

Paano Gumagana ang Kartilago (at Bakit Mahirap Ito Magpagaling)

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

Ang cartilage ay ang makinis at makintab na ibabaw na sumasakop sa mga dulo ng mga buto sa loob ng isang kasukasuan. Isa ito sa pinakamagagandang materyales sa katawan: mas madulas kaysa yelo, kayang mag-buffer ng buong buhay ng pagkarga, at gayunpaman, hindi tulad ng buto at tendon, halos **walang kakayahang ayusin ang sarili**. Ang katotohanang ito lamang ang nagpapaliwanag kung bakit ang pinsala sa cartilage at osteoarthritis ay ganun katigas-tigas na mga problema, at kung bakit mahalagang protektahan ang iyong cartilage. Ang pahinang ito ay naglalarawan, sa simpleng wika, kung ano ang cartilage at bakit ito mahirap gumaling, pagkatapos ay para sa mga mapagmasid, lalalim pa sa magandang inhinyeriya ng tissyong ito at ang aktibong biyolohiya sa likod ng tinatawag nating “pagkasira” nang walang sinasadya.

Ano ang kartilago at ano ang kanyang ginagawa

Ang kartilagong tinutukoy natin dito, **artikular na kartilago**, ay ang matigas, makinis, at puting patong na may kapal na ilang milimetro lamang sa mga dulo ng mga buto kung saan sila nagtatagpo sa isang kasukasuan. Dalawa ang mga bagay na lubos nitong ginagawa:

- Ito ay isang **halos walang-gesang ibabaw ng pagdudulas**, kaya ang mga buto ng isang kasukasuan ay dumudulas sa isa't isa na halos walang hadlang.
- Ito ay isang **unahan**, na nagpapakalat ng karga sa buong kasukasuan at pinoprotektahan ang nasa ilalim na buto mula sa epekto ng pagtama.

Ang kartilago ay buhay na tisyu, ngunit isang hindi karaniwang uri: walang **dugo at walang mga nerbiyos**. Dahil sa kawalan ng mga nerbiyos, ang sariling suot na ibabaw ng kartilago ay hindi nakakaramdam ng sakit (ang sakit ng arthritis ay galing sa ibang mga istruktura). Ang kawalan ng suplay ng dugo ang nagiging dahilan ng kanyang malaking kahinaan: hindi ito nakakagaling sa paraang kaya ng balat o ng buto.

Bakit mahirap gumaling ang cartilage

Sa halos lahat ng ibang bahagi ng katawan, ang paggaling ay nagsisimula sa pagdurugo: bumubuo ang dugo, dumadating ang mga selulang pang-imyun, at binubuksan ng mga growth factor ang proseso ng paggaling.

Walang dugo ang cartilage, kaya ang pinsala dito ay walang natatanggap na ganitong tulong. Bukod dito, ang mga kaunting naninirahang selula nito ay nakakulong sa paligid na materyal at hindi makakapag-ahon patungo sa sugat upang ayusin ito.

Ang resulta nito ay ang mga gasgas o bitak na nakapaloob lamang sa cartilage ay karaniwang nananatili doon. Ang pinsala na lumalalim (sa pamamagitan ng cartilage at papasok sa buto sa ilalim) ay maaaring punan, ngunit sa pamamagitan ng **pang-iskar na “fibrocartilage”** na mas mahina at hindi kasing tibay ng orihinal. Kaya ang pinsala sa cartilage ay karaniwang permanenteng may mabagal na pag-unlad, na eksaktong dahilan kung bakit mahalaga ang pag-iwas at proteksyon.

Ano ang nakakatulong upang maprotektahan ang iyong kartilago

- **Manatiling aktibo.** Ang kartilago ay pinapakain ng likido ng kasu-kasuan na pumapasok at lumalabas habang gumagalaw ka; ang regular, komportableng gawain ay nagpapakain dito, habang ang mahabang panahon ng kawalan ng galaw ay nagpapagutom dito.
- **Panatilihin ang malusog na timbang.** Bawat kilogram ay karagdagang karga sa ibabaw ng kasu-kasuan.
- **Palakasin ang mga kalamnan sa paligid ng kasu-kasuan.** Ang malalakas na kalamnan ay nagbabahagi ng karga at sumisipsip ng shock, na nagpoprotekta sa kartilago.
- **Alagaan ang mga sugat.** Ang mahina o hindi matatag na kasu-kasuan ay mas mabilis magkasuwa ng kartilago; ang paggamot sa kawalan ng katatagan ay nagpoprotekta sa ibabaw.

Mas malalim na pagtalakay

Ang seksyong ito ay nag-aalok ng mas detalyadong paliwanag sa antas ng mag-aaral tungkol sa biyolohiya. Hindi ito kailangan upang maunawaan ang isang problema sa kartilago o ang kanyang paggamot, ngunit kung ikaw ay nakakaaliw kung *paano* maaaring mas madulas ang kartilago kaysa yelo, at bakit ang “pagkasira dahil sa paggamit” ay tunay na isang aktibong sakit, magpatuloy sa pagbabasa.

ANG CARTILAGE BILANG BUHAY NA TISYU

Ang articular cartilage ay isang uri na tinatawag na **hyaline cartilage**. Binubuo ito ng kaunting mga selula (**chondrocytes**) na nakapalibot ng napakalaking dami ng **matrix** na ginagawa at pinapanatili ng mga selulang iyon. Ang matrix ang susi sa lahat ng ginagawa ng cartilage. Ito ay isang meshwork ng mga hibla ng **type II collagen**, na puno ng malalaking, hugis-brush ng bote, at sobrang hilig sa tubig na mga molekula na tinatawag na **proteoglycans** (karamihan ay **aggrecan**), at humigit-kumulang 70–80% tubig. Ang net ng collagen ay lumalaban sa paghihiwalay; ang aggrecan ay sumisipsip ng tubig at nagha-generate ng **swelling pressure** na lumalaban sa pagpiga. Sa epekto, ang cartilage ay isang espongheng puno ng tubig na hawak sa ilalim ng tensyon sa loob ng isang net ng hibla.

Natatangi rin ito sa pagiging isolated: walang mga blood vessel, walang mga nerve, walang lymphatics. Ang mga chondrocytes ay nakaupo sa mga maliit na silid (lacunae), dahan-dahang pinapanatili ang kanilang patch ng matrix, at hindi makagalaw.

ANG HALOS WALANG-GAWING BEARING: KUNG PAANO DALA NG CARTILAGE ANG BIGAT

Ang cartilage ay isa sa pinakadulas na materyales na kilala: ang kanyang coefficient of friction ay humigit-kumulang **0.001**, mas mababa kaysa sa yelo na dumudulas sa ibabaw ng yelo. Natatamo nito ito sa pamamagitan ng dalawang mekanismo na nagtutulungan.

Una, ito ay **biphasic**, isang solidong matrix na puno ng likido. Kapag may load sa isang joint, hindi agad makakalabas ang nakulong na tubig, kaya ito ay nagkakaroon ng presyon at dala ang load, sa simula ay higit sa 90% nito. Ang presyon ng likido, hindi ang solidong balangkas, ang nagdadala ng puwersa, katulad ng pagtayo sa isang water bed. Habang gumagalaw ang contact point (dahil patuloy kang gumagalaw), lumalabas ang likido sa harap at hinuhulog pabalik sa likod. Ang **interstitial fluid pressurisation** ito ang pangunahing dahilan kung bakit kayang dala ng cartilage ang malalaking load na may kaunting friction o pagkasira.

Pangalawa, ang ibabaw ay may madulas na **boundary layer** ng mga molekula, kabilang ang **lubricin** (tinatawag din na PRG4) at **hyaluronic acid** mula sa joint fluid, na bumubuo ng hydrated film na pinipigilan ang dalawang ibabaw na direktang magkasyumpongan.

Ang matrix ay nakaayos din sa mga **zona**: ang mga collagen fibres ay tumatakbo nang parallel sa ibabaw sa itaas na (superficial) zona, na humahawak sa lubricating layer at tumututol sa shear; naging mas random ang mga ito sa gitnang zona; at nakakabit nang patayo ang mga ito sa malalim na zona, sa isang **calcified cartilage layer** (hiwalay ng isang linya na tinatawag na tidemark) na nag-uugnay ng malambot na cartilage nang mahigpit sa matigas na buto, ang parehong hamon sa engineering ng pag-uugnay ng malambot sa matigas na tinutugunan ng tendon enthesis.

BAKIT HALOS WALANG PAGGALING ANG CARTILAGE

Kapag pinagsama-sama ang mga dahilan, nauunawaan kung bakit mahina ang paggaling:

- **Walang suplay ng dugo** nangangahulugang walang dugo-dugo (clot), walang mga selulang pang-imunidad (inflammatory cells), at walang mga growth factor na nagpapadalas ng paggaling sa ibang bahagi ng katawan.
- **Hindi masyadong makakatulong ang mga cell**: ang mga chondrocytes ay kaunti, nakapaloob sa matrix, at hindi gumagalaw o dumadami sapat upang punan ang puwang.
- **Ang lalim ang nagtatakda ng tugon**. Ang **partial-thickness** na defect na nakapaloob lamang sa cartilage ay hindi nakakarating sa dugo o medula, kaya't halos walang tugong paggaling ang nangyayari. Ang **full-thickness** na defect na sumisira hanggang sa subchondral na buto ay nagpapahintulot sa mga cell ng medula at dugo na pumasok, at ang mga ito ang nagpupuno sa puwang, ngunit sa pamamagitan ng **fibrocartilage** (type I collagen, mababa ang proteoglycan), na mas mahina sa mekanikal na aspeto at mas mabilis masira kumpara sa tunay na hyaline cartilage.

Ito ang pangunahing hamon ng operasyon sa cartilage: maaari nating punan ang butas, ngunit hindi gamit ang tunay na materyales.

PAANO PINAPAKAIN ANG KARTILAGO

Dahil walang sariling mga ugat ng dugo, ang kartilago ay pinapakain sa pamamagitan ng **pagkalat (diffusion) mula sa likidong sinobyal (ng kasukasuan)**, at ang pagkalat na iyon ay pinapagana ng **galaw at pagkarga (loading)**. Bawat beses na ang kasukasuan ay inilalagay sa ilalim ng karga at tinatanggal ang karga, ang likido at mga sustansya ay ipinapasok at inilalabas sa kartilago (katulad ng paraan kung paano pinapakain ng galaw ng daliri ang gumagaling na flexor tendon). Kaya't tunay na **kailangan ng siklikal na pagkarga ang kartilago upang manatiling malusog**: ang matagalang immobilisasyon o pagtanggap ng karga ay nagdudulot ng pagkasira nito, habang ang katamtaman at regular na aktibidad ay pinapanatili ito. Ang pahayag ng pisyoterapeuta na “ang galaw ay lotyon” ay may tunay na batayang biologikal dito.

OSTEOARTHRITIS: KAPAG ANG CARTILAGE AY BUMABAGSAK

Ang Osteoarthritis (OA) ay karaniwang tinatawag na “pagkasira dahil sa paggamit,” ngunit binabawasan nito ang kahulugan nito: ito ay isang aktibong biyolohikal na proseso, hindi lamang mekanikal na pagkasira.

Naipapalago ng sobrang mekanikal na karga, sugat, pagtanda, o kawalan ng katatagan ng kasukasuan, lumilipat ang mga chondrocytes sa isang mapanganib na mode. Pinapataas nila ang mga enzyme na nagdidigest ng matrix (**MMPs** tulad ng MMP-13, at **aggrecanases** tulad ng ADAMTS-4 at -5) na kumakain sa type II collagen at aggrecan nang mas mabilis kaysa sa maaari itong palitan. Nawawalan ng proteoglycan na nag-iimbak ng tubig ang matrix, nagsisira, at nagkakaroon ng pagkasira. Ang mga chondrocytes ay nagbabago din ng katangian (isang paglipat na tinatawag na **hypertrophy**), nagsisimulang mag-calcify ang cartilage at pumayag sa mga blood vessel, kumakapal ang **subchondral bone** at bumubuo ng mga buto na tulad ng mga dulo (**osteophytes**), at ang pagkakabuklod ng kasukasuan (**synovium**) ay bahagyang namamaga, naglalabas ng mga signal tulad ng IL-1 at TNF na pumapalakas sa siklo. Dahil hindi maaaring mag-regenerate ang cartilage, ito ay karamihan ay isang daloy na isang direksyon lamang, kaya ang pangangalaga sa OA ay nakatuon sa pagbabawas ng karga, pagpapalakas, at pamamahala ng timbang, at, kapag ang cartilage ay wala na, pagpapalit ng kasukasuan.

PAG-AAYOS NG CARTILAGE: BAKIT ITO NAPAKAHIRAP

Iba't ibang operasyon ang sinusubukang ibalik ang nasirang ibabaw, at ang dahilan kung bakit wala sa kanila ang perpektong solusyon ay direktang nakadudugtong sa biyolohiya sa itaas:

- **Microfracture** gumagawa ng maliliit na butas sa subchondral na buto upang pumasok ang mga cell mula sa marrow. Nabubuo ang **fibrocartilage**, na kapaki-pakinabang sa maikling panahon ngunit karaniwang nagde-degenerate pagkatapos ng ilang taon.
- **Osteochondral transfer (OATS / mosaicplasty)** inililipat ang mga plug ng cartilage at buto mula sa bahagi ng joint na kaunti ang bigat na dala nito. Ito ay *totoong* hyaline cartilage, ngunit limitado ang suplay.
- **Cell therapy (ACI / MACI)** pinapalaki ang sariling chondrocytes ng pasyente sa laboratoryo at inuulit ang pag-implant; ang pamamaraang ito ay pang-angkin ngunit teknikal na mahirap at nananatiling hindi perpekto.

Walang isa sa mga ito ang maaasahang nagre-recreate ng orihinal na layered na hyaline cartilage na may eksaktong zonal na arkitektura at lubrication. Kapag ang cartilage ng buong joint ay nasira na, ang definitive na sagot ay nananatiling **joint replacement**.

ANO ANG NAKATULONG AT NAKAKASAMA SA KARTILAGO

- **Ang paggalaw at katamtamang pagpapabigat** ay nakakapagpabuti at nagpapanatili sa kartilago; ang matagal na immobilisasyon ay nakakasama dito.
- **Ang sobrang timbang at kawalan ng katatagan ng kasukasuan** ay nagpapabilis ng pagkasira; **ang malalakas na mga kalamnan sa paligid** ay nagpoprotekta dito.
- **Ang mga sugat**, lalo na ang mga nagdudulot ng kawalan ng katatagan ng kasukasuan o pinsala sa ibabaw, ay nagpapataas ng pangmatagalang panganib ng osteoarthritis.
- At ang matigas na katotohanang sumasaklaw sa buong pahinang ito: kapag malubhang nasira na, **hindi na lumalago ang kartilago**. Halos walang ibang tisyu kung saan mas mahalaga ang pag-iwas.

Tingnan din

- [Osteoarthritis](#) – kung ano ang nangyayari kapag nabasag ang cartilage sa isang kasukasuan
- [Paano gumagaling at nababago ang buto](#) – ang subchondral na buto na nasa ilalim ng cartilage
- [Pagpapanatili ng aktibidad para sa kalusugan ng kasukasuan](#) – bakit pinoprotektahan ng galaw ang iyong mga kasukasuan
- [Timbang, obesidad at kalusugan ng kasukasuan](#) – kung paano nakakaapekto ang bigat sa cartilage