

2.Gaia. SISTEMA MUSKULU-ESKELETIKOA

ESKELETOA

Eskeletoa kordatuen oinarrizko egitura da. Hala ere, ornodun askok ez dituzte hezurrik eta modu arrakastatsu batean bizi dira, kartilagoarekin, notokorda urtsu batekin...etab.

Bai kartilagoa, bai hezurra ehun konektibotik eratorriko ehun elaboratuak dira, baina desberdintasun nabariak daude beraien atean.

KARTILAGOA

- Ehun konektibo/konjuntibo berezia, dentsoa, eta **helduetan** zelula gutxi eta tasa metaboliko baxukoa. Kontuz HELDUETAN, ez du bat egiten ontogenian zehar gertatzen denarekin, izan ere momentu horretan hazten ari delako eta, beraz, tasa metabolikoa oso altua izango da.
- Enbrioien eskeletoa kartilagozkoa da: erraz handitzen da, birmoldapenik gabe.
- Normalean kolageno zuntzak galdu egiten dira, eta kolagenoz kanpoko matrizeari kondroitin-/keratin- sulfatoa proteoglikanoei lotzen zaio, beste hainbat proteina elastikoekin batera (elastina), kolagenoa... kolageno gutxi eta elastina kateei molekula sulfatatu horiek atxikitzeak egitura urtsua ematen dio kartilagoari. KONDROZITOAK ere aurkituko ditugu, gutxi eta metabolismo baxukoak.
- Elementu hauen proportzio eta izaera molekularren arabera kartilagoaren ezaugarriak desberdinak dira.

Nahiz eta hezurra ez bezain sendoa izan, kartilagoa zenbait ezaugarri fisikoetan hezurra bezain erabilgarria izan daiteke.

HEZURRA

- Ehun konektibo berezia, hau ere dentsoa, ornodunen bereizgarri.
- Matrize extrazelularra (kolageno trinkozko, kartilagoan dagoena baino askoz gehiago) kolagenoaren zuntzen kateen amaieran kaltzio fosfatoko molekulak atxikitzen dira, beste molekulekin eta mineralizatzen da ehuna. OSTEOZITOAK ere aurkituko ditugu.
- Kaltzio fosfata **ez** da disolbatzen pH azidoan, CaCO_3 **bai**. Horregatik molusku askok ez bezala, lurzoruaren etorkizunerako konkistarako kaltzio fosfatoaren mineralizazioa garrantzitsua izango da.
- Mineralizazio maila ezberdinak daude espezieetik espeziera eta espezie bereko hezurren artean. Organismoak beteko dituen lan energetikoen arabera, hezurak lan zein estres desberdinak jasango ditu espezieetik espeziera; horren

arabera ere izango dira hezurak desberdinak (ez soilik ikuspegi histologiko batetik).

- Era konplexuan sortzen da; eratze eta birmoldatze prozesuak jasaten ditu amaitu aurretik.
- Antolamendu ordenatuago dauka eta beraz, eraikitzea, bai energia zein denbora aldetik garestia da.
- Tasa metaboliko altuko ehuna da eta baskularizazio-maila handikoa. Baskularizazioak bermatzen du apurketa baten aurrean birsorkuntza prozesu bat (ez kolagenoa bezala).

Bi hezur mota egon daitezke **eskeletoaren sorburuaren** arabera:

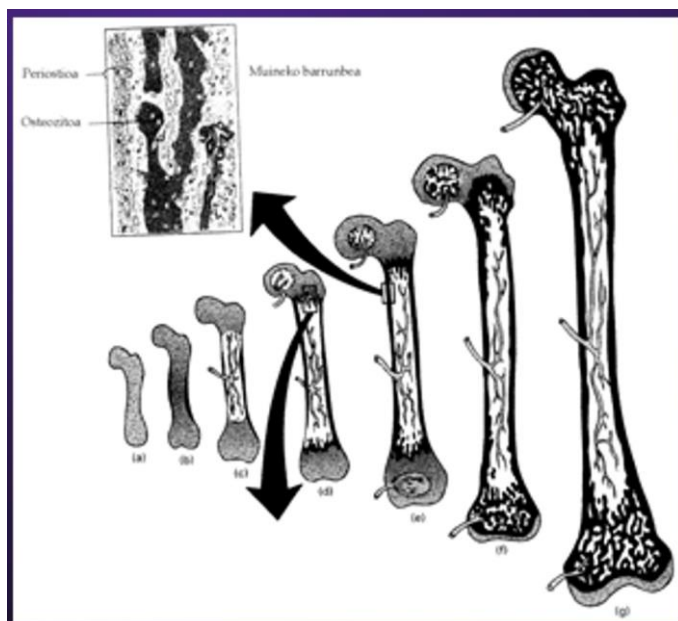
- o **ENDOKONDRALAK** (ordezkapenezkoak= kartilagozkoak)

Ehun mesenkimatikotik kartilagoa eratzen da, gero hau **mineralizatzen** da eta **berrantolatzen** da hezurra eratuz.

Kartilagoaren ordezkapena modu berezian ematen da. Hezur luzatueta osifikatzen hasten den lehenengo partea diafisia, erdiko partea izango da. Diafisiaren barneko aldean gatz inorganikoak metatuz joango dira; beraz, bertako zelula kartilaginotsuetara ezingo da odolirik iritsi eta hiltzen joango dira. Ondoren, kartilago kaltzifikatua sistema baskularrak inbadituko du, eta hezur muina izango denaren espazioak higituz joango da. Azkenik, hezur muin honetan osteoblastoak sortuko dira, osifikazio-gune primarioak osatuko dituztenak. Bertan, kartilago kaltzifikatutazko zatiak hezur sortu berriz estaliko dira.

Kartilagoaren ordezkapena diafisian hasi eta metafisian jarraitzen du. Eskualde honetan kartilagoa aktiboa da, eta pixkanaka hazi, ondoren kaltzifikatu, eta hil egiten da, hezurraren hazkunde-gunea osatuz. Honela, epifisian dauden

kartilagoen hazkundeak hezuraren luzapena eragingo du.

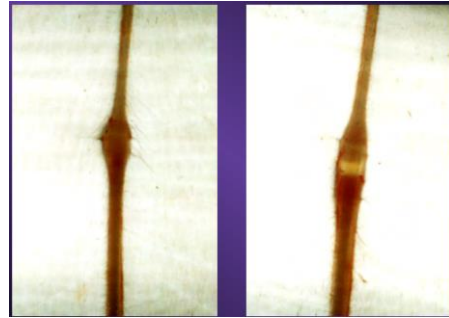


Irudi honetan hezur luze baten irudia azaltzen zaigu. Hezur luzeek 3 zatitan banatzen dira:

Epifisia (muturreko eskualdea),
Metafisia (beste bien arteko zatia, plaka epifisiala) eta Diafisia (erdialdea).

Heldutasunera hurbiltzen garen heinean, gizakien kasuan, plaka epifisial kartilaginoso hau osifikatuko da eta ez da luzapen gehiagorik emango. Arrain, anfibio eta narrasti goiztiarretan hezurak bizitza osoan zehar handitzen dira, (hazkuntza geldoa bada ere), ondorioz oso tamaina handiak lor ditzakete.

Irudi honetan saguzarren hegoetako falangeen arteko giltzadura atzematen da. Ezkerrean animalia heldua ikusten da, bertan hezurak guztiz osifikatuta daude eta ez da hutsunerik ikusten epifisiaren eta diafisiaren artean, metafisian alegia. Eskuinekoan, aldiz, saguzar gazte baten irudia dugu eta metafisia ez zaio oraindik guztiz osifikatu eta argia pasatzen da bertatik.



- **MINTZARTEKOAK edo HEZUR DERMIKOAK** (=ehun konjuntibotik zuzenean)

Mesenkimatik zuzenean garatzen dira; tarteko kartilago aitzindaririk gabe. Zelula mesenkimatikoak xafla edo mintzaz antolatuz trinkotzen dira. Trinkotze hau gertatu ahala, baskularizatu ere egiten dira. Zelulen artean gel antzeko bat agertzen da, bertan matrize osezko hegaxka trinkoak metatzen dira, bai eta osteoblastoak agertu ere. Ondorengo garapena hezur-berrien gainezarpenez gertatzen da; garapen motaren arabera mintzarteko hezurren barruan hiru hezur mota bereiztuko ditugu: hezur dermikoak, perikondralak eta sesamoideak. Dermikoak mesenkimaren osifikazio zuzenez sortzen dira; honelakoak dira kranioko hainbat hezur. Izen hau jatorri mesenkimatiko azaleko dermisean gertatzen delako dagokie.

Animalia batzuk mintzarteko hezurak soilik izango dituzte.

Ornodunen eboluzioari begira, erregistro fosilean hezur endokondralak beranduago aurkitu dira; hau da, seguraski mintzartekoak agertuko ziren lehenago.

Hezurren beste sailkapen bat dago ikuspegi ebolutibo eta funtzionalean oinarriturik:

- **HEZUR AZELULARRA (Aspidina)**

Osteozitoak hezurreko matrizea sortu ahala periferian kokatzen doaz, barneratu gabe; beraz, zelularik gabeko hezurreko matrizea garatzen da. Hezur mota hau behin apurtuta, ez dago konpontzeko erarik. Ostrakodermoek mota honetako hezur asko dituzte. Gaur egungo arrainen ezkatetan hezur azelularren arrastoak aurkitu dira.

▪ HEZUR ZELULARRA

Osteozitoak hezurreko matrizea sortu ahala barneratzen dira eta barneratuta geratzen dira. Gainontzeko ornodunen eskeletoan hezur hauek aurkituko ditugu.

ORNODUNEN ESKELETOA: ENDOESKELETOA

Joera dago arrain primitiboetan hezurrezko gaineztadura zutenez hauek zuzenean egongo zirela kontaktuan. Baina, nahiz eta azalaramendu dermikoak eduki, gaineztadura epidermikoak izango zuten.

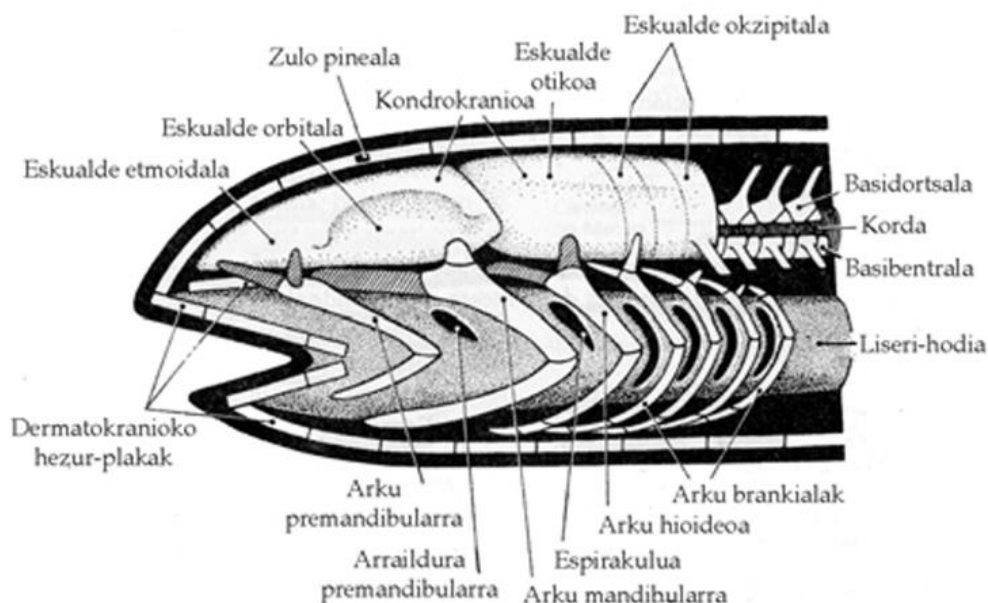
Kokapenagatik endoskeletoaren sailkapena hau litzateke:

- ESKELETO AXIALA: soinaren ardatza
 - **Notokorda**: ornodun guztietan
 - **Kranioa**: ornodun guztietan baina aldakorra
 - **Bizkarrezurra**: beti notokorda babesten, ez du zertan ornoak eduki behar.
- ESKELETO APENDIKULARRA
 - Soinadarrak eta gerriak

ESKELETO AXIALA

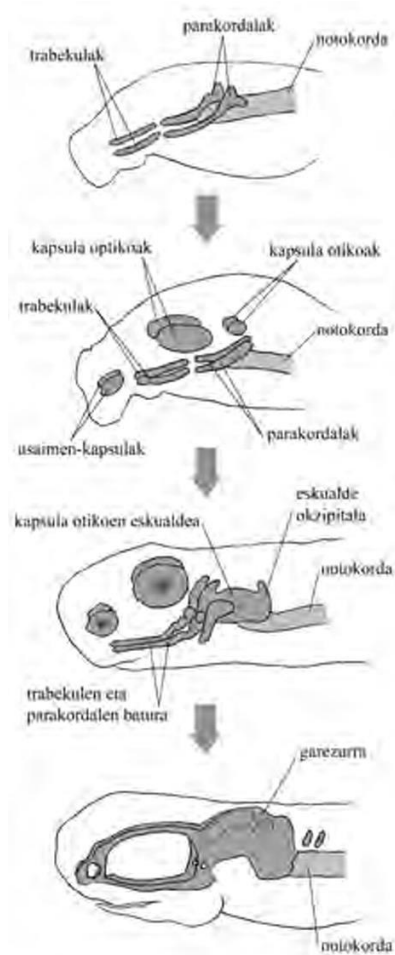
KRANIOA

Kranioa garuna eta hainbat zentzumen- organo nagusi barneratzen dituen ornodunen eskeletoko elementurik konplexuena da. Kranioa jatorri ontogeniko oso ezberdineko elementuen konbinazioz eratzen da eta hauek sarritan eraldaketa handiak izaten dituzte.



Kranioan hiru osagai (edo hezur talde) nagusi bereizten ditugu jatorri eta egituraren arabera: dermatokranioa, kondrokranioa eta esplaknokranioa.

➤ KONDROKRANIOA



Kranioan sakonean kokatutako barne-egitura ENDOKONDRA da.

Jatorrizko kranioa da, uste da filogenetikoki zaharrena dela, ontogenian kranio honen arrastoak baitaude. Hala ere, erregistro fosilean ez dago honen arrastorik eta uste da, jatorriz kartilagotik eratorriko zela eta geroago osifikatuko zela.

Uste da buruaren edo kranioaren sorrera garatu zela bizkarrezurraren egitura segmentarioa jarraituz. Gaur egun ideia hau ez da guztiz onartzen.

Kondrokraneoak zerebroa estali dezake edo ez, eta kartilagoa osidifikatu daiteke edo ez. Adibidez, elasmobranchioetan kondrokraneo garatuak beraien garuna babesten eta eusten du. Aitzitik, ornodun gehienetan, kondrokraneo nagusiki estruktura enbrionario bat da, zeinak zentzumen-organoko kapsulak eusten dituen.

Ontogenian:

- Parakordalak notokordalaren aurrean kokatuko dira
- Trabekulak parakordalen aurrean
- Kartilago okzipitalak parakordalen atzean kokatuko dira

Esan dugun moduan, ornodun gehienetan, zentzumen kapsulei babesa eskainiko dio kondrokraneoak, eta hauek izango dira:

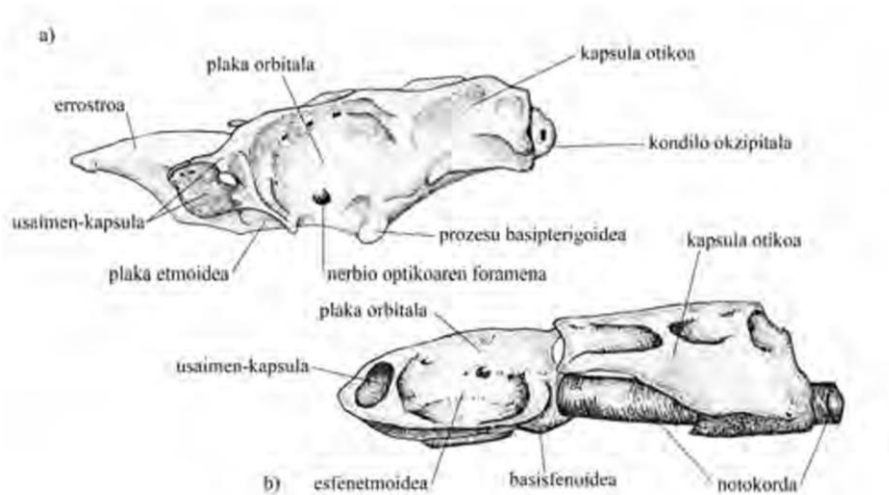
- Otikoak eta olfatiboak edo usaimenekoak
- Optikoak libre geratuko dira

Gandor neuraleko zelulak izango dira kondrokraneoaren sorreraren erantzuleak, konkretuki, usaimen-kapsulen, kapsula otikoen eta trabekulen sorreraren erantzuleak. Gainerako egituraren sorrera zelula mesenkimatikoek burutuko dute.

Garapenean zehar egitura guzti hauek kartilagoarekin fusionatuko dira eta benetako kondrokraneo sortuko da. Hainbat egitura eta plaka sortuko dira kartilagoaren fusioarekin:

- Usaimen-kapsulak trabekulekin fusionatuko dira **plaka etmoidea** sortuz.
- Parakordalen fusioak **plaka basalan** sortuko du.
- Okzipitalak gorantza hasiko dira **arku okzipitala** sortuz.

Elasmobrankioen kondrokraneo ez da inoiz osifikatzen, kartilagoa mantentzen dute. Kondrokraneo zabaltzen dute eta kutxa kranial kartilaginotsu bat sortzen dute beste hezur batzuekin lotuta (oso egitura handia).

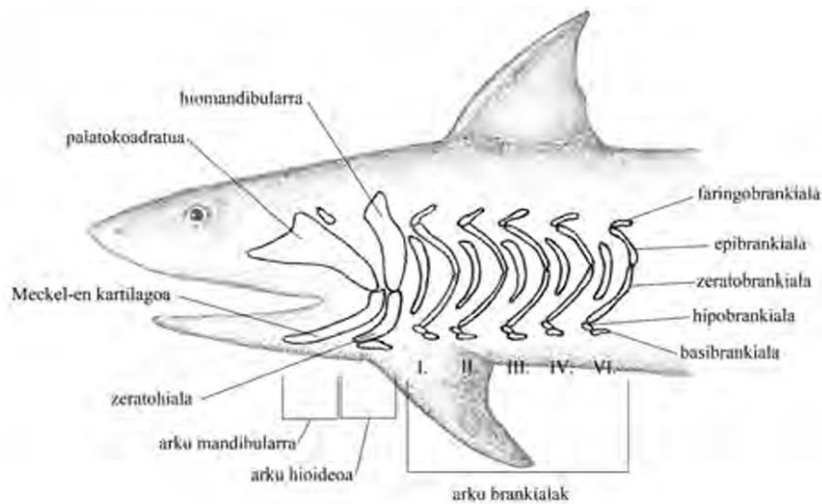


➤ ESPLAKNOKRANIOA

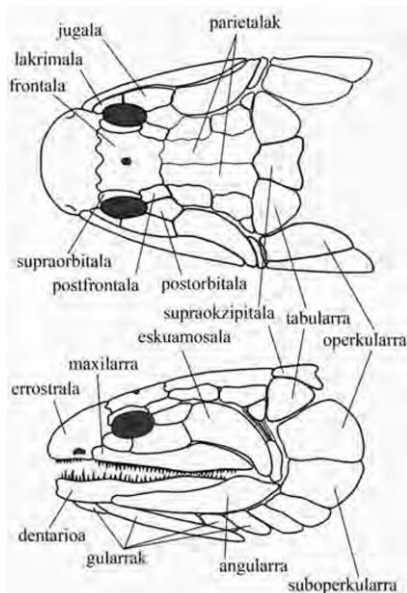
Faringearen hormetan sortutako elementu eskeletikoek ARKU FARINGEOAK sortzen dituzte, endokondralak direnak eta gandor neuraleko zeluletatik eratortzen direnak.

Koordinatuaren estruktura primitiboa da. Hasieran koordinatuaren aparatu iragazlea eusten zuen eta geroago arrainetan brankien euskarri gisa (arku brankialak). Esplaknokranioaren elementuek barailen eta aparatu hioidearen sorreran parte hartuko dute Gnatostomatueta.

Gnatostomatueta zazpi elementu artikulatu pare agertzen dira. Lehenengo bi arku pareak gure barailak izango direnak kontsideratzen dute ikertzaileek eta, bigarren arku pareak aparatu hioidea izango dena.



➤ DERMATOKRANIOA

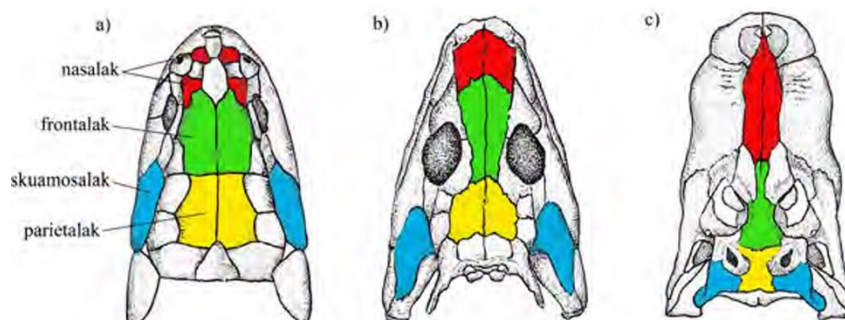


Kranioaren inguruan, gainera zatia, orbiten ingurukoa, aho-sabaia, operkulua eta barailak (eta barailaren eratorriak) inguratzen azaltzen da.

Hezur dermiko osatutako kranioa da eta erregistro fosilean azaldu zen lehenengoa; aitzitik, ez ontogenian.

Egungo agnatuetan sekundarioki desagertuta dago, baita kondiktietan ere.

Gainerako ornodunetan oso garrantzitsua da dermatokranioa, izan ere hainbat taldetan beste elementuen funtzioak bereganatu eta ordezkatu ditu. Adibidez, dermatokranioaren atalak kontsideratzen ditugunak barailen parte bezala ager daitezke, edo kondokranioaren atal batzuk ordeztuz. Dermatokranioaren atalak askoz ere flexibleagoak dira, ez daude egitura anatomiko konkretuei lotuta. Adibidez gure barailak dermatokranioak dira, ez dute esplanknokranioaren arrastorik.



Aurreko irudian dermatokranioaren elementuen homologia erakusten da ornodun talde desberdinetan.

- a) Tetrapodo izateko bidean dagoen ornodunaren kranioa
- b) Tetrapodo bat
- c) Gaur egungo ornoduna

Ikusten denez elementuak txikitzen doaz eboluzioan zehar, hezur dermikoak fusionatzen dira eta beste kranio (kondrokranio eta esplaknokranio) hezurak ordezkatzeko dira.

Kranioaren eboluzioa

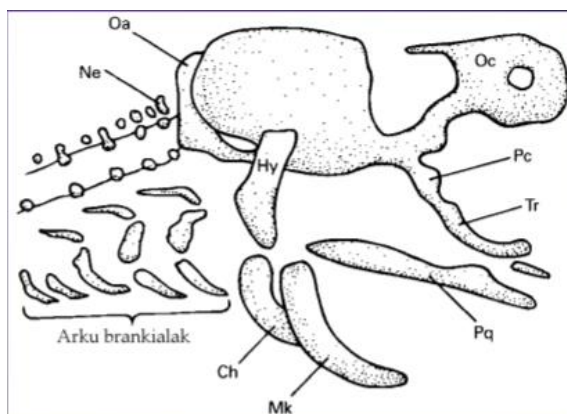
Kranioaren eboluzioari begira hainbat kontu aipagarri daude:

1. Dermatokranioaren emendioa
2. Barailaren agerpena
3. Barailaren hezurak eta beraien esekidura
4. Kranio kutxaren eskualde tenporaleko leihoak
5. Kranioaren zinesia

Puntu hauek oso garrantzitsuak izango dira amniotoen sailkapenean eta 4. eta 5. Puntuak izango dira gertaera ebolutibo garrantzitsuenak.

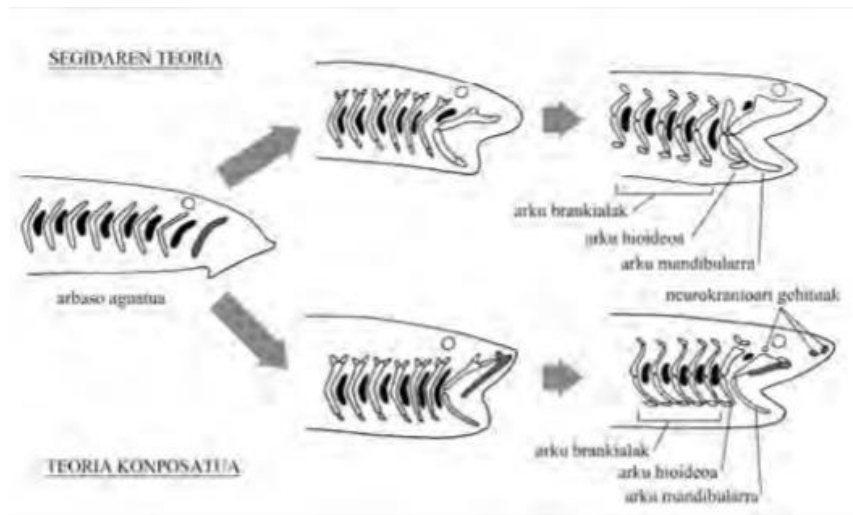
2. Barailaren agerpena

Agnatoetan ez dugu barailarik aurkituko, esplaknokranioak iragazlearen “saski faringeoa” eutsiko du eta gnatostomatuen kasuan, barailak aurreko arku faringeotatik eratorriko dira.



Marraoen garapen enbrionarioan nerbioen eta odol-hodien parakera berdina da barailan eta arku brankialetan.

- Segidaren teoria: lehenengo bi arku faringeoak(edo bigarrenak) baraila garatuko zuten, geroago hirugarren arku pareak arku hioidea eta azkenik gainerako arku faringeoek arku brankialak sortuko zituzten.
- Teoria konposatua: ornodun goiztiarrek, hamarna arku faringeo izango zituzten eta barailak hainbat arkutako elementuen konbinazioz sortuko zen.



Lehenengo bi arku faringoak baraila bihurtuko direnak kontsideratuko ditugu.

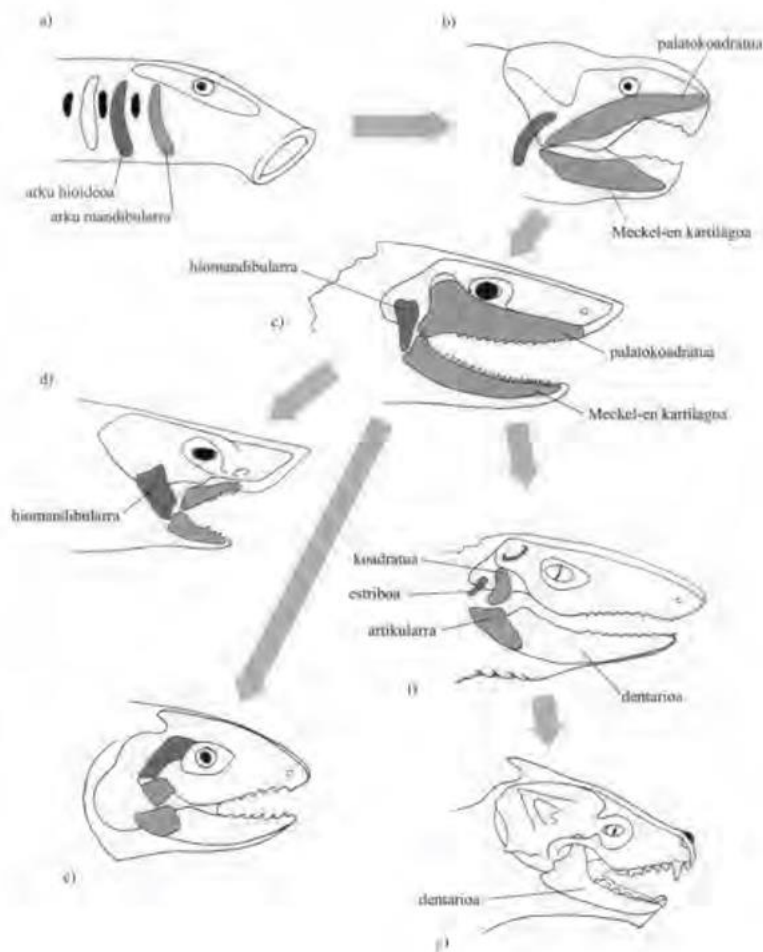
Plakodermo eta akantodioek **esekidura euautostilikoa** dute (b), non beheko baraila zuzenean atxikitzen zaio kranio-kutxari.

Osteiktio eta kondriktio goiztiarretan, aldiz, **esekidura anfiestilikoa** aurkituko dugu. Kasu honetan goiko baraila eta beheko baraila kranio-kutxari lotzen dira. Hala ere, goiko baraila ez da egongo guztiz atxikiturik, ezta solte ere kranio-kutxarekin, baina aingurapen puntu batzuk edukiko ditu mugitzeko gaitasuna emanaz barailari, baina ez hainbeste. Esekidura honekin animaliak aurrera-atzera mugimendua egiteko kapaza izango da.

Arrain modernoek **esekidura hiostilikoa** dute (d,e). Esekidura honetan goiko baraila kranio-kutxarekin aingurapen puntu bat edukiko du; hiomandibularra (2. arku faringeotik datorrena), aingurapen eta esekidura honetan lagunduko du. Konkretuki, hiomandibularrak esekidura egonkortuko du baina kranio-kutxara guztiz lotu gabe. Honi esker animaliak mugimenduarekiko askatasun gehiago lortuko du.

Tetrapodoetan, **esekidura metastilikoa (f)** ematen da. Esekidura honetan, goi-baraila eta kranio-kutxaren fusioaz gain, lotura kuadratuak ematen dira kranio kutxarekin (palatokuadratutik eratorri direnak).

Ugaztunen kasuan, **esekidura kraniostilikoa (g)** dugu. Esekidura honetan, tetrapodoen ereduan bezala, goi-barailaren eta kranio-kutxaren fusioa emango da; desberdintasun bakarra lotura elementu dermikoaren artean emango direla.



Kondrktioetan kranio-kutxa estalki kartilaginotsu konplexuz dago eratuta, arrain osteiktie zein tetrapodoetan, aldiz, hezurrezkoa da.

4. Kranio kutxaren eskualde tenporaleko leihoak

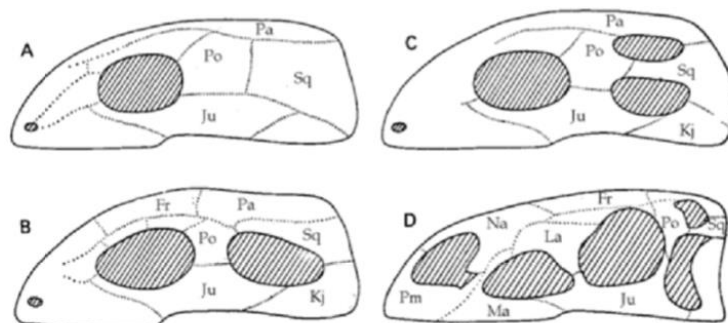
Orokorrean kranioaren-hezur masa-murritzeko joera dago:

- Uretan hezurren kopurua murrizten da eta elementu kartilaginotsu gehiago daude.
- Tetrapodoetan hezur kopurua murrizten da eta leiho tenporalak agertzen dira.

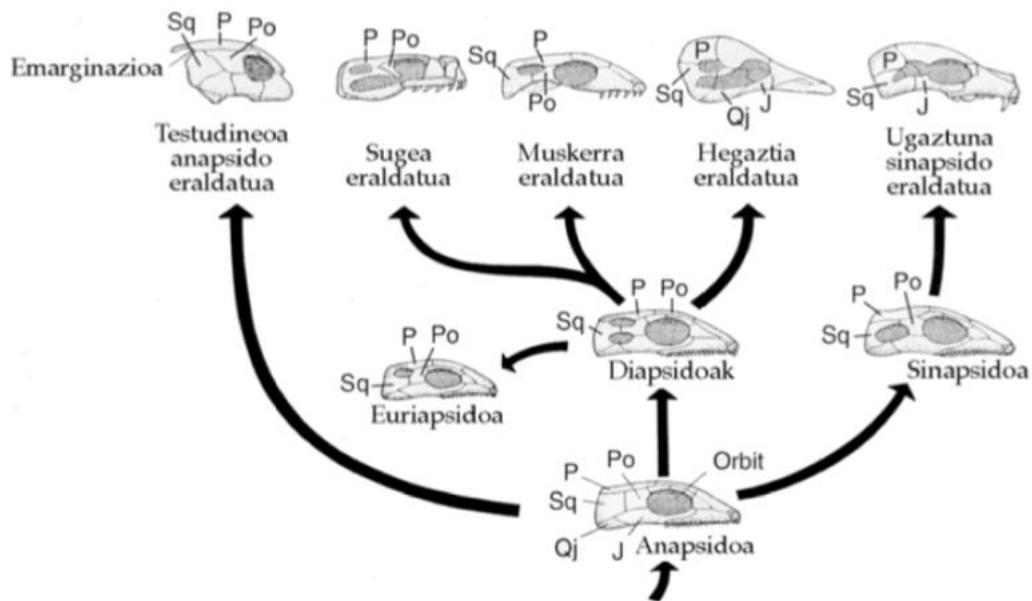
Leiho tenporalak: kranioaren eskualde tenporalen agertzen diren hutsguneak edo irekiguneak dira. Irekigune hauek begien orbiten atzealdean kokatzen dira ornodun amnioto askotan. Hauek, batetik, kranioa arinago izatea eragiten dute; eta, bestetik, beheko baraila eragiten duten muskuluen txertaketa baimentzen dute.

Leihoen kantitate eta kokapenaren arabera lau kranio mota desberdintzen dira:

- ✓ Anapsidikoa (A): leiho tenporalik gabeko kranioa. Amniotoen aitzindariak kranioa honelakoa zela onartzen da.
- ✓ Sinapsidikoa (B): amnioto batzuetan leiho tenporal bat dago kranioaren beheko aldean. Kranio hau ugaztunen lerro ebolutibotik gertu aurkitzen diren narrastietan eta ugaztunetan aurkitzen da. Hala ere, azken hauetan begiaren orbitarekin fusionatu da irekigune zabalago bat eratuz. Kranio sinapsidiko hau garatu da ahaidetasun gabeko hainbat lerro ebolutibo desberdinetan.
- ✓ Diapsidikoa (C): bi leiho tenporal bata kranioaren goiko aldean eta beste bat beheko aldean. Kranio mota hau narrasti askotan aurkitzen da.



Hurrengo irudian tetrapodoen filogena azaltzen zaigu kranio-ereduaren arabera:



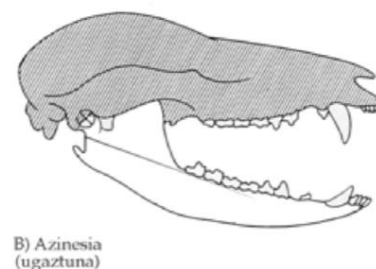
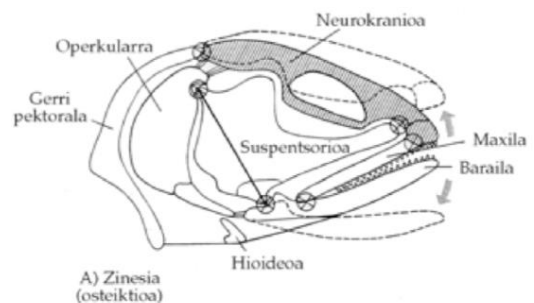
5. Kranioaren zinesia

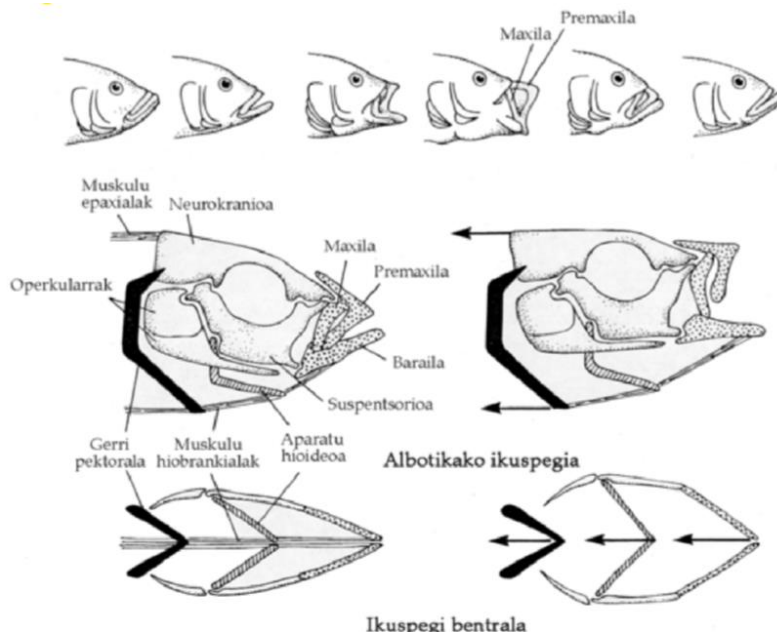
Kranioaren zinesia kranio hutsarekiko mugikorrak diren kranioaren elementuei egiten die erreferentzia. Bi mota bereizten dira:

- Kranio ZINETIKOAK: berau osatzen duten elementuen arteko mugimendua/giltzadura ahalbidetzen dute: goi-baraila eta kranio-kutxaren artean, kranio-kutxako elementuen artean.

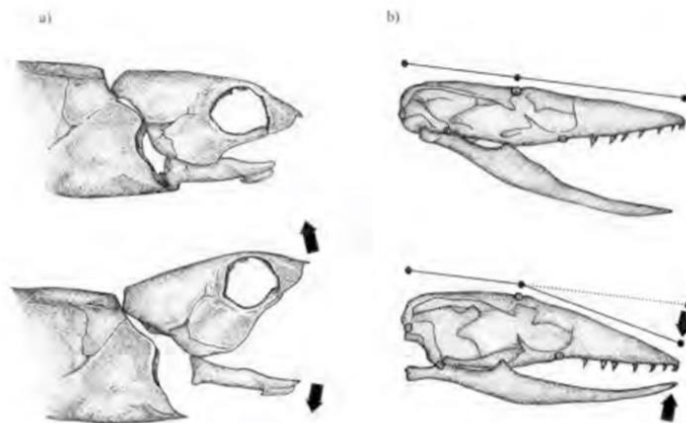
Kranio hau duten animalien artean, arrain osteiktie gehienek, anfibio goiztiarrek, narrasti gehienek, hegaztiek, ugaztunen arbasoek...

Kranio zinetikoaren abantailak besteak beste, ahoaren tamainaren bat-bateko emendapena eman daitekela eta hau zurrupaketan oso lagungarria da.





- **Kranio AZINETIKOAK:** anfibio modernoak, dortokak, krokodiloak, eta ugaztun gehienak... dute kranio mota hau.
Kranio honen abantailak: hortzen hezurren birkokatzea oso eraginkorra da.



BIZKARREZURRA

Eskeleto perikordal edo bizkarrezurra, jatorri mesodermikoa duena, notokordaren alboetara garatzen diren somitoetako esklerotomoetatik garatzen da, eta konplexutasun eta aniztasun handia izan ditzake. Izenak dioen bezala, bizkarrezurrak notokorda bera inguratzen du, bai eta nerbio-hodi dortsala eta notokordaren alde bentranean dagoen aorta dortsala ere..

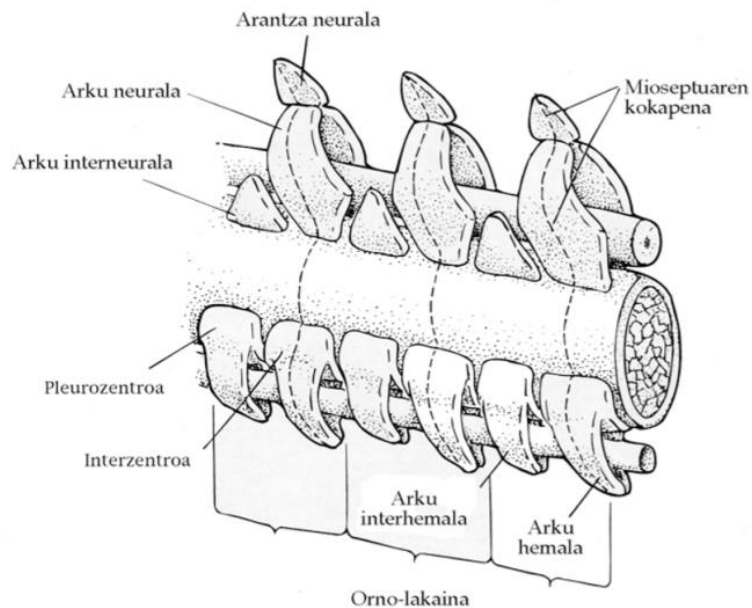
Bizkarrezurraren eboluzioak nahikoa zailtasun eta arazo dakartza ornodunen arteko lerro nagusiei jarraitzeko. Batetik, fosil zaharrenak aztertuta, ostrakodermoenak, gutxi batzuetan baino ez dira agertzen ornoen arrastoak izan daitezkeenak, eta gehienetan bizkarrezurraren arrastorik ez da somatzen, bai, aldiz, notokordarenak. Beraz, ondoriozta daiteke, neurri batean ostrakodermoei ornorik ez zituztela.

Bestetik, arrainetan eta tetrapodoetan lerro ebolutiboak jarraitzeko zaila da; izan ere, bizkarrezurra bera elementu askoz osatuta dago, elementuen arteko fusioak daude, tamaina-erlazioak, espezializazioak...

Zailtasun hauen arrazoiaren artean, ornoek eta bizkarrezurrak duten zama adaptatibo eta morfofuntzional handia azpimarratu behar dugu. Izan ere, elementu hauen egiturak eta osaketak dituzten inplikazio adaptatiboak hain dira gogorrak, ezen animaliak bizi diren inguruneak, haien tamainak, mugimendu-ereduak, gorputzaren morfologia orokorrak...

guztiek sekulako inplikazioak izango baitituzte bizkarrezurraren egitura eta bilakaeran.

Ornodun primitibo baten eskeleto axialaren irudia dugu. Ikusten dira hiru segmentu bertebrale eta notokorda. Ornoetako elementuak asoziatutako arkuarekin azaltzen dira, dorsalak (neural eta interneurala) eta bentralak (hemala eta interhemala).



ORNOAK

Ornoa bizkarrezurraren hezurrezko osagai metamerikoa da, oinarritzko unitatea. Hala ere, ornoa ez da beti unitarioa elementu desberdinez osotua baitago.

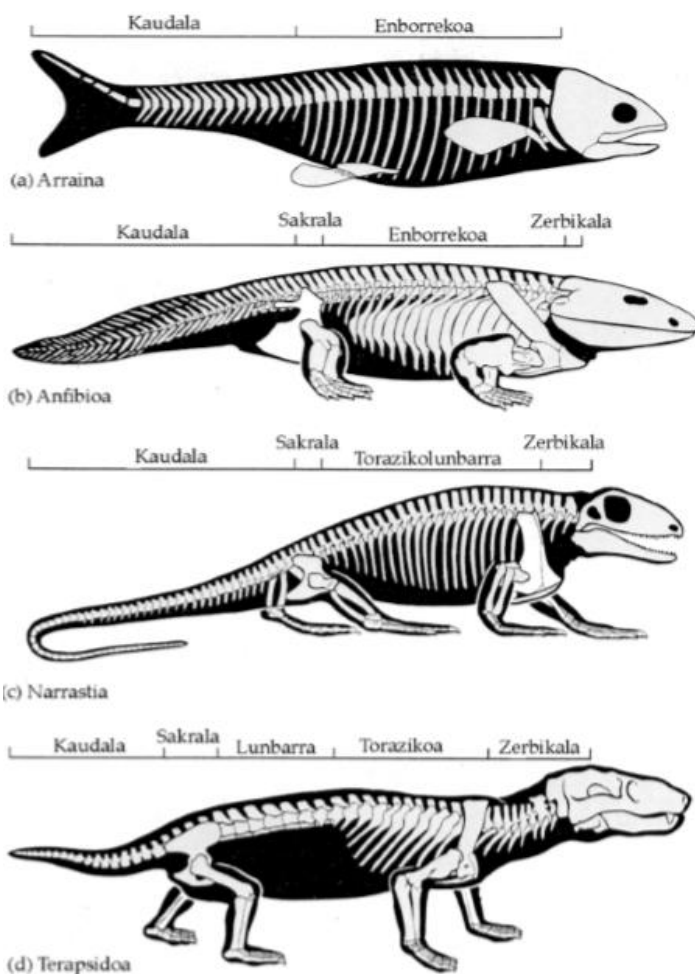
Ornoak, bi funtzioekin lotuta daude: hodi neuralaren babesarekin eta pakete muskularren azaleraren emendioarekin. Pakete muskularrak ornoetara itsasten direnez, azaleramendua emendatzen dute eta mugimenduak konplexuagoak egiteko gaitasuna ematen diote bizkarrezurrari.

Ornoen dibertsitatea ez dago banaturik filogenetikoki, ornoak batez ere dibertsitate funtzionala adierazten digute, hau da, NOLA bizi zen animalia (nola bizi zenaren arabera halako ornoa edukiko zukeen animaliak). Gainera, leinu asko oraindik ere sailkatuta egon daitezke ornoaren morfologiaren arabera, eta ez funtzionalitatearen arabera; sailkapen akastuna, alegia.

Bizkarrezurran zehar, ornoen elementu eskeletikoen arabera bereiz daitezke eskualde desberdinak eta, baita ere orno desberdinak eskualdearen arabera (enborra edo isatsean kokatuta badaude, zerbikala/torazikoa/lunbarra denaren arabera...)

Adibidez, irudian ikusten den moduan, **arrainetan** 2 eskualde baino ez dira bereizten **(a)**:

- Saihetsak edukiko dituzten ornoak: enborrekoak
- Eta arku hemalak dauden eskualde kaudala (arku hemalak muskulatura paketeak indar gehiago egiten duten eskualdetan agertzen dira).



Tetrapodoetan, lehorrera irten eta grabitateari aurre egin beharraren ondorioz, eskualde zerbikala garatzen da lepoan, buruari hobeki eusteko, eta eskualde sakrala bizkarrezurra gerri pelbikoarekin giltzazen den lekuan.

Anfibioetan (b), Aurreko soinadarrak, pectoralak, ez dira lotzen bizkarrezurrean soilik atzekoek edukiko dute lotura, pelbikoek. Egitura honek zonifikazio berri bat eragiten du bizkarrezurrean:

- Zerbikala: burua enborra mugitu gabe mugitzeko kapazak dira, arrainak ez bezala.
- Enborrekoa: saihetsekin erlazionatutako ornoak
- Sakrala: gerri pelbikoa asoziatuta daukan zonaldea, honetan soinadarrak BAI lotuta egongo direla bizkarrezurrarekin.
- Kaudala

Zonalde bakoitzean ornoek bereizitasun propioak dituzte, arantza luze edo laburragoak, muskulaturarekiko atxikipen konkretuak... Arku hemalak edo ez.

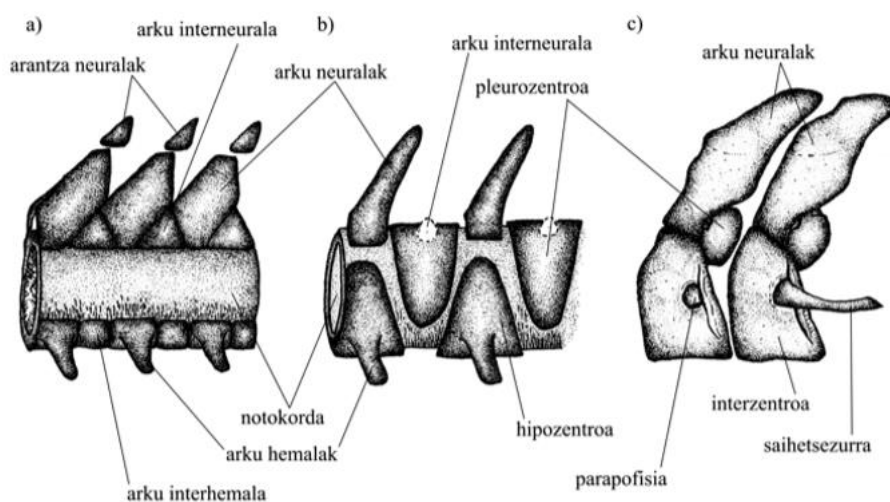
Narrastien kasuan (c) bai aurreko soinadarrek (pektoralek), zein atzeko soinadarrek (pelbikoek) bizkarrezurrarekin lotura eskeletikoa edukiko dute. Gainera, enborreko zonaldea, zonalde torazikolunbarra da.

(Terapsidoa: d) Tetrapodoen eboluzioan, ondoren, eskualde torazikoa kutxa torazikoarekin eta biriken bentilazio-sistemaren garapenarekin lotuta sortuko da, eta eskualde lunbarra, berriz, sabelean bildutako errai-masari eusteko eta mugimendueredu berriek baldintzatuko dute.

Azkenik garrantzitsuena da ornoen aniztasuna ikaragarria dela: zentroen egitura, tamaina erlatiboak, kopurua, osifikazio-maila, notokordaren ordezkapena...

Azken honen arabera, sailkapen hau dugu:

- Aspondiloa: zentrorik gabekoa
- Hemispondilo edo Temnospondiloa: zentroak agertzen hasten dira, baina ez dute notokorda guztiz biltzen
- Lepospondiloa: ornoaren goiko aldea, arku neurala, ornoaren zentroarekin fusionatuta dago.



Zenbat orno elementu errepikatuko direnaren arabera, zentro kopuruaren arabera ornoak:

- Monospondiloak: orno bakoitzeko zentro bat
- Diplospondiloak: orno bakoitzeko zentro bi
- Polispondiloak: orno bakoitzeko zentro asko

Tetrapodoen kasuan hauek ditugu:

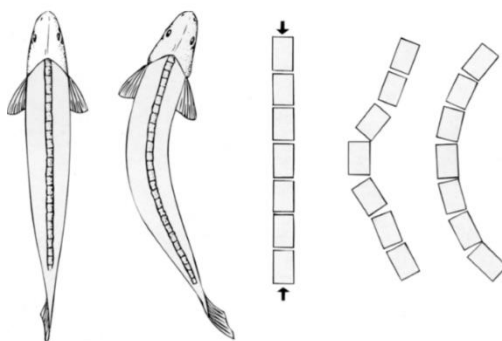
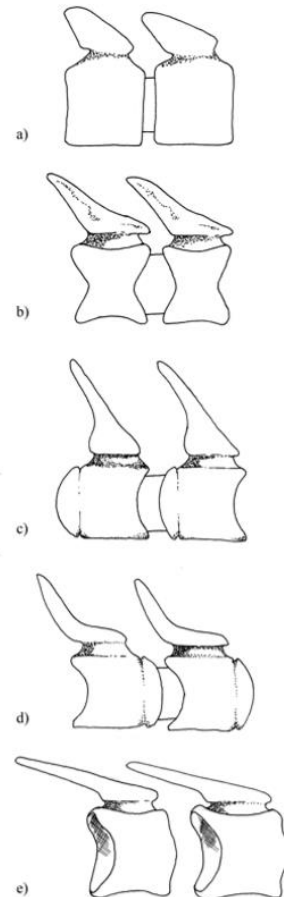
- Aspidospondiloak: egitura honetan arkuak eta zentroak bananduta daude. Anfibio goiztiarren orno **errakitomo**, **enbolomero** edo **estereospondiloak** izendatzen dira.

- Holospondiloak: arkuak eta zentroak fusionatuta daude eta gorputz bakarra osatzen dute.

Hala ere, sailkapen honen balio taxonomikoa eskasa da konbergentzia asko daudelako.

Ornoen zentroko ertzetako azalera artikulatuaren formak baldintzatuko du ornoen artean indarra nola zabalduko edo hedatuko den.

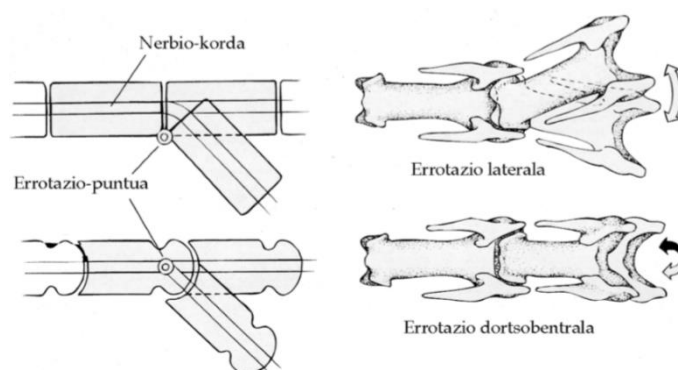
- **AZELIKOAK (a)**: ornoen alde kaudalaren eta kranialaren paretak lauak dira, biplanoa. Tetrapodo modernoetan aurki dezakegu giltzadura hau, ugaztunetan, adibidez.
- **ANFIZELIKOAK (b)**: ornoen bi aldeak ahurrak dira eta hauen arteko hutsunean konektibo urtsu bat egongo da etengabe zabaltzen eta konprimitzen egongo dena. Giltzadura mota hau alboz alboko konpresio indar horiei eusteko oso baliogarria, adibidez arrainen kasuan.
- **PROZELIKO (c)** eta **OPISTOZELIKOAK (d)**: prozelikoek alde kranialeko pareta ahurra izango dute eta alde kaudala ganbila. Opistozelikoak, aldiz, alde kranialeko pareta ganbila eta alde kaudaleko pareta ahurra aurkakoa. Bi giltzadura-mota hauek mugimendu askatasun gehiago eskaintzen dio indibiduoari. Anfibioetan aurkituko ditugu.
- **HETEROZELIKOAK (e)**: lateralki zein bertikalki mugitzeko gaitasuna duten ornoek. Sekulako askatasuna ematen dio giltzadura mota honek ornoari. Batez ere hegaztien lepoan.



Arrainetan aurkitzen diren ornoen giltzadura anfizelikoaren irudia.

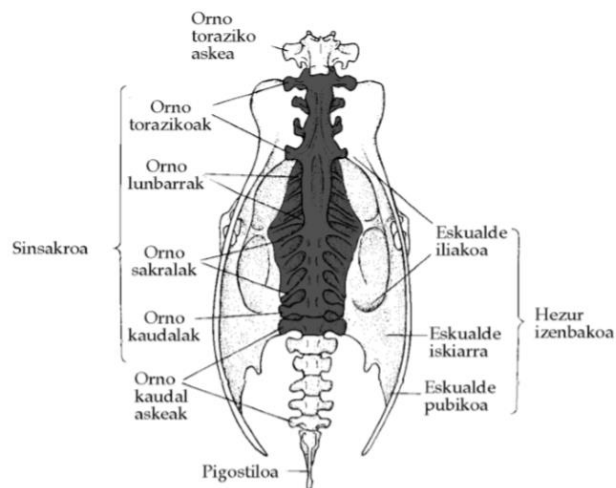
Ornoekin asoziatuak dauden beste elementu aipagarriak **apofisiak** dira. Apofisiak ornoen zentro eta arkuen luzakin gehigarriak dira, hauen egitura indartzen dutenak eta, horrez gain, muskuluen eta ornoen arteko txertaketa errazten dute. Apofisi hauek erabilpen desberdinak eduki ditzakete. Bi mota ezagutzen dira:

- **Zigapofisiak:** ornoen luzapen artikulatuak dira saihesten dutenak bizkarrezurra ardatz dortsobentralarekiko bihurtzea. Modu berean, ornoen arteko talka saihesten dute, eta, mugimenduarekin erlazionatutako uhinen aurrean bihurturari erresistentzia gehitzen diote.
- **Diapofisi** eta **parapofisiak:** saihetsezurrak garatzen dituzten ornoetan agertzen diren luzapen artikulatuak dira. Diapofisiak saihetsezurrekiko zeharkako moduan kokatuta daude. Parapofisiak, saihetsezurren luzapen bentralkin lotzen dira.



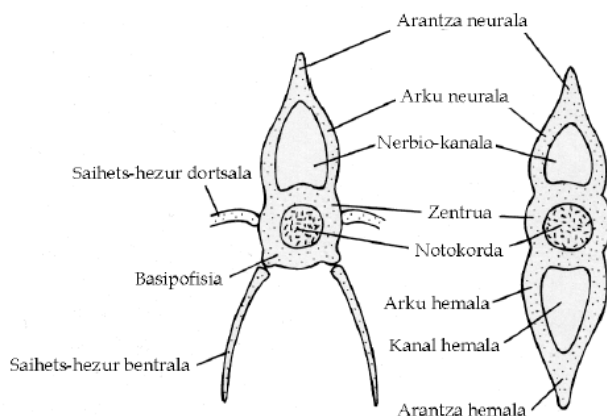
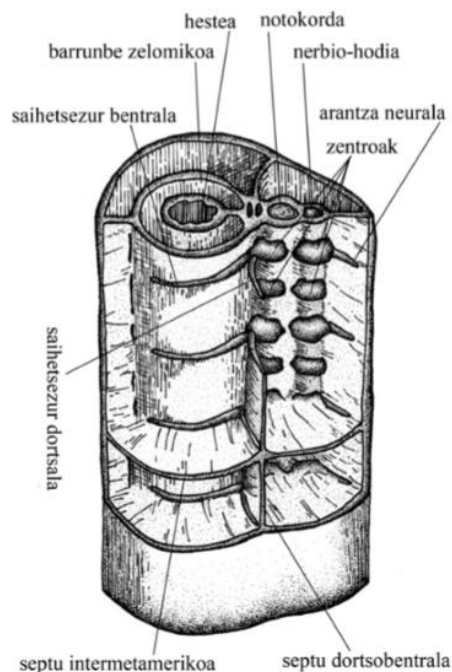
Esan behar da ere ornoen kopurua aldakorra dela ornodunen taldearen barruan, besteak beste, narrastietan maximoa *Phyton* batek du, 435 ornoekin, eta minimoa, anuro edo zenbait arrainetan aurkituko dugu.

Hainbat taldetan ornoen arteko fusioa ematen dela; hala nola, sakralak eta sinsakroa hegaztietan.



SAIHETSEZURRAK

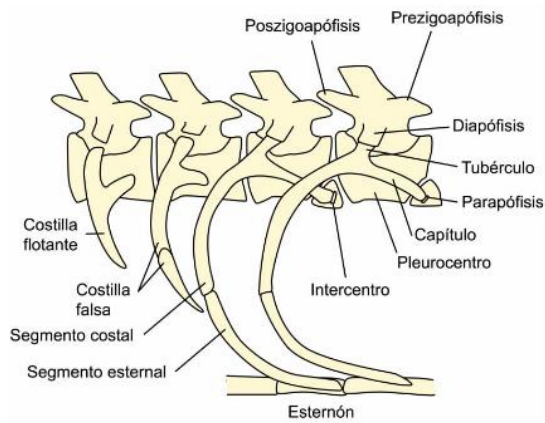
Bizkarrezurrari atxikitzen zaien euspen egitura gehigarriak dira. Kutxa torazikoa osatzen dute eta hainbat organo babesten dituzte, arnas mekanismoaren osagarri dira eta ponpatze-muskularraren egiturazko sostengu gisa jokatzen dute. Ez dira denak berdinak ornodunen guztietan. Gainera, saihe sak intersegmentario, endokondralak eta pakete muskularren mugan agertzen dira. Normalean pakete segmentario bakoitzak aurrean saihe sak bat dauka.



Irudi honetan orno prekaudal eta orno kaudal bien zeharreko sekzioak agertzen dira. Orno prekaudalean saiheks dortsal eta bentralak ikusten dira (arrainen kasuan aurkituko ditugun bi saiheks mota), eta orno kaudalean nerbio kanala eta kanal hemala ikus daitezke.

Beraz, arrainen kasuan orno bakoitzeko bi saihets mota bi daude: dorsalak eta bentralak. Tetrapodoen kasuan saihets mota horietako bat galdu eta bestea mantentzen da. Tetrapodo primitiboen kasuan saihetsezurrak bizefaloak dira; hau da, buru bentral bat dute, kapitulu deiturikoa, interzentruarekin eta buru dorsala (tuberkuluarekin) artikulatzen dena.

- Kapituluua: hipozentruko parapofisiari lotzen zaio
- Tuberkulua arku neuraleko diapofisiari lotzen zaio.

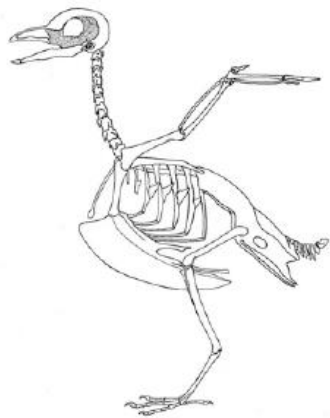
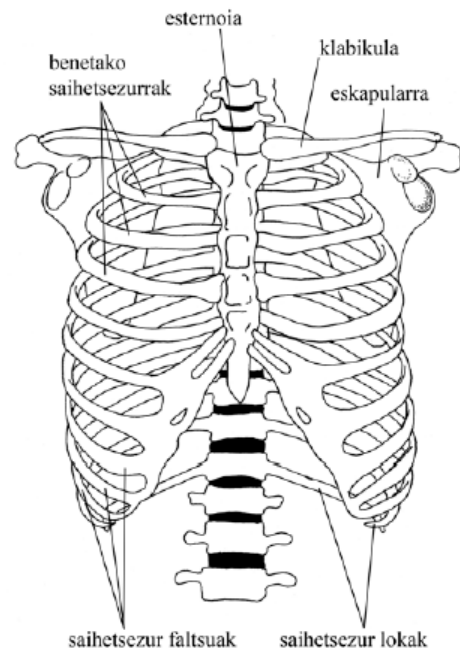


Hauen sailkapena esternoiarekin asoziatutako diren formaren araberakoa da. Zuzenean esternoiari lotuta daudenei, **benetako saihetsezurrak** deritze, modu ez-zuzenean lotuta

daudenei **saihetsezur faltsuak** eta, lotuta ez daudenei, **saihetsezur flotatzaileak**.

Esternoia egitura eskeletiko mediobentral garrantzitsua da, jatorriz endokondrala. Egitura honek kutxa torazikoa inguratzen du eta muskuluentzako eurrak oso egokia da.

Esternoia tetrapodoetan sortuko da, anfibioek ez dute edukiko eta suge zein hegaztien kasuan oso eraldatua egongo da, **karena** deiturikoa. Hegaztien esternoia gainera izugarri handia eta zabala da.



ESKELETO APENDIKULARRA

Arrainen hegatsetatik hasi eta tetrapodoen hanketaraino, eskeleto apendikularreko osagaiak dira sistema lokomotorraren oinarri eta elementu espezializatuenak. Eta, ondorioz, haien eboluzioak ere forma eta funtzioaren arteko erlazio estua erakusten digu; egitura morfologikoaren eta zeregin biologikoaren arteko lotura, hain zuzen ere.

Eskeleto apendikularraren baitan gorputzadarrak eta hauek gorputz-enberrari lotu eta giltzatzen dizkioten gerriak aurkituko ditugu ere. Aurrealdeko gerriari, gerri eskapularra deritzo, eta hezur dermiko nahiz endokondralez dago osatuta; atzealdekoa, berriz, gerri pelbikoa, elementu endokondralez osatuta, soilik.

HEGATSAK

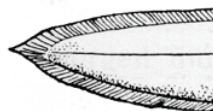
Hegatsak, barnealdetik hegats-erradio dermiko finez eutsitako mintzeko luzakinak edo proiektzio laminarrak dira. Bi hegats mota ezagutzen dira, hegats bakoitiak, medialak izaten direnak, eta hegats bikoitiak, plano sagitalaren alde bietara simetrikoki binaka garatzen direnak.

- Hegats BAKOITIAK (medialak ere deritze)
 - **Dortsalak:** gorputzaren ardatzaren alde dortsalean garatzen dira.
 - **Analak:** gorputzaren atzealdeko alde bentrlean zehar garatzen dira.
 - **Kaudalak:** eskeleto axialaren luzapena direla. Hegats honen egituraren arabera hiru eredu bereizten dira:
 - **Heterozerkoak.** Lobulu izaten dira eta hauek ezberdinak; alde dortsala eta bentrala asimetrikoak dira, beraz, bizkarrezurra okertu eta handiagoa den lobuluan txertatzen da.
 - ✓ **Epizerkoa:** alde dortsaleko lobulua handiagoa da eta bizkarrezurra bertan txertatzen da. (Marrazoen kasua)obulu bizkarrezurra
 - ✓ **Hipozerkoa:** alde kaudaleko lobulua handiagoa da eta bizkarrezurra bertan txertatzen da. (arrain hegalarien hegatsak)
 - **Difizerkoak.** Bizkarrezurra zuzen hedatzen da atzerantz, eta hegats kaudala simetrikoki garatzen da horren alde bietara. Egitura hau beha daiteke dipnooetan eta zenbait teleosteoetan, itsas aingira eta morenetan, hain zuzen ere.

- **Homozerkoa.** Hegats honetan lobulu bi beha daitezke , itxuraz berdinak eta simetrikoak direnak, baina haien barruan hedatzen den bizkarrezur murriztuak gorantz egiten du eta hegatsaren lobulu dortsaleko euskarria osatzen du. Teleosteo gehienek duten hegats kaudal bereizgarria.



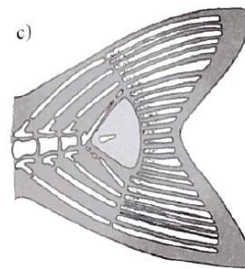
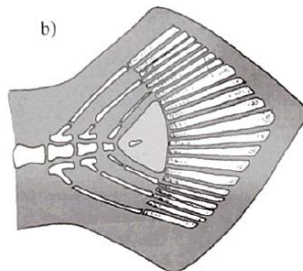
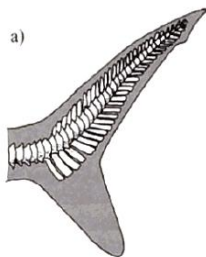
HETEROZERKOA



DIFIZERKOA

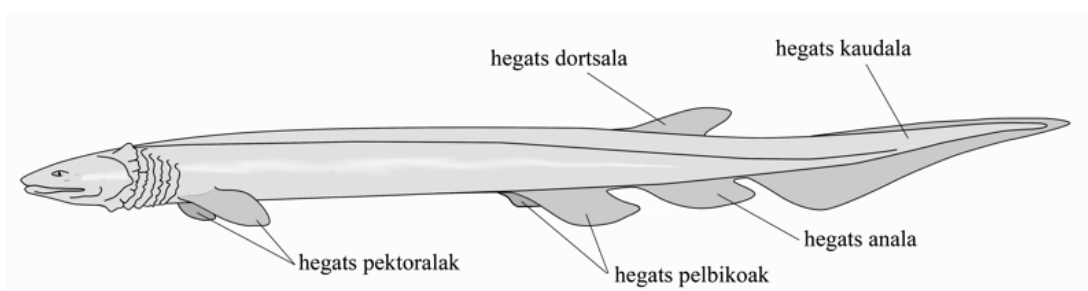


HOMOZERKOA



Aurreko hegatsak ornodun batean agertuko diren hegats bakoiti tipikoak dira. Tipikotasun hau baraildunak (gnatostomatuak) diren arrainen leinutik aurrera azaltzen da, nahiz eta talde honetan salbuespenak izan. Barailik gabeko ornodunetan (agnatoetan) hegats bakoiti eredu hau ez da beti betetzen, baina ez dira ezta fosil asko ezagutzen ere, orduan hainbat zalantza, espekulazio... daude.

- Hegats BIKOITIAK (gehienetan bi pare):
 - **Pektoralak.** Buruaren atzealdean alboetarantz zabaltzen dira. Gerri eskapularren bitartez giltzatzen zaizkio soinenberrari.
 - **Pelbikoak.** Gorputz-enberrarekiko bentralki edo/eta alboetarantz zabaltzen dira. Gerri pelbikoa loturik daude.

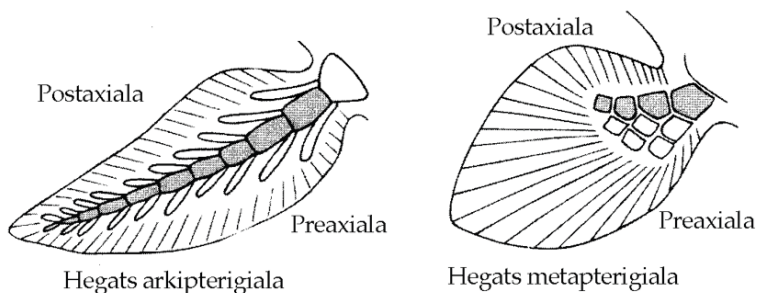


Irudi honetan eredu zko arrain baten marrazkia dugu, hegats bakoiti (plano sagitalean bertan hedatzen direnak), zein bikoitiek (alde bietara hedatzen direnak). Hala ere, kontuan izan behar dugu arrain guztiek ez dutela partekatzen egitura hau; gaur egungo lanproiek esaterako, ez dituzte hegats pektoralik.

Arrainetan hegats medialak garrantzi handikoak dira batez ere lokomozioan betetzen dituzten funtzioak direla-eta. Baina, egitura pektoral eta pelbiko bikoitiak dira soilik arrainetatik tetrapodoetarako bidean jarraipena ageri dutenak. Soinadar bikoitiak arrain baraildun goiztiarren talde guztietan ageri dira. Hala ere, hauen jatorria ez da oso argi ikusten oraindik, eta hainbat teoria plazaratu dira azaltzeko.

Arrain barailduetan hegatsen hezurrezko ardatza egituratzeko moduaren arabera bi eredu daude:

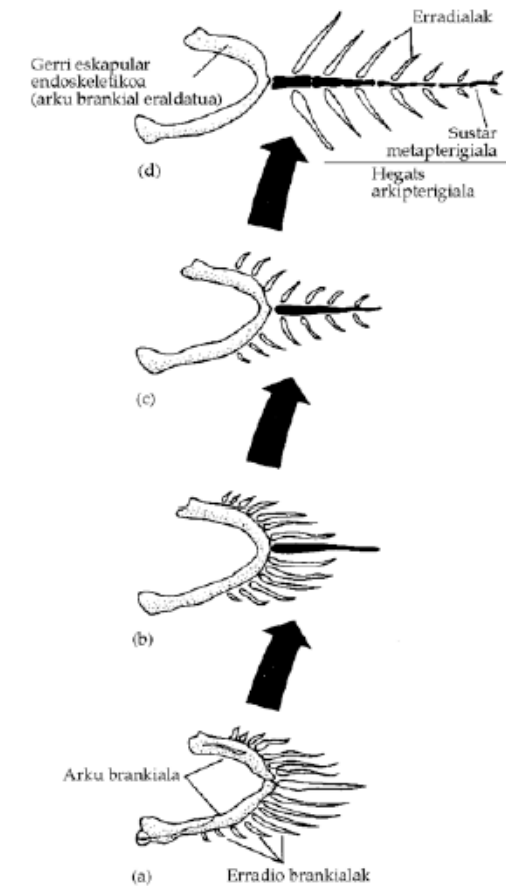
- **ARKIPTERIGIALA:** (egungo dipnooetan azaltzen den hegatsa)
Hegatsaren ardatza lerro medialean zehar hedatzen da. Bertatik kanpoalderantz erradial endoeskeletikoak hedatzen dira hegatsaren ertzetaraino, alde preaxialerantz (aurreko aldea) eta alde postaxialerantz (atzealdea).
- **METAPTERIGIALA:**
Ardatz nagusia hegatsaren atzealdean kokatzen da, postaxialean, eta erradial gehenak, aldiz, aurrealdean hedatzen dira, preaxialerantz.



Bi hegats-eredu hauek oinarritzat hartuz, teoria bi planteatu dira hegats bikoitien sorrera azaltzeko:

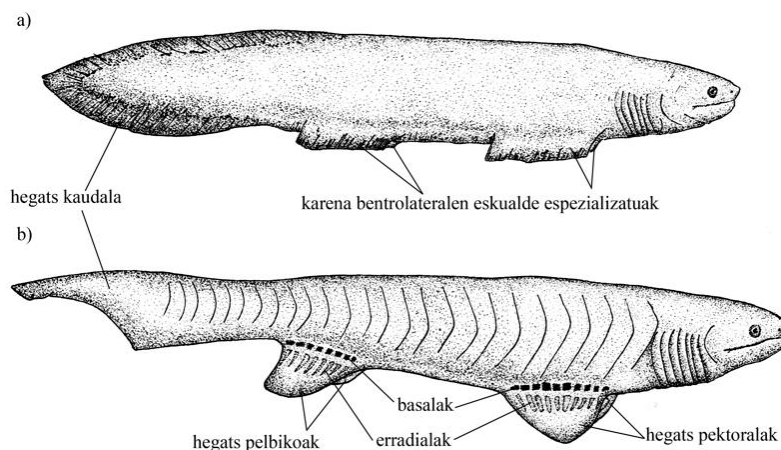
- **Arku brankialaren teoria:**

Teoria edo hipotesi hau Gegenbaur-ek proposatu zuen XIX. Mendearen erdialdean. Hipotesiaren arabera hegats bikoitiak eta euren eskarri diren gerriak arku brankialetik eratorriak ziratekeen: arku brankialak gerri endoeskeletikoa osatuko zukeen, eta erradio brankialek, berriz, hegats arkipterigialaren enbor edo ardatza eta erradioak. Teoria honek gerri eskapularraren sorrera azaltzen zuen arren, hainbat hutsune zituen.



- **Tolesdura-hegatsaren teoria:**

Balfour, Tacher eta beste zenbait zientzialariek garai berdinean proposatu zuten teoria hau, baita XX. Mendean ere Jarvik proposatua. Hipotesi honen arabera, hegatsa bikoitiak gorputzeko hormaren tolesdura bentrolateral pare eta jarraituetatik eratorriko ziren. Ondoren, egitura eskeletikoz eutsi eta indartuko ziratekeen: hezurrezko elementu basalez alde proximalean, eta erradialez alde distalean. Honela sortutako hegatsetan, osagai endokondralek, pterigoforo basal eta erradialek, jatorri mesenkimatikoa izango zuketean, eta erradio dermikoak, berriz, ezkata eraldatuetatik eratorriko ziratekeen. Gainera hegats metapterigiala goiztiarragoa zela proposatu zuten eta arkipterigiala eratorria.



Hegats bikoitien egituraren eboluzioa

Ez da aurkitu barail gabeko arrainen fosilen arrastorik hegats pektoralekin.

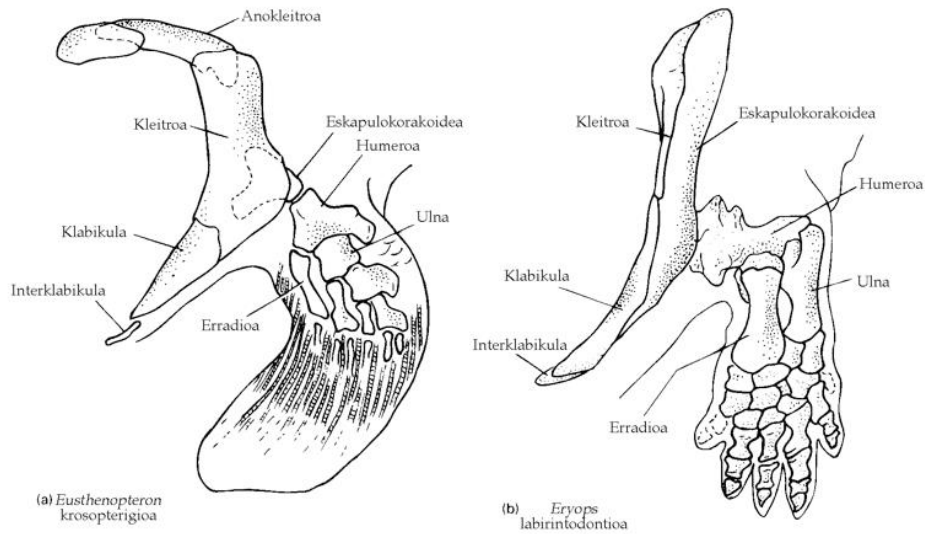
- Akantodioak: animalia hauek arantza bikoiti fosilizatuak zituzten alde bentranean aurkitu diren fosilen arabera. Kotsideratzen da mintz moduko bat izango zuketela hegats pektoral moduan jokatu zuena. Beraz, animalia hauekin hegatsen nolabaiteko eboluzio hasiera ikusi zen. Hala ere, aurkitutako fosiletan soilik arantzaren arrastoa dugu, mintza ez da fosilizatu.
- Kondriktieak. Animalia kasuan 2 eredu:
 - KONDRIKTIE GOIZTIARREK utzitako erregistro fosil eskasetan, adierazten da hegats pektoralak nagusi zirela eta pelbikoak, aldiz, oso eskasak; ez marrazo modernoan egoera bezala, zeintzuek hegats pelbiko nahiko nabarmenak dituzten. Hala ere, hegats pektoral hauek nahiko zurrun mantentzen ziren eskeleto apendikularrera, izan ere, gerria eta hegatsaren lotura bakarra eskapula zen eta, gainera, honen ezarpena gorputza osoan zehar oso zabala zen. Lotura zurrun honek hegatsaren mugimendu askea oztokatzen zuen.
 - KONDRIKTIE MODERNOAGO/ERATORRIEK hirugarren hezur bat garatu zuten, hegats pektoralen eta eskapularen artan eta honek baimentzen zituen hegatsaren eta eskapularen arteko ezarpen puntu gehiago, eta horrez gain, mugimendurako askatasun gehiago ere.
- Osteiktieak (arrain hezurdunak)

Gerria eta hegatsaren artean hiru hezur basal daude, eredu tribasikoa deritzona, eta parakera honek hegatsaren mugimenduari askatasun handia bermatzen dio.

 - Teleosteoak. Hegatsa bikoitiek eredu eredu metapterigiala dute.
 - Sarkopterigioak (zelakanto arrainak eta arrain birikadunak)

Gaur egungo ornodunen hankak, animalia hauen hegatsetatik eratorri direla kotsideratzen da. **Eredu monobasikoa** adierazten zuten. Hau da, gerria eta hegatsa lotzen duen hezurra bakarra da (horregatik hegats oso gihartsua) eta ez hiru hezur, teleosteoan kasuan bezala. Gainera erradio oso motzak zituzten eta hegatsa mugitzen zuten muskuluak ez gorputzean daude eta ez hegatsaren barne.

Hurrengo irudian sarkopterigioen taldeko krosopterigioen hegatsaren eredu azaltzen da. Eredu hau tetrapodo goiztiarren soinadarren egitura eskeletikoari hurbiltzen zaiola ikus daiteke.

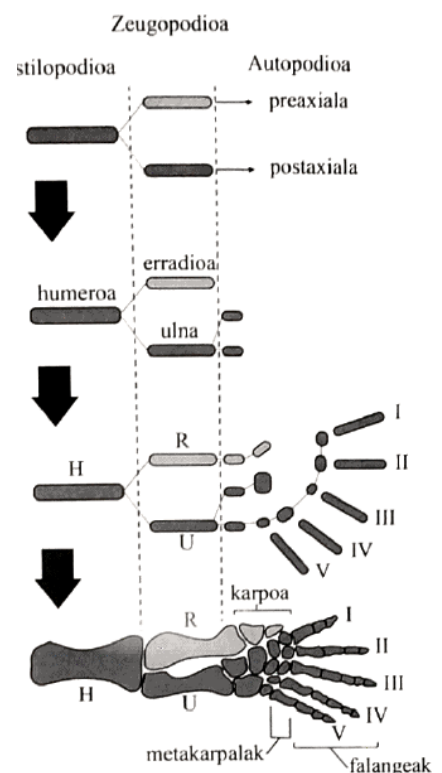


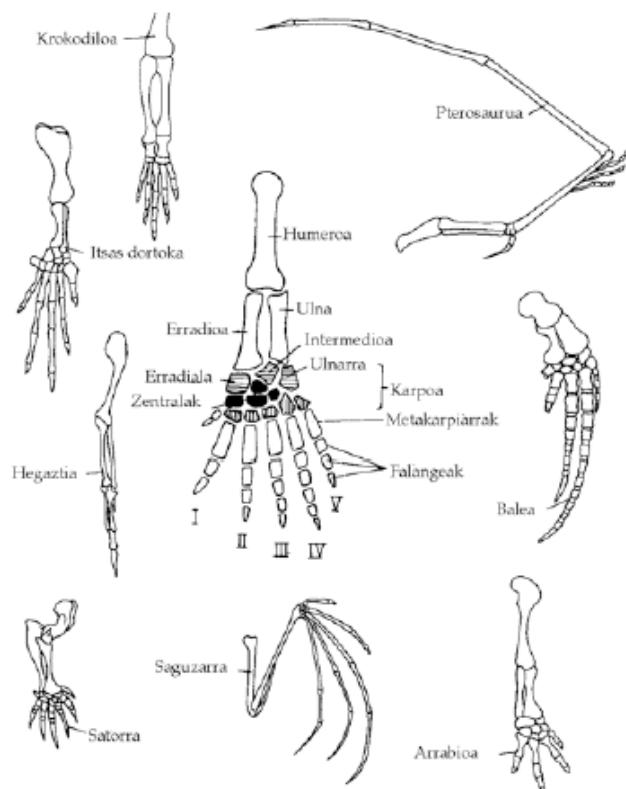
HANKAK

Tetrapodoen ezaugarri bereizgarria dira eta beraien soinadarrak. Gorputz adarren egituraren eta haien arbaso izandako arrain krosopterigioen hegatsenaren artean egiturazko jarraipen garbia dagoela esan daiteke. Oinarrizko garapen-ereduan tetrapodo gehienek hankak arbasoen hegatsen errepikapenak dira.

Tetrapodo guztiek partekatzen duten oinarrizko eredu amankomuna hiru eskualdez osatuta dago:

- **Estilopodio edo propodioa:** alde proximalean elementu bakarrez osatuta : humeroa aurreko hanketan, eta femurra atzekoetan.
- **Zeugopodioa edo epipodioa:** bi elementu eskeletikoz osatuta eta erdialdean kokatzen da: erradioa eta ulna aurreko hanketan, eta tibia eta fibula atzekoetan
- **Autopodioa:** eskualde distalean kokatuta, elementu anitzak dituena: “eskua” eta “oina” osatzen dutenak. Hau beste hiru azpieskualdetan banatzen da eta azpieskualdetako bakoitzeko elementu kopurua aldatzen da gertaturiko fusio edo murrizketen arabera:
 - **Basipodiala** karpoa edo eskuturra, eta tartso edo orkatila
 - **Metapodialak** metakarpak eta metatarsak
 - **Akropodialak** hatzak osatzen dituzten falange edo elementuak.

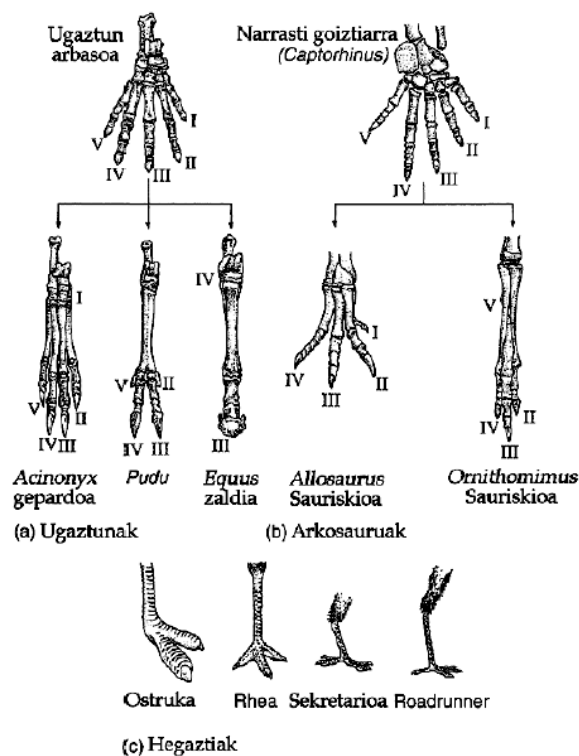




Elementu hauen guztien arteko erlazioak, garapen diferentziala, fusioak edota murrizketak oso ezberdinak dira tetrapodoen taldetik, taldera, hautespen naturalak hobesten duen funtzionalitatearen arabera; hau da, dibertsitate handia). Honela, hainbat tetrapodo sekundarioki urtarretan, polifangia gertatu da, falange kopuruaren emendioa, alegia. Halaber, hatzen kopuruak ere aniztasun handia erakusten du egungo tetrapodoetan, baita forma goiztiarretan ere.

Denbora luzez pentsatu da tetrapodoak jatorriz **pentadaktiloak** izan direla, eta bost hatzez osatutako eredu hartatik eratorri zirela.

Ostera, azken urteetan egindako ikerketek eta fosilek tetrapodo goiztiarrak **polidaktiloak** zirela frogatu dute. Zazpi edo zortzi hatzeko forma aurkitu baitira. Ondorioz pentadaktilia ez da abiapuntua izan, baina gerora egonkortu zenaren bidea bai. Gainera, zenbat taldetan hatzen kopurua murrizteko joera ebolutibo nabarmena dago; hala nola, narrasti arkosauoetan, ugaztun ditigradoetan, ugaztun peridodaktilo eta artiodaktilioetan (ibilera unguligradoa zutenak) eta ugaztun lasterkarietan.



GERRIAK

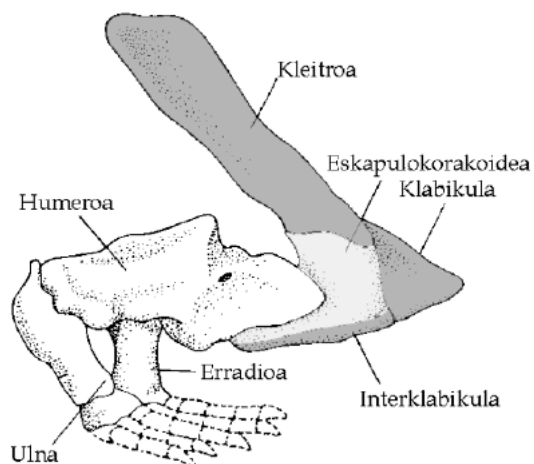
Soinadarren eta enborraren arteko lotura gerri eskapular eta pelbikoen bitartez gauzatzen da. Hauek, gainera, lotune aproposak eskaintzen dituzte gorputz-adarretako muskuluetarako.

Gerri eskapularra

Bi hezur motaz osatuta: dermikoak eta endokondralez.

- **Egitura dermikoak:** Forma goiztiarretan dermatokranioa osatzen zuen hezurrezko estalki dermikoaren atzealdeak aurreko gorputz-adarren eremua estaltzen zuen. Hauen mugikortasuna areagotzean estalki eskapularra bananduz joan zen dermatokraniotik, eta honekiko lotura eskualde dortsal txiki batera mugatu zen.

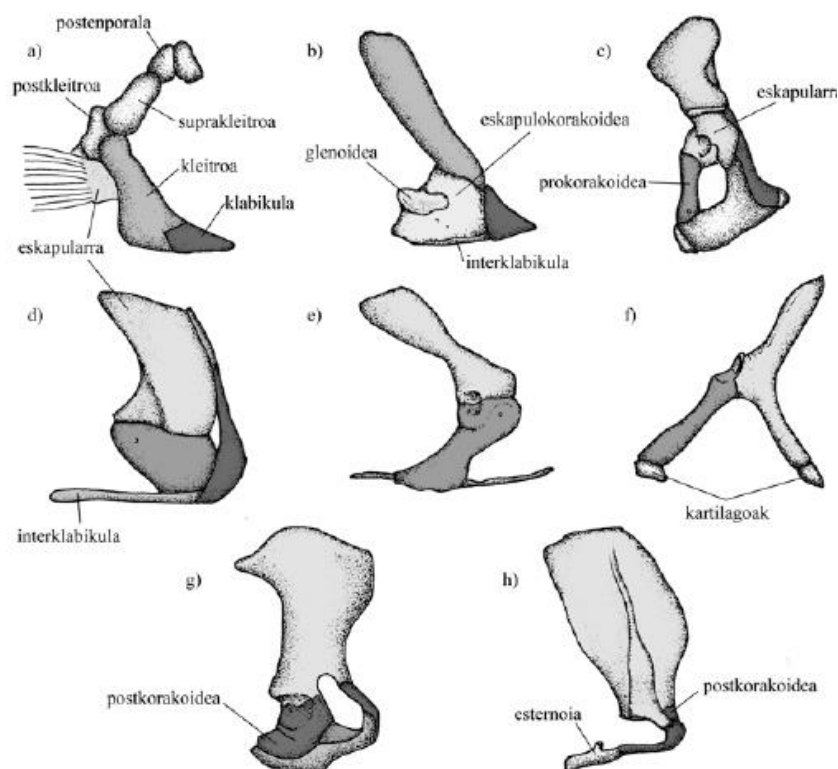
- **Kleitroa:** alde dortsalean
- **Klabikula eta interkabikula:** alde bentranean



- **Egitura endokondralak**

- **Korakoidea:** alde bentranean
- **Eskapularra(eskapulakoroidea):** alde dortsalean

Gerri eskapularraren eboluzioan zehar hezur dermikoak murriztu, eta endokondralak emendatzeko joera izan dute. Egitura dermikoaren aldetik, klabikula da gehien iraun duena ia gaur egungo tetrapodo gehienetan azaltzen da; eta, kleitroa aldiz, gaur egungo anuroetan soilik. Aldiz, egitura endokondralak kontrako eboluzioa pairatu zuten, hegaxka zumeak ziren hasieran (arrainetan, esaterako), eta, orain, egitura oso sendoak dira tetrapodoetan. Eskapularra, adibidez, oso iraunkorra da ornodunetan, eta gerri eskapularra erabat desagertu den taldetan soilik falta da, sugeetan kasu. Ugaztunetan ageri den korakoidea ez da, baina, anfibio eta narrastietan ageri denaren homologoa, berritik sortua baizik, eta ondorioz postkorakoide deritzo.

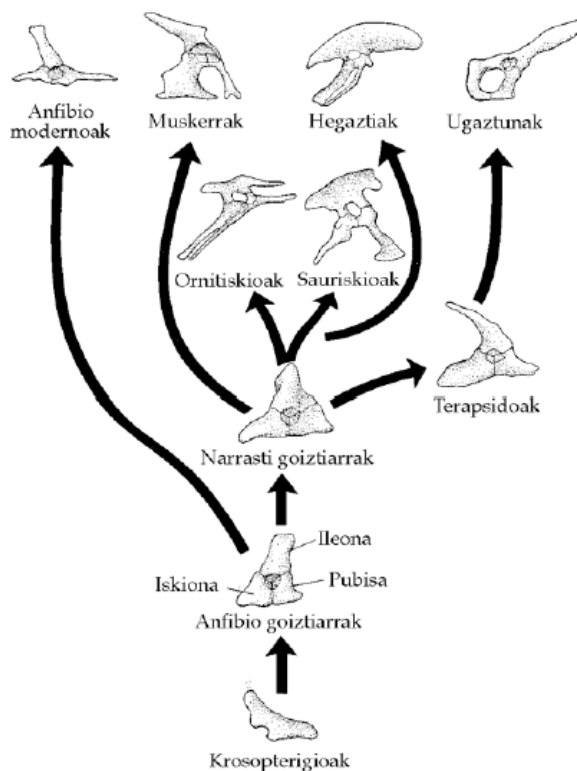


Gerri pelbikoa

Elementu endokondralez soilik dago osatuta:

- **Iliona:** alde dortsalean
- **Pubisa eta iskiona:** alde bentranean

Arrainetan hegaxka txiki bat baino ez da izaten gerri pelbikoa, hegats pelbikoaren giltzadurarako azetabulua ageri duena. Ornodun lehortarretan, berriz, gerri pelbikoa atzeko gorputz adarren euskarri nagusia da., eta bizkarrezurrari lotua ageri da. Kontaktu hau ilionaren eta hari itsasten zaizkion orno sakral bat edo batzuen bitartez gauzatzen da. Jatorriz orno sakral bakarra izan zen ilionaren lotune, baina hazteko gorputz-adarren premiek gora egin ahala, ilionaren kontaktua izango duten orno sakralen kopuruak gora egiten du.

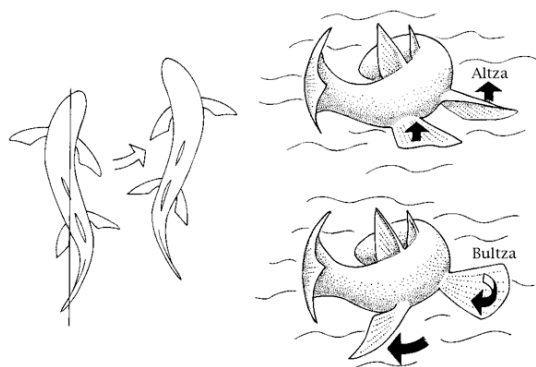


Oro har, tetrapodoen gerri pelbikoko elementuak, bi aldetako pubisak SINFISIAz lotzen dira alde bentranean, eta pelbis osoak eta orno sakralk eraztun moduko bat eratzen dute. Sinfisia zabalik mantentzen da, eraztuna guztiz itxi gabe, hegaztietan eta ugaztun txiki batzuetan; izan ere, bai arrautzak, bai fetuak errutean eta erditzean eraztun horietatik iragan behar baitute.

Eboluzioan geroz eta konplexuago bilakatzen da gerri pelbikoa:

Lehen esan dugun moduan, gerri pelbikoa arrainetan hegaxka bat baino ez zen. Tetrapodo lehortarretan, aldiz, gerria, bizkarrezurrarekin lotuta, atzeko soinadarren euskarri gisa jotzen zuen eta horrekin batera animaliaaren pisuaren gehiena. Gainera, atze-hankak mugituko dituzten muskulu nagusien txerta gune gisa jokatu zuen, modu horretan forma lehortar handienek konplexutasun-maila itzela bereganatu zuten.

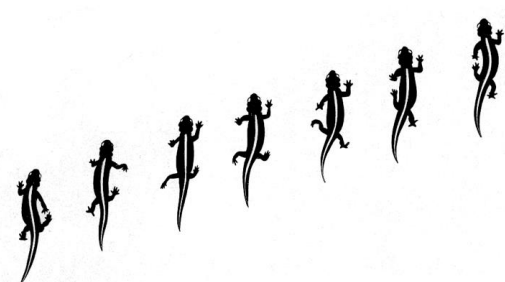
Sistema eskeletiko apendikularreko aldaketak lokomozioarekin lotuta daude batez ere, eta ondorioz, aldaketa hauek oso sakonak izan ziren ingurune urtarretik lehorterako trantsizioan, bai hankei dagokienez, bai eta gerrien egiturari eta bizkarrezurrarekiko asoziazio loturei dagokienez ere.



Ura den biskositate handiko medioan zehar mugitzen diren arrain aktiboak hainbat turbulenzia osatzen du bere ibileran, eta ondorioz, horrek erresistentzia ezartzen dio mugimenduari. Beraz, horrelako arrain batek albo-uhinen edo uhin lateralaren bitartezko mugimendu-eredua erabiliko du, ura atzerantz bultzatuz eta

animaliaaren aurreranzko mugimendua eraginez. Soinadarren, edo hegatsen kasu honetan, funtzioa, gorputzak oreka mantentzea izango da, bai eta ibilbidearen noranzkoa zuzendu eta kontrolatzea ere. Bestetik, gerrien lana xumeagoa izango da: gorputz-adarrei eutsi eta hauen muskuluak txertatzeko azalera eskainiko diete; betiere gehiegizko indarrez autsi beharrik gabe.

Mugimendu eredu hau, albo-uhinen bidezkoa (sigi-sagakoa), oraindik ere anfibio moderno eta egungo narrasti gehienetan aurkitzen da, hauei habitat askotara heltzera lagunduz.



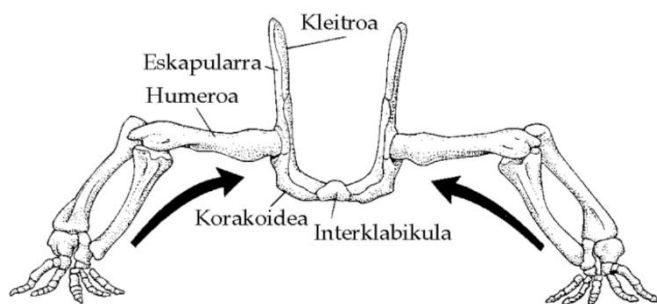
Tetrapodoetan, ordea, gerri eskapularra eta bizkarrezurra muskuluen bitartez lotzen dira, eta gerri pelbikoa, berriz, zuzenean giltzatzen zaio bizkarrezurrari.

Sorbaldak eta bizkarrezurra muskuluen bitartez soilik lotzearen ondorioz aurreko gorputz-adarrek zoruarekin izandako inpaktua edo tentsioa ez da zuzenean kraniora transmititzen, bere eragina muskuluek jaso eta arintzen baitute. Gerri pelbikoa, berriz, bizkarrezurrari zuzenean lotzen zaio .

Tetrapodo goiztiarretan soinadarrak gorputz-enborrarekiko lateralki edo alboetara kokatuta zeuden, hatzak kanpora begira, eta uhin-ereduko mugimendurako errotazio

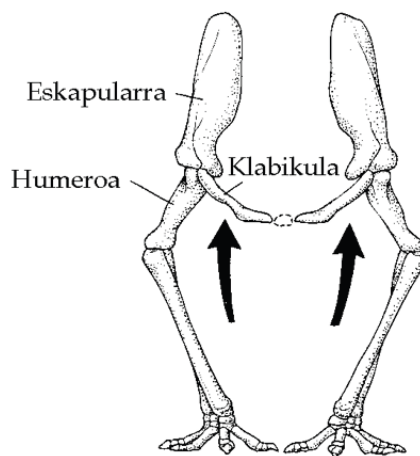
gune gisa funtzionatzen zuten.

Egitura hau egungo anfibio batzuetan, urodeloetan, eta narrasti talde zabaletan nagusi da.



Tetrapodo modernoago edo eratorriagoetan soinadarren lotunea soinaren azpian kokatzen da, hankak aurrera begira mantenduz. Egitura honek lokomozio azkarrago eta eraginkorragoa ahalbidetu zien. Lokomozio eredu honek gerrien erabateko aldaketa suposatu zuen: mesozoiko arkosauruetan, terapsidoetan...

Krokodilo eta kaimanek egonean daudenean hatzak alboetara kokatuta dituzte, baina mugimendu azkarrak behar dituztenean hanken jarrera aldatzeko gai dira.



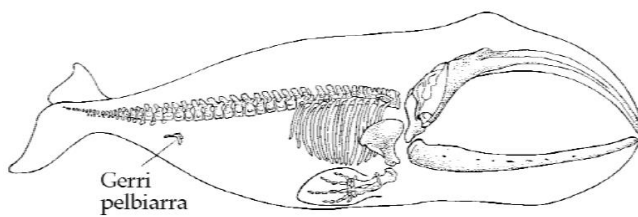
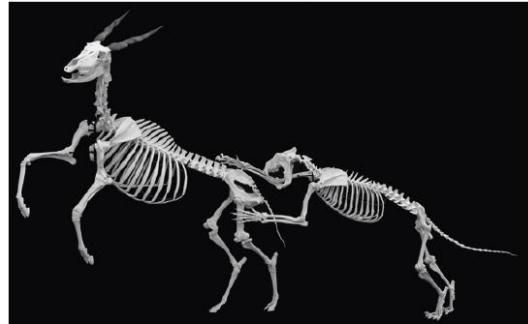
Parakera honi esker animalia ezker-eskuinera mugitzen denean, ez ditu bentilaziorako erabiltzen dituen muskulu paketeak soinadarrak mugitzeko erabiltzen; beraz, lagungarria da animaliarentzat, korrika mantendu daitekeelako. muskulu paketeak soinadarrak mugitzeko eta, gainera, arnasteko ere erabiliko ditu. Sugandilek, ordea, bentilaziorako eta mugimendurako erabiltzen dituen muskulu paketeak konfliktoan ditu, bi gauzak egiteko erabiltzen baititu muskulu paketeak, bentilazio-mugimendu gatazka dago. hau dela eta, ez dute luzaroan korrika egiteko gaitasuna.

Behin uhin-lateralaren lokomozioa gaintuz, kontuan hartu behar dugu lokomozio-eredu bakoitzak bere aldaketa bereizgarriak izango dituela egituran:



➤ ESKALATZAILEAK

➤ KURTSOREAK:
lasterkariak



➤ IGERILARIAK...



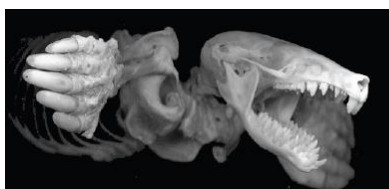
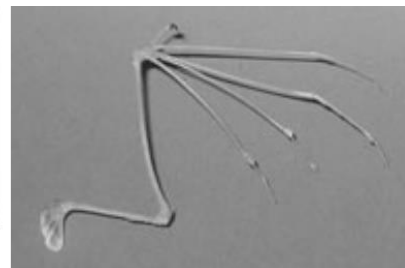
➤ SALTARIAK



➤ BRAKIATZAILEAK



➤ HEGALARIAK



➤ FOSOREAK: industaileak

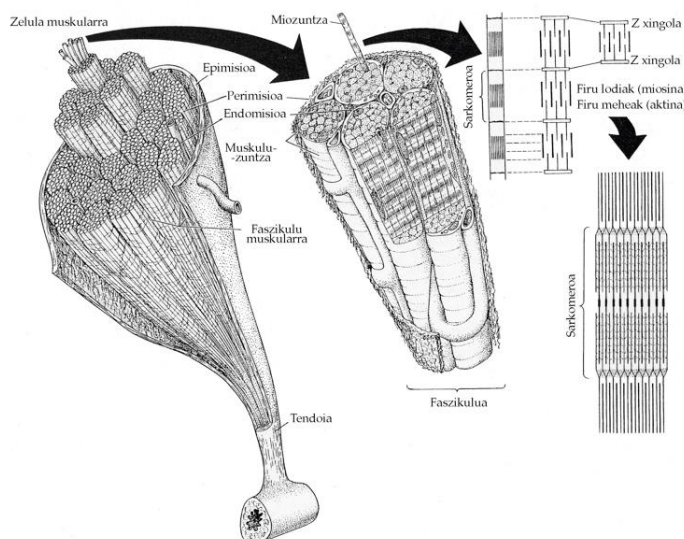
SISTEMA MUSKULARRA

Muskulaturaren garapena edo antolaketa sistema eskeletikoaren adaptazio edo konponbideekin koordinaturik dator. Hiru muskulu mota ezagutzen dira ornodunetan:

- **Muskulu eskeletikoa: (ildaskatuak edo borondatezkoak)**

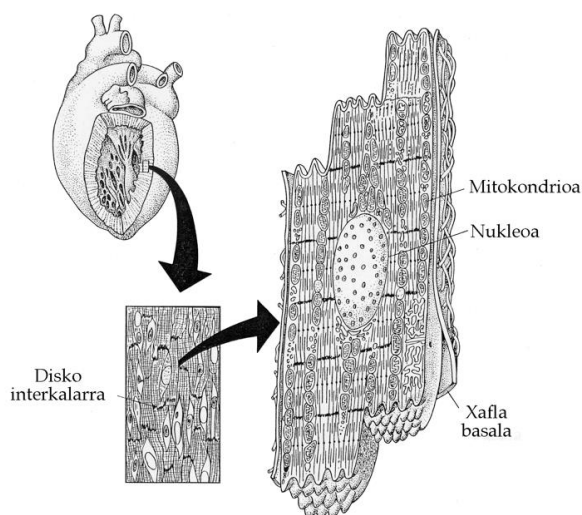
Muskulu hauek gehienetan hezur eta kartilagoei lotuta egongo dira. Muskulatura honetan aktina miosina zuntzak oso modu antolatuan agertzen dira eta horrek banda/ildaska itxura ematen diote muskuluari (=ildaskatua). Muskulu zuntza pulinukleatua da. Paketamendu sortak eta azpipakete bakoitzak bere estaldura edo konjuntiba daukate, handienetik txikira: miozuntzak, sarkomeroak eta miofibrak (lodiak, zein meheak).

Borondatez mugitzen diren muskuluak dira, hala ere batzuetan ez ditugu guk kontzeinteki mugitzen. Muskulatura pakete batzutan nerbio lotura asko daude beste batzuetan gutxi edo bakarra.



- **Muskulu kardiakoa:**

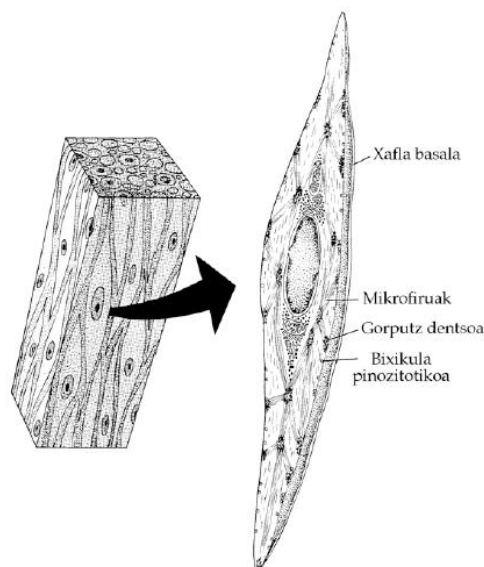
Bihotzean soilik agertuko den muskulua, itxura ildaskatua du eta zelula labor mononuklearrez dago osaturik. Berezko uzkurketa du, gainera, uzkurdura kinada hori muskulua osatzen duten zelulen artean garraiatzeko gai dira, ez dute behar kinada nerbiosorik uzkurketa hasteko; hala ere, kontrol nerbioa egon badago, uzkurketa arin edo leunago izatea eraenduko duena; hau da, taupada-tasa kontrol neurogenikoaren menpekoa da.



- **Muskulu leuna**

Berezitasun nagusia aktina miosina fibrak ez daude modu antolatuan barreiatuta zelulan, antolamendu garbirik ez dagoela. Normalean, odol hodiak inguratzen, heste, begi niniaren kontrola, ugal aparatua inguratzen (kontrolatu kumea noiz kanporatu)...

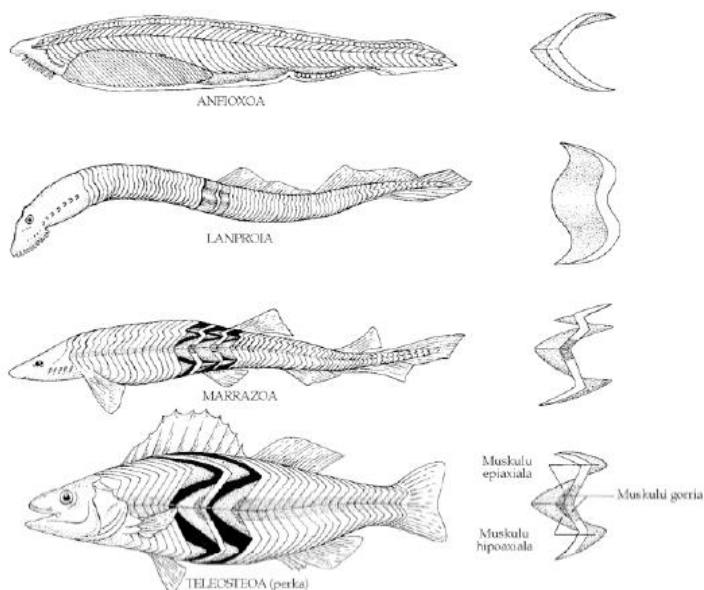
Batzuk kontrol neurogenikoaren menpe daude eta beste batzuk ez.



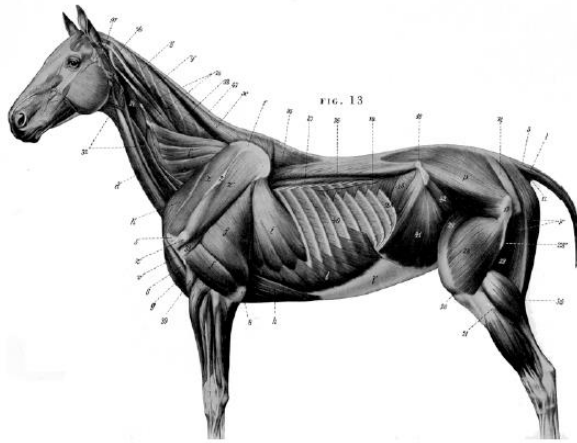
Muskulatura somatikoa edo axiala

Buztanaren eta gorputzaren paretako muskuluei muskulatura somatiko deritze. Teleosteoetan, pakete muskularrak enborrean zehar modu ordenatuan agertzen dira. Hauek, ez dira animalien aurre atze ardatzarekiko guztiz paralelo, kono forma daukate). Hauek W itxurako segmentuetan daude, ehun konektiboz banandurik. Segmentu muskular bakoitzari miotomo deritzen eta ehun konektibozko septu bakoitzari miotseptu. Miotomoen zuntz muskularrak longitudinalki lotzen dira bizkarrezurreko mioseptuei. Eskualde dortsalean kokatuta dauden muskulu sortei

epiaxial deritze eta eskualde bentrlean kokatuta daudenei, **hipoaxial**. Muskuluen kokapen edo formak, pakete muskularraren bat uzkuertzerakoan, honen eragina gorputzeko muskuluetara hedatzea baimentzen du, orno zein enborreko beste muskuluetara; gainera, animalien tolespena eleganteago bihurtzen du.



Tetrapodoetan bolumen muskularra areagotzen da. Konkretuki, muskulatura axiala murriztu eta apendikularra emendatzen da. Behin uhin-lateralezko lokomozioa baztertuta dagoela, soinadarren bidezko mugimendua da nagusi. Hau dela –eta, masa muskularraren konplexutasuna emendatzen da espezializazioa dela eta (tetrapodo talde bakoitzaren bizitzeko moduaren arabera lokomozio desberdinak edukiko ditu eta horrekin batera muskulatura espezifikoa). Muskulu bakoitzeko zuntzek norabide bera hartzen dute, baina, esan dugun moduan, bakoitzak funtzio desberdinetarako erabiliko da funtzioaren arabera; eta muskulu bakoitzak bere txertapen-guneak izango ditu hezurrekin, zurden bidez.



Zurdak edo tendoiak

Zurdak kolagenozko zuntzeko sorta trinkoak dira. Beraien funtzioen artean garrantzitsuak dira: muskuluen hezurretako loturan laguntzea eta muskuluen indarra hezuraren gune zehatzean ezartzea. Honek abantaila mekanikoa suertatzen du; izan ere, muskulua eta hezurra urruntzea ahalbidetzen dute, abantailatsua batez ere antagonikoak diren muskuluetan.

Tetrapodoen lokomozio-sistema mekanismo motore konplexu bat behar du, kontrol zehatz bat beharrezkoa da, koordinazio garapena eta nerbio sistema beharrezkoa da tetrapodoek betetzen dituzten funtzio desberdinak betetzeko: lasterka egitea, jauzika, hegan, igerian...etab.

