamnan patungo sa buto, upang gumalaw ang joint. Ang ilang mga tendon ay kailangan ding **mag-glide**: ang mga flexor tendon na nagpabaluktot sa iyong mga daliri ay dumudulas pabalik-balik sa mga makitid na tunnel sa tuwing magsasara ka ng kamao.

Ang mga tendon ay buhay na tissue, ngunit bahagya lamang: mayroon silang relatibong kakaunting cells at madalang na supply ng dugo kumpara sa kalamnan o balat. Malaking bahagi ito ng dahilan kung bakit mabagal silang gumaling.

Paano gumagaling ang mga tendon

Kapag ang isang tendon ay naputol o napunit, gumagaling ito sa tatlong magkakapatong na phase, katulad ng iba pang mga tissue:

1. **Inflammation (unang linggo).** Nabubuo ang isang clot at pumapasok ang mga repair cell. Sa yugtong ito, ang dugtong ay pinapanatiling magkasama pangunahin ng mga tahi ng surgeon; ang tendon mismo ay nag-aambag ng napakaliit na lakas.
2. **Repair (mga linggo).** Naglalagay ang mga cell ng bagong collagen sa pagitan ng gap, ngunit ito ay hindi organisado at mahina sa simula, katulad ng isang nagmamadaling itinaling bundle ng mga sinulid sa halip na isang maayos na lubid.
3. **Remodelling (mga buwan).** Sa paglipas ng panahon at banayad na paggamit, ang hindi organisadong collagen na iyon ay unti-unting napapalitan at muling naiaayos kasabay ng linya ng hila (line of pull), at nababawi ng tendon ang lakas nito. Nagpapatuloy ito sa loob ng maraming buwan, madalas hanggang isang taon o higit pa.

Isang mahalagang punto: ang tendon ay gumagaling nang malaki sa pamamagitan ng pagbuo ng **scar**, hindi sa pamamagitan ng perpektong muling pagtubo ng orihinal na tissue. Ang naparingbang bahagi ay hindi na kailanman magiging kasing-linis ng orihinal, kaya naman napakahalaga ng maingat na rehabilitasyon, at pasensya.

Ano ang nakakatulong sa paggaling ng tendon

- **Tamang dami ng paggalaw.** Ang mga tendon ay tumutugon sa load. Ang kontrolado at graded na ehersisyo (ginagabayan ng isang hand o physiotherapist) ang nagsasabi sa naghihilom na collagen kung paano i-organisa ang sarili nito. Ang sobrang paggalaw nang masyadong maaga ay maaaring pumutol sa repair; ang masyadong kaunting paggalaw naman ay humahantong sa paninigas at tendon na nakadikit dahil sa scar.
- **Pagprotekta sa repair sa simula.** Ang bagong repair ng tendon ay marupok sa loob ng ilang linggo kahit na pakiramdam nito ay maayos na; sundin ang iyong splint at mga limitasyon sa aktibidad upang maiwasan ang paghiwalay nito.
- **Mabuting pangkalahatang kalusugan.** Ang hindi paninigarilyo, pagkontrol sa diabetes, at pag-iwas sa hindi kinakailangang steroids ay nakakatulong lahat; ang paninigarilyo partikular na nakakahadlang sa paggaling ng tendon.
- **Oras.** Ang tendon ay mabagal na tissue. Ang tunay na lakas ay nangangailangan ng mga buwan, hindi linggo.

Mas malalim na pagtalakay

Ang seksyong ito ay tumataas patungo sa isang mas detalyadong paliwanag ng biyolohiya sa antas ng estudyante. Hindi ito kailangan upang maunawaan ang pinsala sa tendon o ang paggamot nito, ngunit kung

kuryoso ka kung *paano* talaga gumagana ang mga tendon, at kung bakit ang tendon sa daliri at tendon sa balikat ay naghihilom nang magkaiba, magpatuloy sa pagbabasa.

TENDON BILANG BUHAY NA TISYU

Ang tendon ay binuo bilang isang **hierarchy** ng collagen, tulad ng isang lubid na gawa sa mga hiblang paliliit nang paliliit. Ang mga molekula ng collagen ay nagbubuklod sa mga **fibrils**, ang mga fibrils sa mga **fibres**, ang mga fibres sa mga **fascicles**, at ang mga fascicles sa kabuuan ng tendon; sa bawat antas, isang manipis na balot ng connective-tissue (ang endotenon, at ang epitenon sa paligid ng buong tendon) ang nagdadala ng maliliit na blood vessels at nerves. Ang collagen ay karamihang **type I**, na pambihirang lakas sa tension at nakalatag nang halos perpektong parallel sa direksyon ng hila.

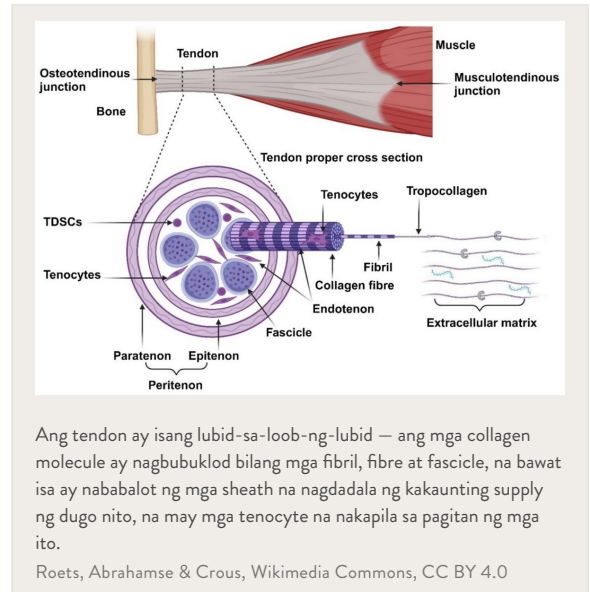
Kapag nakapahinga, ang mga fibre ay may wavy, crimped na pattern. Kapag unang nilagyan ng load ang isang tendon, ang **crimp** na ito ay naitutuwid, kung kaya't ang tendon ay bahagyang nababanat sa simula ng hila bago maging matigas at malakas (mayroon itong kaunting built-in give). Ang tendon ay **viscoelastic** din: nag-iiba ang gawi nito depende sa bilis ng pag-load (mas matigas kapag mabilis na niload), at dahan-dahang nag-**creep** (humahaba) sa ilalim ng isang sustained load.

Ang mga buhay na cell ay mga **tenocytes**, mga madalang at spindle-shaped na cell na nakahanay sa pagitan ng mga collagen bundle. Pinapanatili at napakabagal nilang pinapanibago ang matrix. Dahil ang mga cell at blood vessels ay relatibong kakaunti, at ang ilang rehiyon ng partikular na mga tendon ay tunay na **hypovascular** ("watershed" zones na may mahinang blood supply), mabagal ang paggaling ng tendon, at ang mga zone na iyon na may mahinang supply ay eksaktong kung saan ang ilang mga tendon ay may tendensiyang mapunit at maghilom nang hindi maayos.

PAANO GUMAGALING ANG MGA TENDON – AT KUNG BAKIT ITO AY KARAMIHAN SA PAMAMAGITAN NG PEKLAT

Ang tatlong phase sa itaas, sa mas detalyadong paraan: isang **inflammatory** phase (humigit-kumulang sa unang linggo) na naglilinis ng mga debris at nag-rerecrit ng mga cell; isang **proliferative** phase (mga isa hanggang tatlong linggo) kung saan ang mga cell ay naglalabas ng malalaking dami ng **disorganised type III collagen**, na mabilis mailatag ngunit mahina sa mekanikal; at isang mahabang **remodelling** phase (mga buwan, hanggang mga 18 buwan) kung saan ang type III collagen na iyon ay unti-unting pinapalitan ng matibay at naka-align na **type I collagen**, na cross-linked at nakadirekta sa linya ng load.

Ang krusyal na konsepto ay ito ay **repair sa pamamagitan ng peklat, hindi regeneration**. Tinatapalan ng katawan ang puwang sa halip na muling likhain ang orihinal at maayos na pagkaka-organisa ng tendon. Ang nagpapabago sa maagang mahinang peklat upang maging matibay at naka-align ay ang mekanikal na **load**. Iyan



ang buong rasyonal sa likod ng modernong tendon rehabilitation: ang kontroladong puwersa, na inilalapat sa tamang oras, ay literal na nagtuturo sa peklat kung paano maging tendon.

PAGHILOM NG FLEXOR TENDON: INTRINSIC VS EXTRINSIC, AT ANG WORK OF FLEXION

Ang mga flexor tendon na nagpapabaluktot sa iyong mga daliri ay isang espesyal na kaso, dahil kailangan nilang **mag-glide** sa loob ng isang masikip na tunnel (ang flexor sheath, kasama ang mga pulley nito) upang gumana. Lumilikha ito ng tensyon sa sentro ng flexor surgery, at dalawang magkaibang paraan kung paano maaaring humilom ang tendon:

- Ang **intrinsic healing** ay nagmumula sa *sariling* mga cell ng tendon, na pinapakain ng **synovial fluid** sa loob ng sheath at ng maliliit na tupi ng blood-vessel na tinatawag na **vincula**. Ang flexor tendon ay pangunahing pinapakain hindi ng mga blood vessel kundi ng synovial fluid na iyon, na aktibong pino-pump papasok sa tendon (isang proseso na tinatawag na **imbibition**) sa tuwing bumabaluktot at dumidiretso ang daliri; kaya ang paggalaw mismo ang nagpapakain sa humihilom na tendon. Pinagdurgatong ng intrinsic healing ang tendon *nang hindi* ito dumidikit sa mga nakapaligid dito, upang maaari pa rin itong mag-glide.
- Ang **extrinsic healing** ay nagmumula sa mga cell at scar na pumapasok mula sa *labas*, mula sa sheath at nakapaligid na tissue. Pinapagaling din nito ang tendon, ngunit idinidikit nito ito sa tunnel nito, na bumubuo ng mga **adhesion** na pumipigil sa pag-glide nito, kaya ang daliri ay hindi lubos na mababaluktot o madidiretso.

Ang modernong repair kasama ang maagang controlled movement ay idinisenyo upang itulak ang balanse patungo sa intrinsic healing at palayo sa mga adhesion.

Dito pumapasok ang **work of flexion**: ang puwersa na kailangang i-generate ng muscle upang aktwal na maibaluktot ang daliri. Hindi lamang ito ang bigat na ginagalaw; ito ay ang *resistance sa pag-glide ng tendon*: ang friction sa sheath, ang laki ng repair mismo, ang post-operative swelling, at ang mga masikip na pulley ay lahat nagdaragdag dito. Kung ang work of flexion (ang resistance) ay tataas nang higit sa kayang tiisin ng repair, ang repair ay **mag-ga-gap o mapuputol (ruptures)**, o ang daliri ay simpleng hindi gagalaw at magkakaroon ng mga adhesion. Kaya binabalanse ng surgeon ang dalawang magkatunggaling pangangailangan: isang repair na sapat ang lakas upang kayanin ang maagang paggalaw, ngunit sapat ang nipis at kinis upang mag-glide nang may mababang work of flexion. Ang maagang paggalaw ay gagana lamang kung makakamit ang dalawang ito.

BAKIT HUMIHINA MUNA ANG FLEXOR REPAIR BAGO ITO LUMAKAS

Narito ang bahaging counter-intuitive na nagpapaliwanag sa buong maingat na timeline ng rehabilitasyon. Ang isang tendon repair ay **hindi** unti-unting lumalakas mula sa unang araw. Sumusunod ito sa isang **U-shaped curve**:

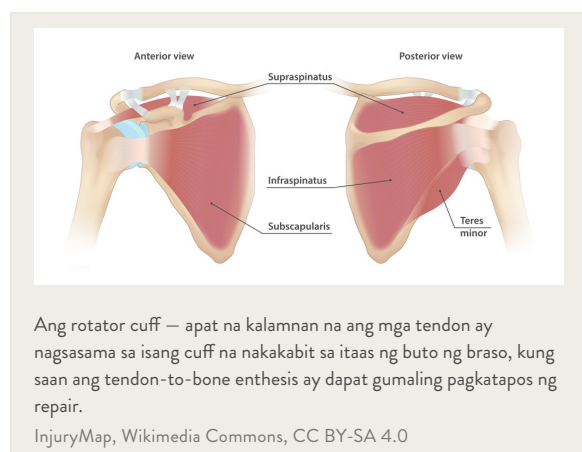
- **Sa mga unang araw**, halos lahat ng lakas ay nagmumula sa **suture**; ang mismong tissue ng tendon ay halos walang naidaragdag.
- **Sa loob ng unang isa hanggang tatlong linggo**, ang mga dulo ng pinutol na tendon ay aktwal na **lumalambot**: ina-absorb at nire-remodel ng katawan ang collagen mismo sa repair site *bago* pa man maging mature ang bagong collagen. Kaya ang buong construct ay naaabot ang pinakamahinang punto nito sa mga

unang linggo (madalas mula sa katapusan ng unang linggo hanggang sa ikatlo), kahit na mukhang magaling na ang sugat at maayos na ang pakiramdam ng daliri.

- **Pagkatapos ay tataas ang lakas.** Habang ang disorganised type III collagen ay pinapalitan ng aligned, cross-linked type I, nababawi at pagkatapos ay nahihigitan ng repair ang panimulang lakas nito, na naaabot ang sapat para sa karamihan ng pang-araw-araw na aktibidad sa loob ng humigit-kumulang 12 linggo at patuloy na nagma-mature sa loob ng maraming buwan.

Ang pagbaba na iyon ang dahilan kung bakit ang hand therapy ay napakaingat na naka-stage, at kung bakit ang “maayos ang pakiramdam sa ikatlong linggo” ay isang bitag: madalas na iyon mismo ang oras kung kailan pinaka-vulnerable ang repair. Ang banayad at kontroladong paggalaw sa maagang phase ay pinapanatiling gliding ang tendon (pabor sa intrinsic healing) at ina-align ang bagong collagen *nang hindi* ino-overload ang repair na, biologically, ay nasa pinakamahinang punto nito. Ang mga tendon rupture pagkatapos ng repair ay nagkukumpol sa mga vulnerable na unang linggong ito dahil sa eksaktong dahilan na ito.

PAGHILOM NG TENDON-SA-BUTO: ANG ROTATOR CUFF AT ANG ENTHESIS



Ang rotator cuff tear ay isang ganap na magkaibang problema, dahil dito ang tendon ay kailangang humilom pabalik sa **buto**, at ang junction sa pagitan ng tendon at buto ay isang pambihirang istruktura na tinatawag na **enthesis**.

Sa malusog na tissue, ang enthesis ay isang **graded transition**, na binubuo ng humigit-kumulang apat na zone: tendon → uncalcified fibrocartilage → calcified fibrocartilage → buto. Ang banayad na gradient na ito mula sa malambot at flexible na tendon patungo sa matigas at stiff na buto ay nagkakalat ng stress, upang ang malambot

na tendon ay hindi lamang basta mapunit mula sa matigas na buto sa isang matalas na boundary.

Ang problema ay, kapag napunit na, **hindi na kayang muling buuin ng katawan ang graded enthesis na iyon**. Ang isang na-repair na cuff ay humihilom sa pamamagitan ng isang **fibrovascular scar** sa pagitan ng tendon at buto, na mechanically ay mas mahina kaysa sa orihinal na four-zone transition, at isa ito sa mga dahilan kung bakit ang mga rotator cuff repair ay maaaring **muling mapunit (re-tear)** sa kabila ng maayos na operasyon.

Mahalaga rin na ang karamihan sa mga cuff tear ay **degenerate sa halip na purong traumatic**: kasabay ng pagtanda, ang tendon, partikular na sa isang relatively poorly-supplied na “**critical zone**” na may layong isang centimetro mula sa kung saan ang supraspinatus tendon ay nakikipag-ugnay sa buto, ay humihina, naghihimulmol, at napupunit kahit may kaunti o walang pinsala (ang mga tunay na cuff tear ay bihira bago ang edad na 50). Ikinakabit muli ng operasyon ang tendon sa bony “footprint” nito, ngunit lumalaban ito sa pagtanda at madalas ay sa poor-quality na tissue. Kaya ang paghilom ng cuff ay fundamentally biology-limited: ibinabalik ng operasyon ang anatomy, ngunit kung ang tendon-to-bone junction ay tunay na hihilom ay nakadepende sa kalidad ng tendon, laki ng punit, edad, paninigarilyo, diabetes, at kung paano pinoprotektahan

at binibigyan ng load ang repair. Ito ang kabaligtaran ng spectrum mula sa isang malinis na flexor laceration sa isang batang kamay: parehong tissue, ngunit napakaibang problema sa paghilom.

ANO ANG NAKAKATULONG AT NAKAKASAMA SA PAGHILOM NG TENDON

- **Load, sa tamang dosis.** Ang kontrolado at progresibong loading ang pinakamabisang tool para sa pagbuo ng lakas at alignment ng tendon. Ang sobrang load nang masyadong maaga ay nagdudulot ng pagkaputol ng repair; ang masyadong kaunti ay nagiging sanhi ng paninigas at adhesions. Ang sining ng rehabilitasyon ay nasa dosis.
- **Suplay ng dugo.** Ang tendon na may maayos na vascularization ay mas mabilis gumaling; ang mga hypovascular na “watershed” zones (gaya ng sa ilang bahagi ng rotator cuff) ay mas mahirap gumaling.
- **Paninigarilyo, diabetes, steroids at edad** ay lahat nakakasama sa paghilom ng tendon at nagpapataas ng panganib ng rupture at re-tear.
- **Oras.** Ang tendon ay mabagal na tissue; ang makabuluhang lakas ay inaabot ng mga buwan, at ang full remodelling ay maaaring lumampas ng isang taon.

Tingnan din

- [Paano gumagaling at nagre-remodel ang buto](#) – kung paano kumikilos ang bahagi ng buto sa isang tendon-to-bone repair
- [Paninigarilyo at musculoskeletal healing](#) – kung bakit pinababagal ng paninigarilyo ang paggaling ng tendon at buto
- [Corticosteroid injections](#) – mga steroid sa paligid ng mga tendon: mga gamit at babala