

MUSKULUA

1. KONTZEPTUA ETA SAILKAPENA

Mugimenduan eta uzkurketan espezializatuta dauden zelulek osatzen dute muskulua. Zelula horiek oso espezializatuta daude, eta hori dela eta, euren zatiketa zailagoa da. Beraz, muskuluaren berriztapen tasa ez da oso altua. Espezializazio hori, besteak beste, matrizean kokaturiko proteina uzkurkorren (aktina, miosina edo paramiosina) ondorioz da eta muskuluari egitura fisiologikoen uzkurketarako indarra ematen diote. Zelula horiek euren artean komunikatuta daude, eta horri esker organismoak mugimendu koordinatua lortzen du. Espezializazioa hain da nabaria, ezen zenbait egitura muskularrek, muskuluan egoteagatik izen berezia eskuratzen duten:

- Erretikulu sarkoplasmatikoa: Muskulu zelulen erretikulu endoplasmatiko berezia (kaltzio asko du).
- Sarkolema: Muskulu zelulen mintz plasmatikoa. Batzuetan ere xafla basala eta zuntz erretikularrak barneratzen dituena (batez ere muskulu ildaskatu eskeletikoan).
- Sarkoplasma: Muskulu zelulen zitoplasma.
- Zuntz muskularra = zelula muskularra: Geruza muskularreko zelula bakoitza. Izugarri luzeak dira eta zuntz baten antza hartzen dutela dirudi, horregatik batzuetan zuntz deitzen zaie.
- Miopiruak: Zelula muskularretan agertzen diren piru berezi batzuk dira. Aktina eta miosina piru bakoitza (tropomiosina ere).
- Miozuntzak: Miopiruen taldekapenak.
- Sarkomeroa: Muskulu ildaskatua osatzen duten muskulu zelulen (miozuntzen) taldekapena, funtzio koordinatua dutenak.

1.1 SAILKAPENA

Muskuluak zeluletan xingolak (cinta) agertzen diren ala ez sailka daitezke: leuna edo ildaskatua.

Muskulu leuna

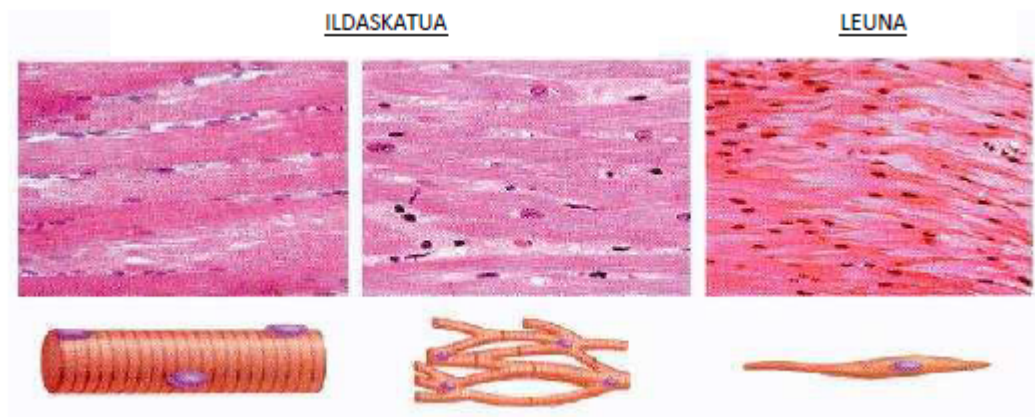
Animali talde guztietan dago, artropodoetan izan ezik. Ehun mota honetan ez dago xingolarik.

Muskulu ildaskatua

Xingolak agertzen dira. Bi motakoa izan ahal da: muskulu ildaskatu transbertsala edo ildaskatu helikoidala.

- Transbertsala
 - Z xingola jarraiak
 - Eskeletikoa: artropodo eta ornodunak.
 - Kardiakoa: ornodunak
 - Z xingola ez jarraiak: moluskuetan.
- Helikoidala: oso arraroa da, nematodoak, anelidoak, moluskuak, brakiopodoak, ketognatoak...

Baina, gizakiaz bakarrik hitz egiten dugunean, muskulu leuna eta ildaskatua bereizten ditugu, eta azken honen barruan, eskeletikoa eta kardiakoa.



2. MUSKULU LEUNA

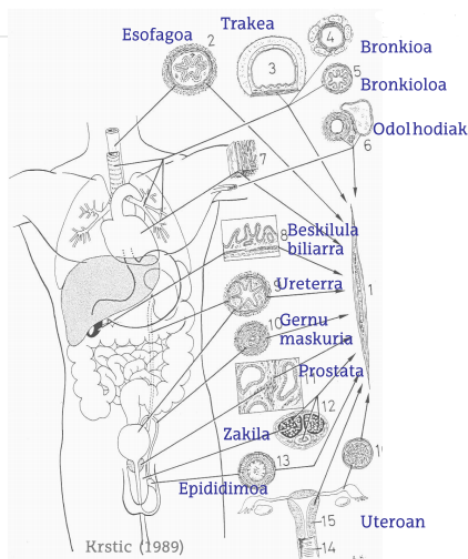
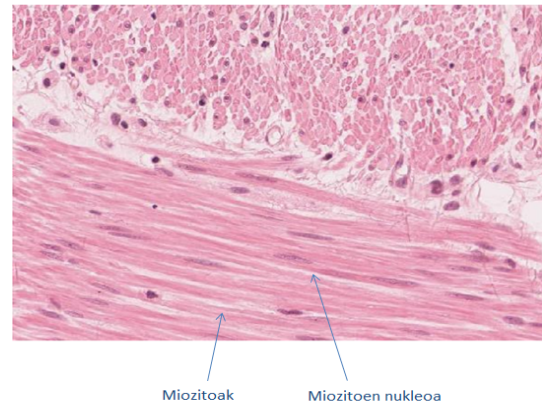
Kokapenari dagokionez, normalean muskulu leuna hainbat organo inguratzen kokatzen da (paretan), esaterako, liseri traktuan. Normalean zelula muskularrak zelula luzeak eta fusiformeak dira (hainbat zelula motz ere dauden arren) eta taldekatzerakoan azauak edo xaflak eratzen dituzte.

Hemengo zeluletan, aktina eta miosina miozuntzak elkarrekiko eta zelularen ardartz nagusiarekiko paraleloki kokatuta daude, baina gainerantzean, ez dute antolamendu berezirik sortzen, ez dituzte ildaskak sortzen.

Muskulu leuneko zelulek nukleo bakarra dute, zelularen erdialdean kokatuta, eta horren inguruan, mitokondrioak, EE, erribosomak, glukogenoa... Bestelako zelula hutsune guztia aktina nahiz miosinaz beteta dago. Hori dela eta, organulu guztiek kokapen perinuklearra dutela deritzogu, zitoplasma perinuklearra.

Muskulu leuneko beste berezitasun bat sarkolema da, mintz plasmatikoko horretan aktinazko piru zitoplasmatikoak (batez ere) aingurapen plaketan. **Miozuntzak? elkarren artean lotzen diren puntuetan, gorputz dentsuak agertzen dira.** Gorputz dentsuak TMEn egitura ilun dentso moduan ikusten dira, proteinez osatuta baitaude.

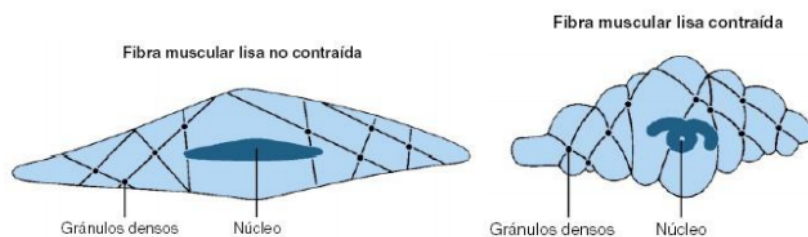
Muskulu leuneko zelulek, ehun konektibo erretiformean eta xafla basalean geruza mehe bat dute. Geruza honetan, zelulak desagertzen doaz beraien artean nexuen bidez lotu ahala. Zelula muskularrak gertu badaude, zelula horien artean nexuak sortzen dira, seinalizazioa ahalbidetuz eta zelulak modu koordinatuan jardutea eraginez.



Gorputz dentsuetan zuntz batzuk besteekiko irristatzen dira eta tentsioak sortzen dira. Hauek aingurapen plaken bitartez mintzari lotuta daudenez, azkenean, zelula osoa uzkuratzen eta tamainaz txikitzen da.

Muskulu leunean mugimendua leuna (motela), indartsua eta energia gastu urrikoa da. Uzkurketa motela da egitura guztia mugitu behar delako eta kontsumoa urria da egiturak prest daudelako eta ez dutelako energia extrarik behar.

Muskulu leuna honako lekuetan aurkitu dezakegu:



3. ZELULA MIOEPITELIALAK

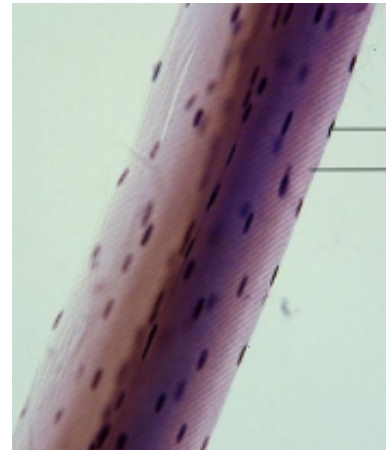
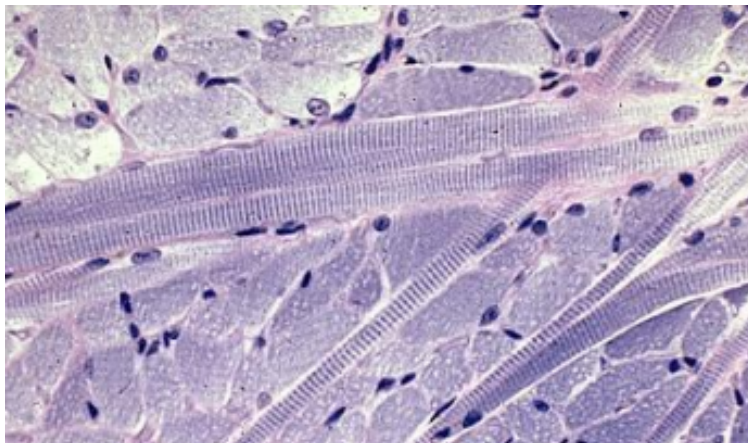
Itxuraz muskulu leuneko zelulen antzekoak diren arren, jatorri guztiz desberdina dute: ektodermotik eratorriak dira. Uzkurketa prozesuetan espezializatuta dauden zelula epitelialak dira, eta guruinekiko guztiz espezifikoak dira, hau da, guruinen inguruan soilik agertzen dira. Beren funtzioa, epitelioko guruinen uzkurketan, eta ondorioz, jariapen prozesuetan laguntzea da (listu guruina, ugatz guruina, malko guruina...). Zelula hauen aktina eta miosina kopurua ez da hain handia, muskulu leuneko zelulekin alderatuta.

4. MUSKULU ILDASKATU ESKELETIKOA

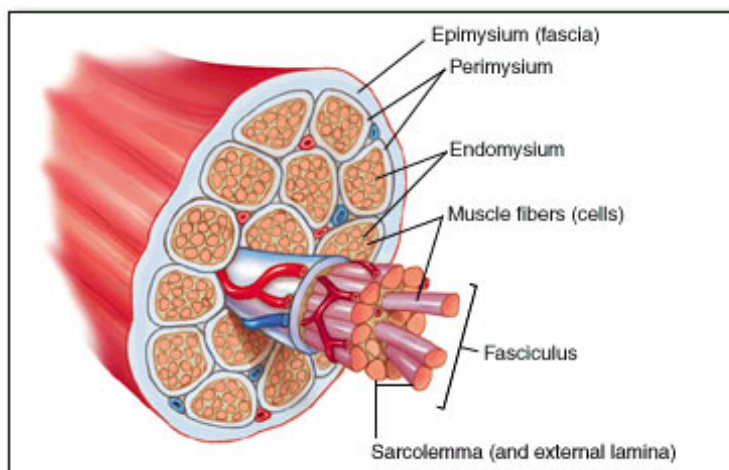
Muskulu ildaskatu eskeletikoko zelulak oso espezializatuak dira eta beraz, guztiz desberdintzatuta daude. Zelula oso luzeak, zilindrikoak eta multinukleatuak dira; dozenaka nukleo topa ditzakegu zelula batean. Jatorri sintziziala dute, hau da, hainbat zelulen fusioz sortzen dira.

Nukleoek itxura luzea dute, eta zuntzen periferian, hots, zelulen ertzean kokatzen dira. Gune perinuklearrean diktiosomak, mitokondriak, lipidoak eta glukogenoa daude (azken hauek, energia erreserba dira). Zuntzen antolaketa, leunean baino ugariagoa da, izan ere, aktina eta miosinazko zuntzak, sarkomero izeneko egituretan antolatzen dira eta hauen ondorioz, ehun mota honen ezaugarri diren ildaskak eratzen dira.

4.1 EHUNAREN ANTOLAKETA



- MUSKULUA: Kanpoaldean, muskulu guztia inguratuz, epimisio izeneko ehun konektibo zuntzezkatu dentsoaren geruza bat dago.
- MUSKULU AZAUA: "Hesi" horren barnealdean, muskulu zelulen azauen paketeak daude; eta taldekapen hauek mugatuz beste ehun konektibo dentsoaren geruza bat dago: perimisioa. Pakete hauen artean, odol hodi batzuk kokatzen dira.



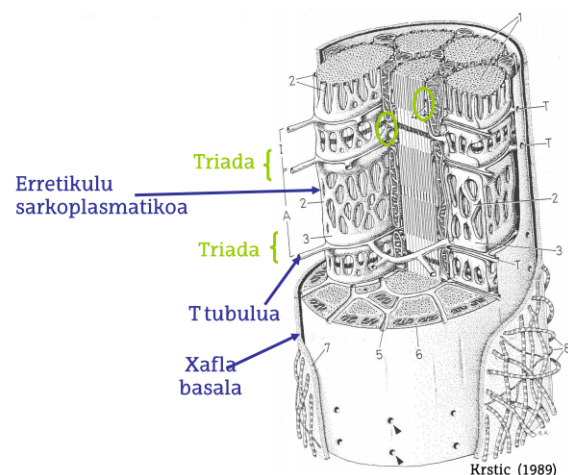
- **MUSKULU ZUNTZA:** Pakete bakoitza, hainbat muskulu zuntzez dago osatuta, eta zuntz bakoitza, hainbat zelula plurinukleatuk osatzen dute. Muskulu zuntza osatzen duten zelula bakoitza xafla basalez eta ehun konektibo dentsoaren beste gainezadura batez dago inguratuta: endomisioaz. 43 Pakete horien barneko muskulu zuntzak oso modu karakteristikoan antolatzen dira: sarkomeroak eratzten dituzte.

Sarkomeroetan honako egitura hau bereizten da:

- Zelula gainetik begiratuko bagenu; mintz plasmatikoa, erretikulu sarkoplasmatikoa eta sarkomeroa orden horretan egongo lirateke.

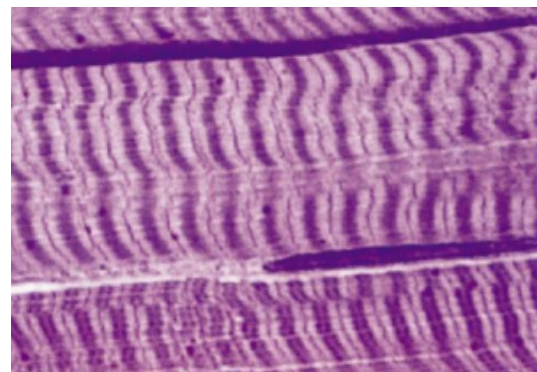
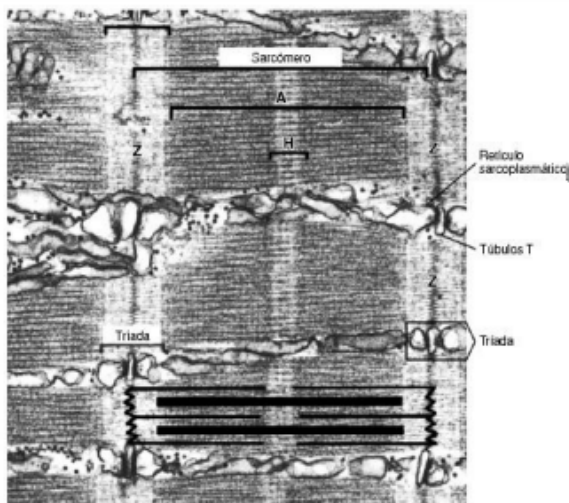
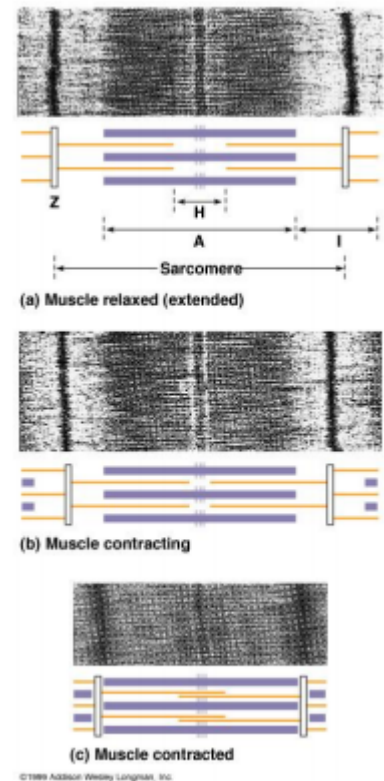
Erretikulu sarkoplasmatikoak oso antolaketa berezia du. Mintzaren azpian zenbait inbaginazio daude, T tubulu izenekoak eta honek, mintz plasmatikoa eta erretikulu sarkoplasmatikoa arteko kontaktua bermatzen du.

Erretikulu sarkoplasmatikoan kaltzioa metatzen da eta kaltzio hori beharrezkoa da aktina eta miosinaren uzkurketa burutzeko. Askotan, muskulua funtzionala izateko, kinada bat jaso behar izaten du (normalean, nerbio sistemaren bidez transmititzen dena) eta seinale hau muskulura iristerakoan, honek mintzaren polarizazioaren aldaketa bat eragiten du zelula muskularrean. Karga-aldaketa hori, erretikulu sarkoplasmatikora iristen da T tubuluaren bitartez, erretikulua mintzarekin kontaktuan dagoelako. Modu honetan, erretikulu sarkoplasmatikotik kaltzioa zitoplasmara askatzen da eta aktinak eta miosinak erabiltzen dute uzkurketa burutzeko.



Albo batetik begiratuta, triada izeneko egitura bat ikusiko litzateke eta hau milaka aldiz errepikatzen da muskulu zeluletan. Bere antolaketa honakoa da: Erretikulu besikula bat, mintz plasmolikoaren zati bat (erretikulua eta mintza kontaktuan dauden puntu honi T tubulua deritzo- ez dago mintzen arteko fusiorik!) eta beste besikula bat.

Zelula muskularrean are gehiago barneratuz gero, sarkomero deritzen egiturak aurki daitezke. Sarkomeroak aktina eta miosinazko egiturak dira nagusiki. Euren muturretan α -aktinina izeneko proteinak (Z diskoa) daude, eta horiei lotuta aktinazko filamentuak daude, eta euren artean miosinazko piruak daude (A diskoa). Sarkomeroan, energiaren bidez eta kaltzioaren askapenaren bidez, aktina eta miosina euren desplazatu egiten dira, sarkomeroaren egitura luzatu edo laburtzea eraginez. Mugimendu hori ugaritan errepikatuz gero, zelula muskularrak uzurtzea lortzen da. Hain zuzen ere, egitura horiek dira elkartu eta miozitoen ildaskak osatzen dituztenak.



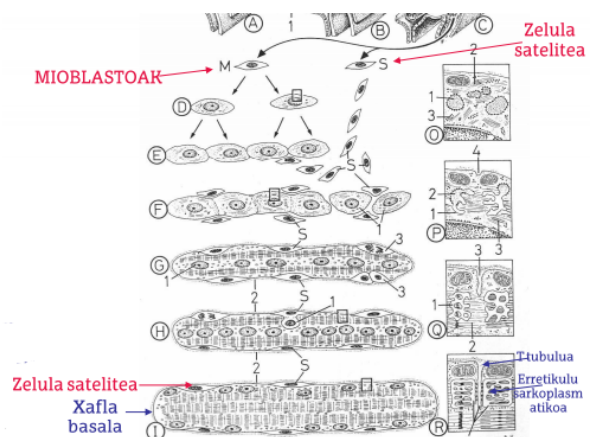
4.2 ZUNTZ MOTAK

Bi zuntz mota bereizten dira. Elementu desberdin batzuk dituzten arren, orokorrean, antolaketa berdina da.

- **ZURIAK:** zabalagoak dira, eta mitokondria eta mioglobina gutxi dituzte. Uzkuaketa azkarra eta arina ahalbidetzen dute, baina azkarrago "nekatzen" da, oxidazio ahalmen urria baitute. (Izan ere, hartxidura gertatzen da muskulu hauetan, eta beraz energia azkar batean lortzen da, baina erreserbak ere azkarrago bukatzen dira).
- **GORRIAK:** diametro txikiagoa dute, eta miozuntzezka gutxiz osatuta daude. Uzkuaketa polikiago gertatzen dira, baina zuntzak oso odoleztatuta daudenez, mioglobina gehiago dituzte, eta oxigeno gehiago iristen zaie. Ondorioz, denbora luzeagoan jarrai dezakete uzkuaketa. Gainera, mitokondria asko dituztenez, 44 aldiz energia gehiago lortzen dute. (Izan ere, glukosaren erabateko degradazioa gertatzen da hemen. Beraz, prozesua mantsuagoa da baina erreserbak beranduago bukatzen dira).

Bi muskulu mota horiek bereiztea zaila da, antolaketa orokorra oso antzekoa baita, hala ere, odoleztapena oso nabaria izanez gero, muskulu gorriak kolore ilunagoa izan dezake. Hala ere, hematoxilina eosina erabiliz bereiztea oso zaila da.

Jatorriari dagokionez, zelula muskularrak zelula mesenkimatikoetatik eratortzen dira. Hala, zelula horietatik abiatuta, mioblastoak deritzen zelula guztiz ez desberdintzatutak. Horiek ondoren fusionatu egingo dira, miozito desberdintzatu polinukleatuak sortzeko. Fusioaren ondoren, miozuntzekak garatzen hasten dira, muskularen uzkuaketa ahalbidetuko dutenak.



4.3 BERRERAKETA

Muskulu ildaskatu eskeletikoko zelulak ez dira zatitzen, hauen erdialdea guztia zuntzez beteta dagoenez zelulako osagai ezberdinen kokapena eta banaketa kontrolatzea oso zaila delako. Hori dela eta, kalteren bat egonez gero (zauri edo gaixotasun baten ondorioz), ehunaren berreskurapena gertatuko da.

Kalte mailaren arabera:

- **Berreraketa jarraia:** Kaltea oso larria ez denean gertatzen da, zonalde txiki eta oso lokalizatu batean eragiten duenean. Bertara makrofagoak mugitzen dira, erabilgarria ez den materiala xurgatu eta liseritzen dute, hutsunea utziz. Bertara, inguruko nukleoek migratuko dute eta hutsunea beteko dute, euren fusioaren bidez miozito berriak sortuz.

- Berrareketa ez jarraia: Kaltea orokorragoa izatean zonalde zabalago batean eragiten duenean, kaltetutako zonaldea makrofagoek garbituko dute. Zonaldea hain handia izanik, nukleoek ezin dute bertara migratu. Beraz, endomisioan kokaturiko zelula sateliteak (muskulu zelulen aitzindari direnak nolabait) desberdintzatu, eta kaltetutako zonaldera migratuko dute.

BERRERAKETA:

Nukleoen hipertrofia

Periferiaranzko migrazioa

Makrofagoa

Zelula satelitea

Periferiaranzko migrazioa

JARRAIA

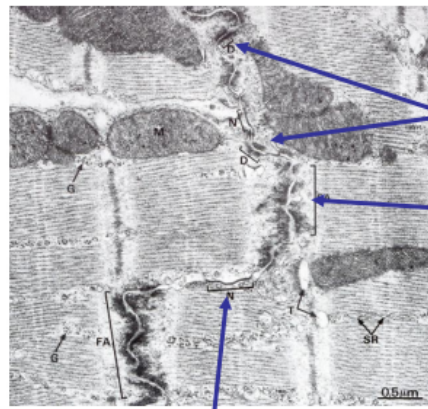
EZ-JARRAIA

Krsti (1989)

5. MUSKULU ILDASKATU KARDIAKOA

bihotzean ia esklusiboki dagoen muskulu ildaskatua da. Ildaskak ditu, euren kantitatea eskeletikoan bezain handia ez den arren. Zelulak mononukleatuak dira (zenbait kasutan bi), nukleo zentrala dute, eta mugimendu ez boluntario eta taupadak ematean espezializatzen dira.

Zelulok ez dira horren luzeak, eta adarkatuak dira. Gainera, euren artean lotura konplexuak (desmosomak, nexuak eta fascia adhaerens) osatzen dituzte, diska interkalar deritzen egitura bereziak sortuz. Kasu honetan ere, erretikulu sarkoplasmatikoa mintzarekin lotuta dago, diada deritzon egiturak sortuz, T tubuluaren eta erretikuluaren zisterna bat lotzen dituen.



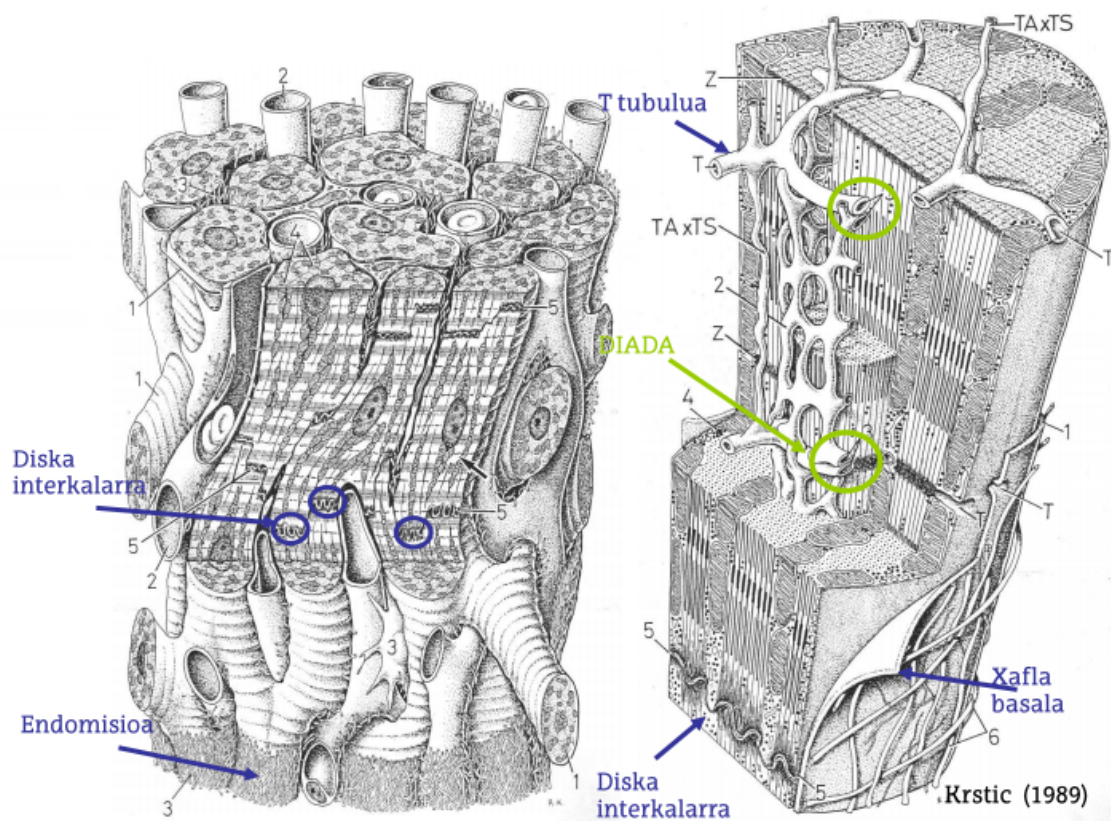
Diska interkalarrak

Desmosomak

Fascia adherens

Nexua

Muskulu eskeletiko kardiakoa odoleztatua dago, odol hodiak ezinbestekoak baitira muskuluak funtzionatzeko. Gainera, muskulu ildaskatu kardiakoko zeluletan ildaskak ez daude horren antolatuta (horregatik ez dira hain nabariak).

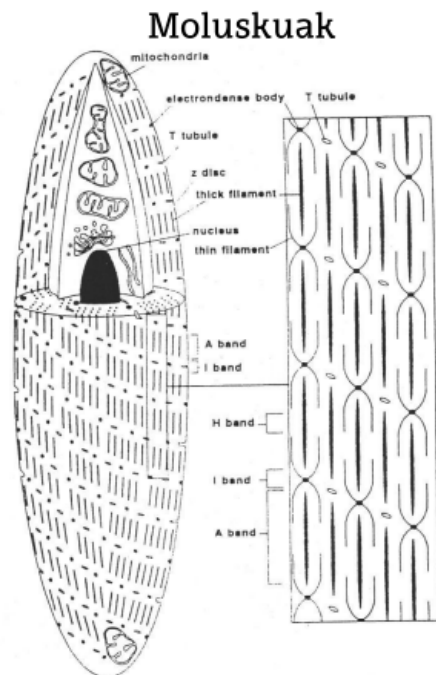


6. MUSKULU ILDASKATUA ORNOGABEETAN

6.1 MUSKULU ILDASKATU OBLIKUOA (HELIKOIDALA)

Muskulu helikoidala ornogabe ugaritan agertzen da. Zelula horiek nukleo bakarra dute eta ildaskak dituzte, beraz, neurri batean zelula kardiakoen antzekoak dira. Hala ere, kasu honetan sarkomeroak bata bestearekiko apur bat desplazatuta daude. Hauen kokapen bereziari esker, zelularen osotasunera zabaltzen den sarkomero ilarak helize itxura hartzen du.

Ehun honetako zelulak mononuklatuak dira, eta Zxingola ez jarraiez (antolaketa desplazatua) mugaturiko sarkomeroak eratzen dituzten miozuntz lodiak eta meheak dituzte. Miozuntzak Z xingolekiko helikoidalak dira.



Mikroskopia optikoan behatzean, ez du ematen ildaskak dituztenik, baina elektronikoak begiratzuz gero, itxura desplazatu hori dute, eta helize itxurako egitura bat sortzen da.

