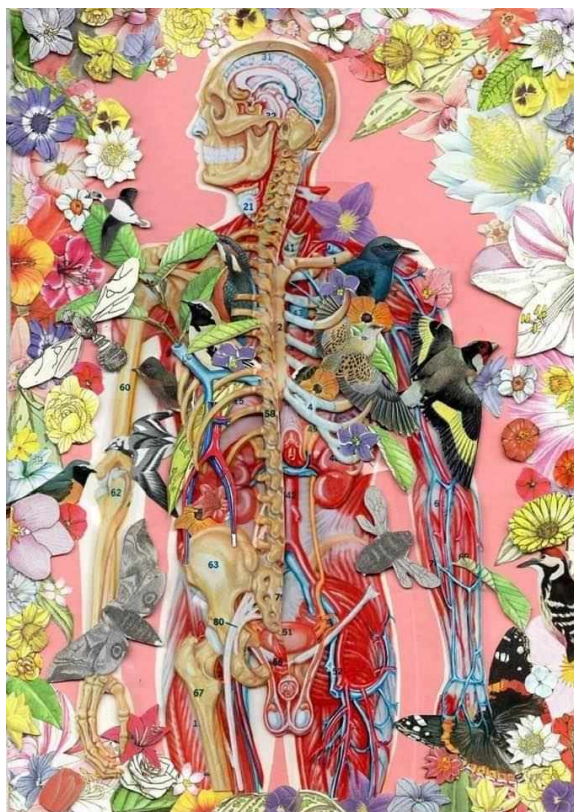


---

# GIZA GORPUTZAREN FISIOLOGIA

---



ARANTZA KEREXETA FERNANDEZ

R400 2023-24  
IRALE-Dolaretxe

**Ikasmaterial honek Hezkuntza Sailaren onespena du.**

**Onespenaren data: 2014-04-17**

# Aurkibidea

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. OSASUNA ETA GAIXOTASUNA</b> .....  | <b>5</b>  |
| 1.1. OSASUNA ETA GAIXOTASUNA.....  | 5         |
| 1.2. OSASUNEAN ERAGINA DUTEN FAKTOREAK.....                                    | 6         |
| 1.3. GAUR EGUNGO GAIXOTASUN OHIKOENAK.....                                     | 9         |
| 1.4. PATOLOGIEN PREBENTZIOA.....   | 10        |
| 1.5. PATOLOGIEN TRATAMENDUAK.....  | 12        |
| <b>2. FISILOGIA OROKORRA</b> .....   | <b>14</b> |
| 2.1. SARRERA.....  | 14        |
| 2.2. HOMEOSTASIA .....   | 15        |
| 2.3. ZELULAREN FISILOGIA: MINTZ PLASMATIKOA ZEHARKATZEKO<br>GARRAIO-MOTAK..... | 17        |
| <b>3. LOKOMOZIO-APARATUAREN FISILOGIA</b> .....                                | <b>23</b> |
| 3.1. SARRERA.....  | 23        |
| 3.2. HEZUR-SISTEMAREN FISILOGIA .....  | 23        |
| 3.2.1. Hezurren eraketa eta hazkundera.....                                    | 24        |
| 3.2.2. Hezurren birmoldaketa.....  | 25        |
| 3.3. MUSKULU-SISTEMAREN FISILOGIA .....  | 26        |
| 3.3.1. Muskulu-ehuna eta muskuluen egitura.....                                | 27        |
| 3.3.2. Muskulu-uzkurduraren mekanismoa .....                                   | 28        |
| 3.3.3. Muskuluen sailkapena .....  | 30        |
| <b>4. NERBIO-SISTEMAREN ANATOMIA ETA FISILOGIA</b> .....                       | <b>33</b> |
| 4.1. SARRERA.....  | 33        |
| 4.2. NERBIO-SISTEMAREN ANATOMIA .....  | 34        |
| 4.2.1. Nerbio-sistema zentrala (NSZ) eta nerbio-sistema periferikoa (NSP) .    | 34        |
| 4.2.2. Nerbio-sistemaren babesak .....   | 37        |
| 4.2.3. Nerbio-sistemako ehunak eta zelulak.....                                | 39        |
| 4.3. NERBIO-SISTEMAREN KOMUNIKAZIOA .....                                      | 43        |
| 4.3.1. Nerbio-bulkada .....  | 43        |
| 4.3.2. Sinapsia eta neurotransmisoreak.....                                    | 45        |
| 4.4. NERBIO-SISTEMAREN ALARMA: MINA .....                                      | 47        |
| <b>5. SISTEMA ENDOKRINOA</b> .....   | <b>50</b> |
| 5.1. SARRERA .....   | 50        |
| 5.2. HORMONAK.....   | 51        |
| 5.2.1. Zer-nolako substantziak dira hormonak? .....                            | 51        |
| 5.2.2. Zelan jarduten dute hormonek? .....                                     | 51        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 5.2.3. | Zelan erregulatzen da hormonen jariatzea? .....    | 53  |
| 5.3.   | GURUIN ENDOKRINOAK .....                           | 54  |
| 5.3.1. | Hipotalamoia.....                                  | 55  |
| 5.3.2. | Hipofisia edo guruin pituitarioa .....             | 56  |
| 5.3.3. | Tiroide guruina.....                               | 58  |
| 5.3.4. | Paratiroideak.....                                 | 60  |
| 5.3.5. | Giltzurrun gaineko guruinak .....                  | 61  |
| 5.3.6. | Pankrea.....                                       | 62  |
| 5.3.7. | Gonadak: obulutegiak eta testikuluak .....         | 64  |
| 5.3.8. | Guruin pineala edo epifisia .....                  | 70  |
| 5.3.9. | Bestelako ehun eta organo endokrinoak .....        | 71  |
| 6.     | UGALKETAREN FISILOGIA .....                        | 73  |
| 6.1.   | SARRERA .....                                      | 73  |
| 6.2.   | GAMETOGENESIA .....                                | 73  |
| 6.2.1  | Espermatogenesis.....                              | 74  |
| 6.2.2  | Obogenesis .....                                   | 75  |
| 6.3.   | EMAKUMEAREN ZIKLO MENSTRUALA .....                 | 77  |
| 6.4.   | KOPULA ETA ERNALKETA.....                          | 78  |
| 6.5.   | HAURDUNALDIA.....                                  | 80  |
| 6.5.1. | Enbrioaren eta fetuaren garapena .....             | 80  |
| 6.5.2. | Aldaketak amaren gorputzean.....                   | 83  |
| 6.5.3. | Erditzea.....                                      | 85  |
| 6.6.   | GIZAKIAREN SEXUALITATEA ETA SEXU-ERANTZUNA.....    | 85  |
| 7.     | DIGESTIO-APARATUAREN FISILOGIA.....                | 88  |
| 7.1.   | SARRERA.....                                       | 88  |
| 7.2.   | DIGESTIOAREN FISILOGIA .....                       | 88  |
| 7.2.1  | Ahoa eta faringea .....                            | 88  |
| 7.2.2. | Hestegorria.....                                   | 89  |
| 7.2.3. | Urdaila.....                                       | 90  |
| 7.2.4. | Heste meharra.....                                 | 91  |
| 7.2.5. | Heste lodia .....                                  | 97  |
| 8.     | ARNAS APARATUAREN FISILOGIA.....                   | 99  |
| 8.1.   | SARRERA .....                                      | 99  |
| 8.2.   | BIRIKA-AIREZTAPENA .....                           | 100 |
| 8.2.1  | Arnasgora.....                                     | 101 |
| 8.2.2. | Arnasbehera.....                                   | 102 |
| 8.2.3. | Birika-aireztatzearen bolumenak eta edukierak..... | 103 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>8.3. GAS-TRUKEAK</b> .....  | <b>105</b> |
| <b>8.3.1. Biriken eta odolaren arteko gas-trukea (kanpo-arnasketa)</b> ..... | <b>105</b> |
| <b>8.3.2. Odolaren eta zelulen arteko gas-trukea (barne-arnasketa)</b> ..... | <b>106</b> |
| <b>8.4. GASEN GARRAIOA</b> .....   | <b>107</b> |
| <b>8.5. ARNASKETAREN ERREGULAZIOA</b> .....                                  | <b>108</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA ETA WEBGRAFIA</b> .....                                      | <b>110</b> |

# 1. OSASUNA ETA GAIKOTASUNA

## 1.1. OSASUNA ETA GAIKOTASUNA

Gizakiaren berezko ezaugarria da jakin-mina: bestela esanda, gertaerak edo errealitatea ezagutzeko eta azaltzeko beharra. Anomiaren eta fisiologiaren esparruan, jakin-min horrek galdera hauei erantzuna bilatzera eraman gaitu: nolakoa da giza gorputza eta nola funtzionatzen du? Alabaina, agerikoa da giza gorputzaren funtzionamendua ulertzeko jakin-minak beste motibazio indartsu bat ere izan duela: hain zuzen ere, gaixotasunak sendatzeko guraria eta grina.

Baina zer da osasuna eta zer da gaixotasuna? Erantzunak erraza ematen badu ere, ez da hain erraza kontzeptu horien definizio bakarra ematea. Bestela, saia zaitez zu zeu **osasuna zer den** definitzen, eta alderatu gero MOEk –Munduko Osasun Erakundeak– ematen duen definizioarekin: “Osasuna erabateko ongizate fisiko, mental eta sozialaren egoera da, eta ez bakarrik gaixotasun eza.”



Definizioa irakurtzearekin batera, agian honako galdera hau bururatu zaizu: zeri esaten diogu “erabateko” ongizatea? Argi dago “erabateko” hitza zehaztugabea denez gero ezin dela osasun-estrategia eraginkorrik eraiki definizio horretan oinarrituta. Hala ere, MOEren definizioak badu alderdi positiborik: zehazten du faktore fisikoek, mentalek eta sozialek eragiten dutela osasun-egoeran, eta horrek osasunaren ikuspuntu integralaren ideia hurbiltzen gaitu, eta aldendu, ostera, ikuspuntu murriztailetik. Gainera, balio etikoa ere badauka, faktore soziala kontuan hartzen du eta.



Bestalde, **zer da gaixotasuna?** Elhuyar Zientzia eta Teknologia Hiztegiaren arabera, “gaixotasuna da gorputzeko funtzioen edo egituren asaldu ezohikoa eta kaltegarria, zeinu edo sintoma jakinen bidez identifika daitekeena”. Definizio horretan, “ezohikoa” eta “kaltegarria” zer den zehaztu beharko genuke; izan ere, asaldu batzuk “ohikoak” izan daitezke –adibidez, alergiak edo intolerantziak–, eta ez oso kaltegarriak. Bestetik, gaixotasun batzuk –minbizia, kasurako–, zeinu edo sintomarik gabe garatzen dira lehen faseetan, eta, sintomak agertu orduko, sendabiderik gabeko fasean egon daitezke.

Gaixotasuna eragiten duen kausa aztertzen duen zientziari **etiologia** deritzogu, eta, gaixotasunaren ondorioz agertzen diren sintoma subjektiboen –nekea, mina...– eta zeinu objektiboen –sukarra, larruazalaren erupzioak, gorakoa...– multzoari, **sintomatologia**. Gaixotasun batzuek sintomatologia espezifikoak dute, eta baliagarriak dira diagnostikorako; beste batzuetan, aldiz, miaketa osagarriak izaten dira beharrezkoak **diagnostikoa** egiteko (analisi klinikoak, proba erradiologikoak, biopsiak...). Diagnostikoaren ostean, **tratamendu** egokia aplikatu daiteke. Tratamendu-mota bi daude:

**sendagarria** –osasu-egoera berreskuratzea–, eta **aringarria** –gaixotasunaren sintomak leuntzea–.

Faktore soziokulturalek eta pertsonalek eragin handia dute **osasuntsu edo gaixorik egotearen pertzepzioan** edo, behintzat, osasu-arazoaren larritasunaren pertzepzioan. Gizartean, testuinguru politikoak, ekonomikoak, sozialak eta kulturalak erabakitzen du zer egoerari ezarri osasu-arazoaren etiketa eta zeini ez, eta, horrekin batera, zer izenondo erantsi (arazo arina, ertaina, larria, oso larria) eta zer neurri hartu. Horren harira, aipatzekoa da gure burmuina etengabe ari dela jasotzen ingurutik datorren informazioa –komunikabideak, medikuak, zientzialariak, irakasleak, politikariak, familia, lagunak, lankideak...–, eta, modu inkontzientean eta neuronalean, informazio horrekin guztiarekin egiten duela egoeren balorazioa. Horrek guzti horrek badu eragina osasu-arazoaren garapenean, onerako –plazebo efektua– edo txarrerako –nozebo efektua–.

Osasunari buruzko sarrera hau amaitzeko, kontuan izan behar dugu aldatuz joan dela osasunari eman zaion garrantzia memento historikoaren eta herrialdearen arabera. Begien bistakoa da neolitoko kezka nagusia elikagaiak lortu eta harraparietatik ihes egitea zela. Gaur egungo gure gizartean, bizitzeko oinarrizko beharrak aserik eta bizi-esperantza luzea izanda, protagonismo berezia hartzen ari da osasuna, eta, harekin batera, zientzia eta zientzialariak. Baina dena konponduko ote dute zientzialariek eta osasu-zerbitzuek? Hona hemen Sydney Brenner 2002ko



Medikuntzako Nobel saridunaren aipu bat: [“Dena sendatzea ez da irtenbide on bat; ezer ez da betiko”](#). Eta Juan Luis Arsuaga antropologoaren beste aipu hau: [“Ez dago alde handirik erlijio-fedearen eta zientzia-fedearen artean, gizateriaren larritasunak konpontzeko iturri baitira biak”](#).



## 1.2. OSASUNEAN ERAGINA DUTEN FAKTOREAK

Aurreko atalean, ikusi dugu osasu-egoera faktore askoren mende dagoela; osasuna, gainera, integrala eta biografikoa ere bada: integrala, gorputzak osotasunean funtzionatzen duelako, eta haren atalek elkarri eragiten diotelako –izan zelula, ehun, organo, aparatu edo sistema–; eta, biografikoa, ernalketatik abiatuta bizi izandako guztiak eragiten duelako osasu-egoeran.

Osasunean eragina duten faktoreak aztertzea ezinbestekoa da osasuna sustatzeko eta gaixotasunak prebenitzeko, bai gizarte-mailan, bai norbanakoarenean. Faktore horiek askotarikoak dira, eta honako multzo hauetan taldekatzen dira:

- **Faktore biologikoak.** Organismoaren egitura eta fisiologiaren mendeko faktoreak dira, norbanakoarenak. Adina, genetika, sexua eta metabolismo-mota dira haietariko batzuk, eta ez da posible faktore horiek aldatzea, edo, ahal den kasuetan, oso aldaketa txikiak egin litezke.

- **Bizi-azturak.** Dieta-motak, jarduera fisikoak, adikzioek, harreman afektibo eta sozialek... horiek guztiek dute eragin zuzena gure osasun-egoeran, eta, neurri batean, alda daitezke inguru sozialaren eraginarekin eta norberaren erabakiekin. Adikzioak direla eta, kontuan hartu behar ditugu substantzia-adikzioak – alkohola, kafeina, nikotina, goxokiak, THCa...– zein substantziazirik gabeko adikzioak –pantailak, jokia, kirola... –.
- **Ingurumen-faktoreak.** Gizakiok, espezie guztiak bezala, ingurune batean bizi gara, eta etengabe aldatu dugu eta aldatzen dugu ingurune hori. Garapen teknologikoarekin batera, modu globalean, neurri handian eta gero eta azkarrago ari gara ingurumena eraldatzen, eta horrek osasunerako kaltegarriak diren egoerak eta kutsatzaileak ekarri ditu berekin. Jatorri antropiko horregatik, presio politiko, ekonomiko, sozial eta kulturalak gorabehera, gizakiaren esku dago egoera horiek eta kutsatzaile horiek ingurunetik ezabatzea.

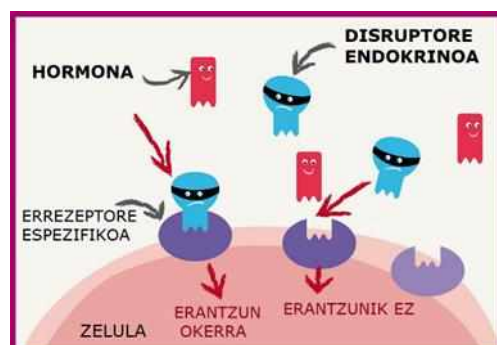
Ikus dezagun zein diren faktore horiek:

- **Ingurumeneko faktore fisikoak.** Zarata, erradioaktibitatea, erradiazio elektromagnetikoak, tenperatura, argi-kutsadura...

- **Ingurumeneko faktore kimikoak.** Metal astunak, airean dauden kutsatzaileak (nitrogeno oxidoak, sulfuro dioxidoa, karbono monoxidoa, partikula txikiak eta abar), pestizidak (lindanea, glifosatoa, DDTa...), dioxinak eta furanoak, PCBak, bisfenolak, parabenoak, zenbait farmako eta beste hainbat substantzia berri artifizial. Kutsatzaile horiek guztiak, kontzentrazio-maila desberdinetan bada ere, zabaldu egin dira planeta osoan, eta kutsatu egin dituzte airea, ura, lurra eta elikagaiak. Aipamen berezia merezi dute disruptore endokrino izeneko substantziek: izan ere, substantzia horiek, hormonon antzekoak direnez, hainbat osasun-arazo eragiten dituzte, hasi enbrioiaren garapenetik eta batzuetan esposizioa izan eta hurrengo belaunaldira arte.



**1. irudia.** Disruptore endokrinoek bi erataro jarduten dute zeluletan: hormonon errezeptorearekin elkartuz ala hormonon errezeptorea blokeatuz.





**1 Fenolak**  
A bisfenola, benzofenolak, parabenoak, triklosana,  
Elikagai-ontzien babesa  
Plastikoel forma eta erresistentzia eman  
Tiketak, ur-botilak, kontserba-latak, kosmetikoak, eguzkirako kremak, garbikariak, eskola-materiala, jostailuak

**2 Ftalatoak**  
Plastikoak malguagoak izateko  
Jostailu, enbalaie, kosmetiko, pestizida, aspirina, medikuntza-tresnatan

**3 PCB (bifenilo polikloratuak)**  
Isolatuzaile termiko, egonkortzaile, ez-sukoi  
Margo, itzalgailu, produktu elektriko, tinta eta pigmentuetan

**4 Bromatuak (BFR)**  
Errekuntza-inhibitzaileak  
Material isolatuzaile, altzari, alfombra eta plastikozko piezetan

**5 Perfluoratuak**  
Industria-erabilerak  
Ehun-gai, paper, larru, arrain, itsaski, garbikari eta kosmetikoetan

## 2. irudia. Zenbait disruptore endokrino eta haien erabilera batzuk

- **Faktore biologikoak.** Infekzioak edo toxikotasuna eragin dezaketen mikroorganismoak eta mikroorganismoak eurak hedatzea eragin dezaketen faktoreak (aldaketa klimatikoa, pertsonen pilaketa hirietan, animalien pilaketa abeltegietan, biodibertsitatea). Gaixotasun infekzioso emergenteekin ikusten ari gara aldaketa klimatikoak, elikagai-ekoizpen industrialak eta biodibertsitatearen galerak areagotu egiten dutela gaixotasun horiek agertzeko maiztasuna.
- **Faktore politiko, ekonomiko, psikologiko eta sozialak.** Faktore-multzo honek, zuzenean osasunean eragiteaz gain, aurretik aipatu ditugun ingurumen-faktoreak baldintzatzen ditu, zeharka bada ere. Zerrenda luzea litzateke: besteren artean, etxebizitza- eta eraikuntza-motak, lana izatea, lan-baldintzak, lurralde-antolaketa, hirigintza, berdeguneekin kontaktua izatea, inguratzen gaituen paisaiaren kalitatea, osasun-sistema publikoaren kalitatea eta beste hainbeste. Gure gizarte gero eta indibidualistagoan, faktore horiek ahazteko joera dugu, baina eztaba da eragin nabarmena dutela ongizate fisiko, mental eta sozialean, eta kontuan hartu behar direla osasuna sustatzeko planetan eta gaixotasunen prebentzioan.



3. irudia. a) Errepideen inaktua, Bizkaia b) Hondakin elektronikoen zabortegia, Akran (Ghana)



4. irudia. Gasteizko eskoletako patioen birnaturalizazio-proiektuaren posterra

### 1.3. GAUR EGUNGO GAIXOTASUN OHIKOENAK

Galdetzen badigute zein diren gaur egungo gaixotasunik ohikoenak, oso erantzun desberdina jasoko genuke Europan edo Afrikan galdetuz gero edo galdera bera Europan bizi diren migratzaileei edo Europan bizi diren irakasleei eginez gero.

Munduko herrialde aberatsetan, honako hauek sartzen ditugu osasun-asaldu ohikoen zerrendan: gaixotasun kardiobaskularrak, minbizia, diabetesa, obesitatea, alergiak, intolerantziak, arnas gaixotasun infekziosoak, gaixotasun mentalak eta gaixotasun neurodegeneratiboak. Herrialde pobreetan, ordea, gaixotasun infekziosoek –HIESa, tuberkulosia, malaria, dengea, kolera... –, beherakoek eta desnutrizioak eragiten dituzte heriotzarik gehienak. Heriotza horiek zuzeneko lotura dute ur edangarriaren faltarekin, saneamendu- eta higiene-egoera eskasarekin, elikagaien eskasiarekin, osasun-arreta urriarekin, ingurune kutsatuetan bizitzearekin eta, HIESaren kasuan, arriskuko sexu-jarduerekin.

Beraz, osasun-arazoak guztiz baldintzatuta daude herrialde baten egoera soziopolitiko eta ekonomikoarekin, baita kulturarekin ere. Horregatik, gizarte-mailan, osasuna sustatzeko eta gaixotasunak prebenitzeko, faktore horien eraldaketan egin beharko litzateke ahaleginik handiena. Ideia hori azaltzen da Patxi Galarraga arkitektoaren baieztapen honetan: [“Osasunean, kode postala garrantzitsuagoa da kode genetikoak baino”](#).

**Epidemiologia** gaixotasunen hedapena aztertzen duen zientziaren atala da, eta, epidemiologoek, hedapen horretan eragiten duten faktoreak zehazten dituzte gaixotasunen intzidentzia gutxitzen ahalegintzeko.

## 1.4. PATOLOGIEN PREBENTZIOA

Aurretik ikusi dugun bezala, hainbat faktorek eragiten dute osasun-egoeran, eta, populazio baten patologien prebentzioan, faktore horietan eragitea izaten da eraginkorrena. Osasuna sustatzeaz eta gaixotasunak saihesteaz arduratzen da **Osasun Publikoa**, eta gobernu-erakundeen ardura da berori garatzea eta hiritar guztiengana iristea.

Osasun publikoak lau esparru hartzen ditu:

1. Osasun integrala sustatzea.
2. Gaixotasunak eta lesioak prebenitzea.
3. Gaixotasunak diagnostikatzeko eta tratatzeko zerbitzuak antolatzea eta hornitzea.
4. Ezgaitasunak edo gaixotasun kronikoak dituzten pertsonak errehabilitatzea, ahalik eta bizi-kalitate hobereana izan dezaten.

1. **Osasuna sustatzeari** dagokionez, **edateko ura** eskuragarri izatea eta **higienea** izan dira populazioaren osasuna eta bizi-itxaropena hobetzeko tresnarik eraginkorrenak. Pertsona batek har ditzakeen neurri eraginkorrenak dira: elikagaiak maneiatu baino lehen eskuak garbitzea, erabiltzen ditugun espazioak eta objektuak garbitzea, zauriak desinfektatzea, etxekotutako animalien eta norberaren gorputzaren higiena zaintzea. Horretarako, ezinbestekoak dira edateko moduko ura eskuragarri izatea, ur fekalen estolderia, elikagaien osasun-kontrola eta etxekotutako animalien osasun-kontrola. Gainera, elikadura egokiak, ingurumenaren kalitateak, ariketa fisikoak, egoera sozioekonomiko onargarriak, eta asaldu edo gaitz txikien arretak, horiek guztiek, gizartearen eta banakoen osasun-egoera hobetzea bermatzen dute.

2. **Gaixotasunak prebenitzea.** Gaixotasuna, norbanakoaren, ingurumenaren eta eragile etiologikoaren arteko elkarrekintzaren ondorioa da. Horregatik, prebentzio-medikuntza gaixotzeko prozesua saiatzen da saihesten, betiere aipatutako hiru elementu horietariko batean edo gehiagotan eraginda.

Gaixotasun infekziosoek kasuan, **txertoen bidez** lor daiteke populazioa aktiboki immunizatzea eragile infekzioso batekin kontaktua izan aurretik. Txertaketari esker, desagerrarazi egin ditugu gaixotasun infekzioso batzuk—bartzanga, adibidez—, eta nabarmen murriztu beste batzuen intzidentzia—difteria, tetanosa, poliomielitisa, kukutxeztula eta elgorria—. Hala ere, txertaketa ez da gaixotasun infekzioso guztietarako panazea; izan ere, batetik, gaixotasun batzuetarako ez da

txerto eraginkorrik lortu –HIESa, zika, malaria–; bestetik, txertoak baditugun arren, gaixotasun batzuek jende asko jarraitzen dute hiltzen –tuberkulosia, kasurako– ; eta, azkenik, zalantzarikoa da txerto batzuen eraginkortasunaren eta eragin ditzaketen kalteen balorazioa–gripea, COVID-19–. Gainera, ingurumenaren degradazioa dela eta, gero eta maizago azaltzen dira gaixotasun infekzioso emergenteak, eta, horiek saihesteko, eraginkorragoa litzateke txertoak barik beste prebentzio-neurri batzuk hartzea.



### "Birusen agerraldi berriak gutxitzeko, errotik aldatu behar da elikagaien ekoizpena"

Rob Wallace AEBetako biologo ebolutiboa da eta pandemiak ikertu ditu 25 urtez. *Marx21* aldizkarian egin zioten elkarrizketa honetan azaltzen du koronabirusa bezalako pandemiak zerk sortzen dituzten: elikagaien ekoizpen industrialak. Etorkizunean horrelako gehiago nahi ez badugu, elikagaien ekoizpen eredua aldatu beharra seinalatu du.

ARGIA @argia 2020ko martxoaren 31



#### 5. *irudia*. Gaixotasun infekzioso emergenteen kausak eta konponbideak

Prebentziorako beste tresna bat **kimioprofilaxia** da, hau da, antibiotikoen eta bestelako farmakoen bidez infekzioak garatzen saihestea. Farmakoak honako kasu hauek erabiltzen dira: antibiotikoak, meningitisa edo tuberkulosia duten gaixoei kontaktua izan dutenentzat; malariaren kontrako farmakoak, herrialde tropikaletara bidaiatzen dutenentzat; antibiotikoak, operazio bat izan duten pazienteentzat eta abar.

Gaixotasun ez-infekziosoen kasuan ere, prebentzio-neurriak ezartzen eta garatzen dira. Adibidez, biriketako minbizia saihesteko, tabakoaren kontsumoa murrizteko neurriak; obesitatea saihesteko, dieta orekatua sustatzeko neurriak; adikzioak saihesteko neurriak; zenbait minbizi-mota saihesteko, prebentzio goiztiarreko probak; gaixotasun kardiobaskularrak saihesteko neurriak; laneko gaixotasunen prebentzioa eta abar.

3. Gaixotasunen **diagnostikatzeko eta tratatzeko zerbitzuak antolatzea eta hornitzea**. Herrialde gehienetan, osasun-arreta publikoa eta pribatua daude, baina, herrialde batzuetan, osasun-zerbitzu publikoa edo oso ahula da, edo ez ditu hiritar guztiak artatzen (ez da unibertsala). Badira, halaber, osasun zerbitzu publikoa eta unibertsala ez duten herrialdeak ere; adibidez, Estatu Batuak eta Sudan. Esan beharrik ez dago populazioaren osasuna hobea izaten dela sistema publikoa eta unibertsala duten herrialdeetan.



Herrialde gehienetan, osasun-zerbitzuak bi mailatan daude antolatuta: arreta primarioa eta arreta espezializatu. **Arreta primarioak** gertu egon behar du herritarrengandik, eta, horrela, behar dituen baliabideak izanez gero, nabarmen murrizten da arreta sekundarioa pasatu behar diren gaixoen kopurua. **Arreta espezializatu** edo sekundarioa anbulatorio espezializatuetan eta ospitaletan ematen da, eta gaixotasun arruntak ez diren kasuetarako erabili behar dira.

4. **Errehabilitatzea**. Errehabilitazio-zerbitzuak daude gaixotasunek edo lesioek eragindako ezgaitasun funtzionalek ahalik eta eragin txikiena izateko. Gainera, azken urteetan, errehabilitazio fisikoaz gain, osasun-sistemak hasita daude errehabilitazio sozialerako neurriak hartzen: jakin ere badakigu osasunerako zein garrantzitsuak diren faktore sozioekonomikoak eta psikopsikoemozionalak.

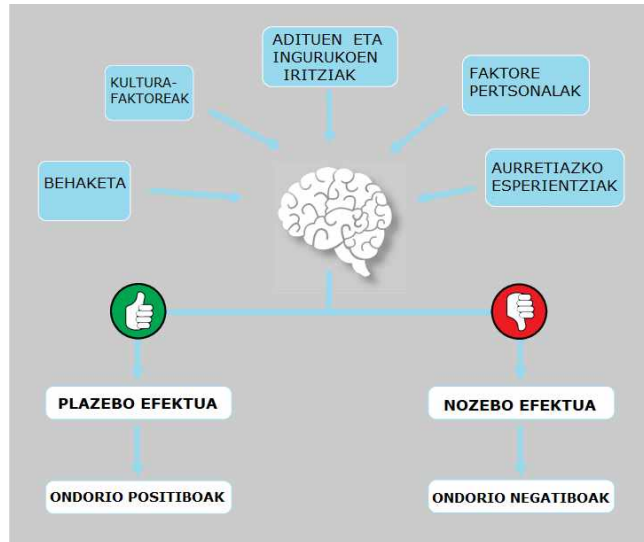
## 1.5. PATOLOGIEN TRATAMENDUAK

Gaixotzen garenean, gorputzak berak baditu hainbat baliabide osasun-egoera berreskuratzeko. Burura datorkigun lehena **immunitate-sistema** da: oso sistema espezifiko, eraginkorra eta konplexua da eragile infekziosoen eta minbiziaren aurrean. Dena dela, immunitate-sistemaz gain, gorputzak beste **hainbat estrategia sendagarri** ditu; adibidez: doministikuak eta eztula, gorakoak eta beherakoak, hantura (lesioen kasuan), sukarra, nekea, jateko gogorik eza eta gaur egun hain zaila egiten zaigun pazientzia izatea eta gorputzari sendatzeko behar duen denbora ematea.

Hala eta guztiz ere, batzuetan, tratamendu edo terapia espezifikoak behar izaten ditugu gaixotasunak sendatzeko. Horien artean erabilienak **kimioterapiak** dira; hau da, **farmako** deritzogun substantzia kimikoen bidez –izan naturalak edo sintetikoak– gaixotasunaren sintomak eta eragileak indargabetzea eta ezabatzea. Kimioterapiaz gain, badira kasuan kasu aplikatzen diren beste hainbeste tratamendu; besteren artean: fisioterapia, erradioterapia, laser-terapia, kirurgia, psikoterapia, transplanteak eta abar. Aipatzekoak dira gaur egun terapia genikoek, mikrokirurgiak, zelula amen erabilerak eta bestelako teknika berriek zer-nolako tratamendu-aukerak ematen dituzten edo eman

litzaketen etorkizunean. Bestetik, kontuan hartzekoak dira medikuntza konbentzionalak aldatzen diren terapia alternatibo edo osagarriak ere: akupuntura, homeopatia, kiropraktika, osteopatia, masajeak, medikuntza higienista, fitoterapia eta beste hainbat.

Tratamenduak eta terapiak aipatzean –terapia konbentzionalak zein alternatiboak–, kontuan hartu behar dugu neurri batean **plazebo** efektuari esker ere sendatzen garela; eta, modu berean, **nozebo** efektuak eraginda gaixotu egin gaitzkeela edo agertu egin daitezkeela zenbait sintoma (mina, intolerantziak...).



6. irudia. Plazebo eta nozebo efektuan eragina duten faktoreak



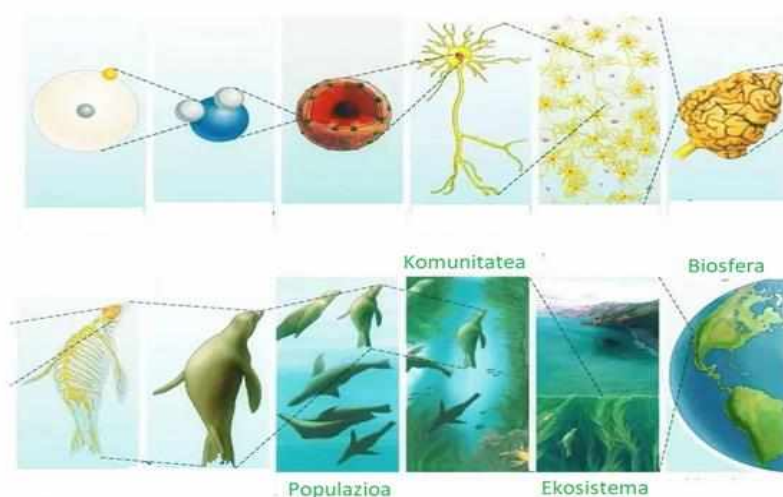
## 2. FISILOGIA OROKORRA

### 2.1. SARRERA

**Anatomiak eta fisiologiak**, hurrenez hurren, aztertzen dute gure gorputzak nolakoak diren eta nola funtzionatzen duten. Baina, berez, biologiaren bi atal horiek banaezinak dira; hau da, ezin dugu aztertu nolakoak diren gorputzeko organo edo sistemak beren funtzioa kontuan hartu gabe, eta alderantziz ere ez. Nola azaldu biriketan gertatzen den gas-trukea –fisiologia– albeoloak nolakoak diren argitu gabe –anatomia–? Gainera, gorputzeko aparatu eta sistema guztiek, modu koordinatuan, aldi berean eta elkarri eraginez funtzionatzen dute. Alabaina, ezagutza zientifikoan sakondu nahi badugu, ezinbestekoa da zientzia arloka edo eremuka banatzea baina betiere ikuspuntu integrala edo holistikoa galdu gabe.

Gai honetan, fisiologiaren oinarritzko hainbat alderdi azalduko ditugu, hurrengo gaietarako amankomunak eta argigarriak izango direnak.

Hasteko, aipatu beharra dago hainbat antolaketa-maila bereizten direla bizidunetan, eta, horregatik, **hainbat mailatan aztertu daitekeela fisiologia**: molekula-mailan, zelula-mailan, ehun-mailan, organo-mailan, aparatu-mailan, sistema-mailan eta organismo-mailan. Hortik aurreragoko antolaketa-mailak –populazioa, komunitatea, ekosistema, biosfera– ekologiak aztertzen ditu. Anatomia eta fisiologiako gaiak azaltzerakoan, sarritan, ahaztu egiten dugu gizakia biosferako beste espezie bat dela, eta ezinbestean jarduten dugula elkarreraginean biosferako bizidunekin eta elementu ez-bizidunekin. Elkarrekintza horiek guztiek erabat baldintzatzen dute gure espeziearen garapena, bai populazio-mailan, bai indibiduo-mailan. Horregatik, eta ahal dugun neurrian, saiatuko gara gogoan izaten inguruneko faktoreek ere baldintzatu egiten dutela gure gorputzaren fisiologia. Osasunari dagokionez, agerikoa da ezin dugula osasun-egoera aztertu inguruneko faktoreak kontuan hartu gabe; besteren artean, airearen, uraren eta elikagaien kalitatea, ingurune sozioekonomiko-kulturala, klima...



1. irudia. Bizidunen antolaketa-mailak

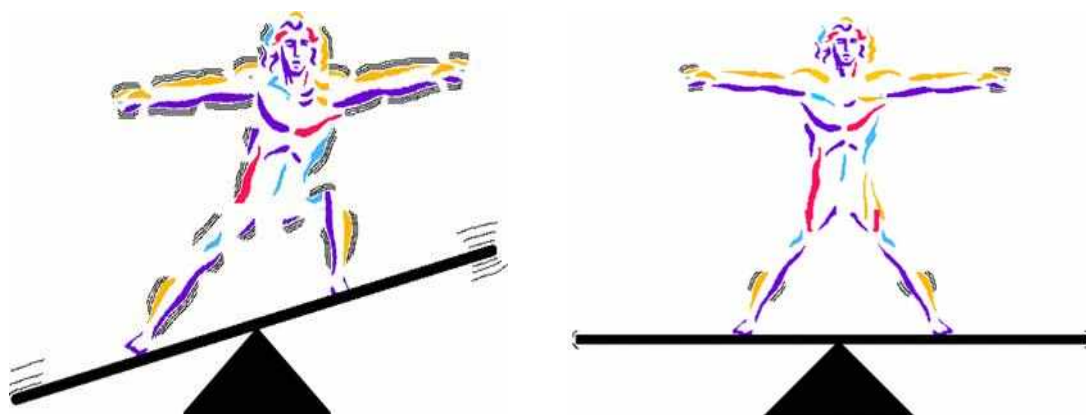
**Bizi-funtzioei** dagokionez, ohikoena da hiru bizi-funtzio nagusi bereiztea: nutrizio-funtzioa, erlazio-funtzioa eta ugalketa. Nutrizio-funtzioa eta erlazio-funtzioa ezinbestekoak dira norbanakoak bizirik iraun dezan, eta ugalketa, berriz, espezieak aurrera egin dezan.

## 2.2 HOMEOSTASIA

Gizakia, beste hainbat izaki zelulaniztunen antzera, bilioika zelulaz osatutako sistema bizia da. Harrigarria bada ere, gorputzeko zelula horiek guztiek, barneko eta kanpoko ingurunean aldaketak gertaturik ere, gai dira etengabe jarduten jarraitzeko, modu koordinatuan eta gorabehera handirik gabe, bizidunen ezaugarria baita ingurune aldaketen aurrean moldatzeko gaitasuna izatea –betiere muga batzuen barruan–.

**Homeostasia** terminoak hau adierazten du: bizidunek barne-ingurune baldintzak ia konstante mantentzeko duten gaitasuna eta horren ondoriozko oreka-egoera. Izan ere, zelulek, jarduera fisiologikoa behar bezala egiteko, barne-ingurunea egonkorra izateko premia dute. Beste gauza batzuen artean, zelulek behar dute: elikagaia eta oxigenoa kontzentrazio egokian eskuragarri izatea, hondakin gehiegi ez pilatzea, pHa tarte estuen artean mantentzea, gatzen kontzentrazioa asko ez aldatzea, odoleko presioa egokia izatea eta temperatura konstante mantentzea.

Esate baterako, gorputzaren temperatura balio egokietatik behera jaisten bada, erreakzio metabolikoak astiroago gertatzen dira, eta, balio batzuetatik behera, horrek heriotza eragin dezake. Temperatura igotzen bada, ostera, gehiegi handitzen da erreakzio metabolikoen abiadura, eta, gainera, desnaturalizatzen hasten dira proteinak. Kasu horretan ere, balio batzuetatik gora, hil egingo litzateke organismoa.



2. irudia. Homeostasiaren irudikapena

Homeostasiaren helburua ingurunea konstante mantentzea bada ere, berez, oreka homeostasikoa ez da egoera finko egonkorra, egoera dinamiko aldakorra baino. Ikuspuntu horretatik, homeostasia da barne-ingurunea muga edo tarte estu samarren artean mantentzen duen mekanismoen multzoa. Eginkizun horretan, gorputzeko organo eta sistema guztiek hartzen dute parte, eta koordinaturik egiten dute lan. Horretarako, ezinbestekoa da haien arteko komunikazioa, eta komunikazio hori, batez



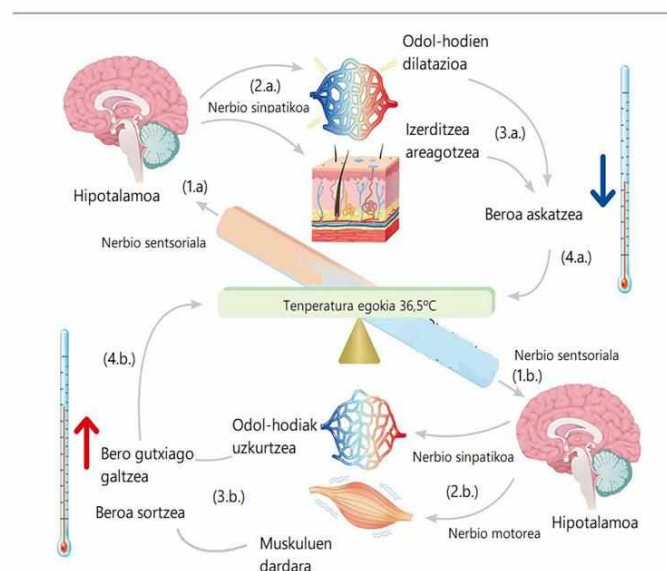
ere, **nerbio-sistemak eta sistema endokrinoak** egiten dute. Gai horiek hurrengo ataletan landuko ditugu zehatzago, eta, atal honetan, mekanismo homeostasikoen oinarriko ezaugarri komunak aipatuko ditugu.

Erregulatu behar den egoera edo faktorea edozein dela ere, homeostasirako **kontrol-mekanismo guztiek hiru osagai** dituzte:

1. Inguruneko aldaketa –estimulua– hauteman eta jasotzen duen **errezeptorea**. Errezeptoreak jasotako informazioa kontrolgune batera garraiatzen da.
2. **Kontrolguneak**, informazioa azertu, eta, ondoren, egin beharreko aldaketa edo eman beharreko erantzuna zehazten du.
3. **Efektoreak** kontrolguneetik iristen den ekintza edo aldaketa egiteko agindua betetzen du.

Erantzun horren emaitzak eragina izaten du hasierako estimuluan, eta, atzeraelikadura bidez, geldiarazi egiten du erantzuna –atzeraelikadura negatiboa–, edo areagotu – atzeraelikadura positiboa–.

Beheko irudiko adibidean ikusten da gorputzeko temperatura altua denean ( $36,5-37^{\circ}\text{C}$ -tik gorakoa), errezeptoreek informazioa bidaltzen dutela hipotalamora nerbio sentorialaren bidez (1.a). Hipotalamoak, informazio hori azertu, eta, nerbio sinpatikoaren bidez, odol hodiak dilatatzeko eta izerdia areagotzeko aginduak igortzen ditu (2.a). Odol hodiak dilatatuz eta izerditzearen bidez, beroa askatzen da (3.a.), eta, horren ondorioz, temperatura jaitsi (4.a.). Temperatura  $36,5^{\circ}\text{C}$  ingurura iristen denean, hipotalamoak jasotzen du informazio hori, eta odol-hodien dilatazioa eta izerditzea areagotzeko aginduak bidaltzeari uzten dio –atzeraelikadura negatiboko mekanismoa–. Gorputzeko temperatura balio normaletik behera jaisten bada, mekanismo homeostasikoak pauso berberak egiten ditu, baina, kasu honetan, hipotalamoak beroa sortuko duten muskuluen uzkurdura labur eta jarraituak –dardarak– eragiten ditu, eta, bero gutxiago galtzeko, odol-hodiak uzkurtzea agintzen du (3.b.) harik eta temperatura egokia berreskuratu arte (4.b.).



### 3. irudia. Temperatura erregulatzeko mekanismoa

**Atzeraelikadura negatiboko kontrol-mekanismoek** etxeko berogailuen termostatoen antzera egiten dute lan. Temperatura-maila jakin batetik behera, martxan jartzen da berogailua, eta horrek tenperatura igoarazten du, baina, muga batera iritsitakoan, amatatu egiten du berogailua. Modu berean, odoleko glukosa-kontzentrazioaren “termostatoak”, glukosa-maila baxua denean, glukogenoa hidrolizatzea eragiten du, eta, glukosa-maila egokia denean, horrexek eragiten du glukogeno gehiago ez hidrolizatzea. Halakoak izaten dira kontrol-mekanismo homeostasiko gehienak.

**Atzeraelikadura positiboko kontrol-mekanismoek**, erantzuna areagotu, eta kontrolatu beharreko aldagaia hasierako balioetatik “gehiegi” aldentzen dute. Horregatik, oso mekanismo homeostatiko gutxi funtzionatzen dute horrela, eta ezohiko gertaerak kontrolatzeko erabiltzen dira. Adibidez, haurdunaldia amaitu eta erditzeko, atzeraelikadura positibo bidez erregulatu da oxitozina hormonaren jariaketa.

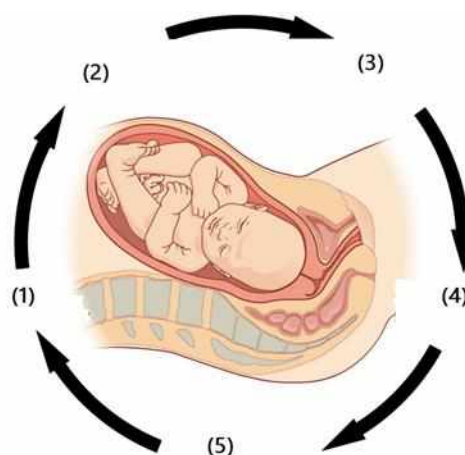
(1) Umearen buruak presioa egiten du uteroaren lepoan.

(2) Estimulu horren aurrean, uteroaren lepotik nerbio-bulkadak igortzen dira burmuinera.

(3) Burmuinak guruin pituitarioa estimulatu du oxitozina jariatzen has dadin.

(4) Uterora iristen da oxitozina odolaren bidez.

(5) Oxitozinak, uteroko uzkurdurak eragin, eta uteroko leporantz egiten dio bultzatza umeari. Horrek oxitozina gehiago jariatzea eragiten du, harik eta umea kanporatu eta bultzadaren estimulua desagertzen den arte.



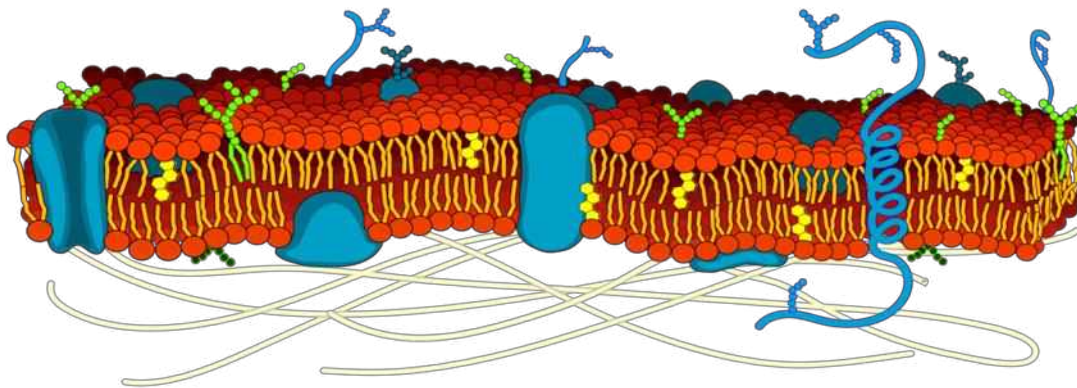
### 4. irudia. Oxitozina hormonaren jariaketaren erregulazioa

## 2.3. ZELULAREN FISILOGIA: MINTZ PLASMATIKOA ZEHARKATZEKO GARRAIO-MOTAK

Zelulak, bizirik irauteko, materia- eta energia-erlaketak eta -trukeak egiten ditu etengabe. Izaki zelulaniztunetan, zelula guztiak **likido interstizialaz** daude inguratuta, eta likido horren bitartez egiten dira odolaren eta zelularen arteko truke guztiak. Zelularen homeostasirako, funtsezkoa da truke horiek modu egokian gertatzea. Hori dela eta, atal honetan azalduko dugu mintz plasmaticoa zeharkatzeko garraioa nola

gertatzen den; izan ere, mintz plasmatikoa muga edo hesi erdiiragazkorra da, zelularen barne-ingurunea –zitosola edo hialoplasma– mugatu eta kanpo-ingurunetik –likido interstizialetik– bereizten duena.

**Mintz plasmatikoa iragazkortasun hautakorra** du; hau da, modu sinplean esanda, beharren arabera, sartzen edo irteten utziko die substantzia jakin batzuei, eta beste batzuei, aldiz, inondik inora ere ez. Mintz plasmatikoa egitura eta konposizioa dela eta, substantzia<sup>1</sup> guztiek ezin dute modu berean zeharkatu mintz hori. Garraiatu behar den substantziaren tamainak, konposizioak, izaera kimikoak eta kontzentrazioak baldintzatu egingo dute nola garraiatu behar den substantzia bera. Kontuan izan behar dugu mintz plasmatikoa oinarritzko egitura fosfolipidoz osatutako geruza bikoitza dela: geruza horren kanpoko aldea hidrofiloa da, eta barrukoa, aldiz, hidrofoboa. Hori dela eta, substantzia polar zein apolarrek oztopoak izango dituzte geruza bikoitza zeharkatzeko, are gehiago molekula handiak badira edo karga ionikoa badute (ioiak).



5. **irudia.** Mintz plasmatikoa egitura; oinarritzko egitura fosfolipidoen geruza bikoitza da, eta bertan txertatzen dira kolesterola eta proteinak. Kanpoko aldean, proteina edo lipidoi loturik, oligosakaridoak daude, eta, barruko aldean, zitoeskeletoko harizpiak.

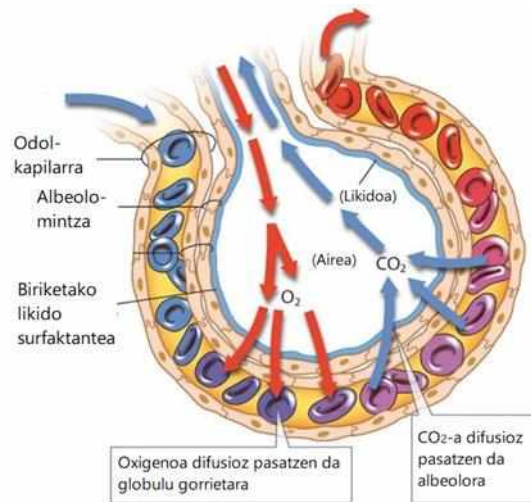
Ondoren, adibideen bidez, mintz plasmatikoa zeharkatzeko **garraio-mota nagusiak** azalduko ditugu.<sup>2</sup>

- **Difusio-bakuna.** Arnas aparatuan, gas-trukea gertatzen da, hain zuzen oxigeno-molekulak birika-albeoloetatik –oxigeno kontzentrazio handia– odol-hodietara –oxigeno kontzentrazio txikiagoa– difusioz pasatzen direlako: O<sub>2</sub> molekulek gradientearen alde zeharkatzen dituzte albeoloetako zelula epitelialen mintzak eta odol-kapilarren zelulen mintzak. Oxigeno molekula, alkohol etilikoaren eta karbono dioxidoaren antzera, txikia da, eta apolarra; horregatik zeharkatu dezake mintza difusio bakunaz.

---

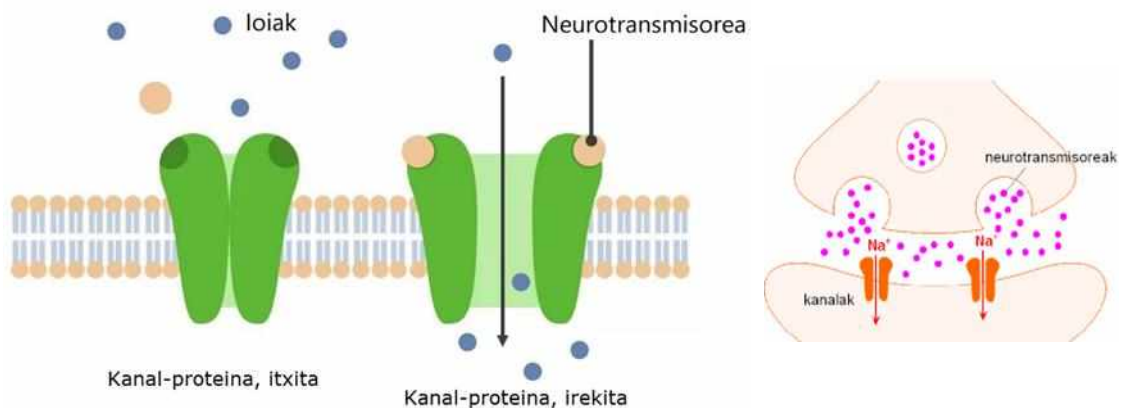
<sup>1</sup> Substantzia terminoa esanahirik zabalenean erabiliko dugu: molekula, ioiak, birusak...

<sup>2</sup> Garraio-mota bakoitzaren azalpenak Biologiako ikasgaiaren aztertzen dira.



**6. irudia.** Oxigenoaren eta karbono dioxidoaren difusioa albeoloan

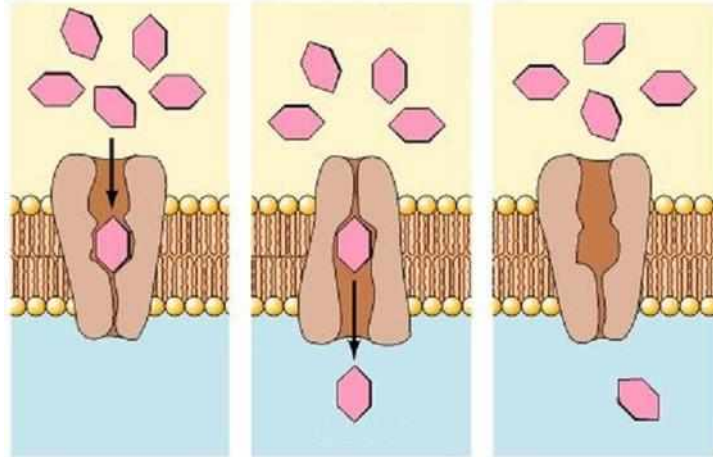
- **Difusio erraztua.** Molekulek gradientearen alde zeharkatzen dute mintza, baina betiere mintz plasmatikoa txertatuta dauden proteinen laguntzaz. Proteina-motaren arabera bereizten dira:
  - **Kanal-proteinen bidezko difusio erraztua.** Adibidez, nerbio-bulkadaren transmisiorako, sodio ioiak kanal-proteina espezifikoaren bidez sartzen dira neurona postsinaptikoan. Kanal-proteina horiek itxita egoten dira, eta, kasu horretan, kanalak irekitzeko estimulua edo seinalea neurotransmisorea da.



**7. irudia.** Neurona postsinaptikoaren Na<sup>+</sup> kanalak neurotransmisoreak eraginda irekitzen dira, eta, horri esker, bere bidean jarrai dezake nerbio-bulkadak.

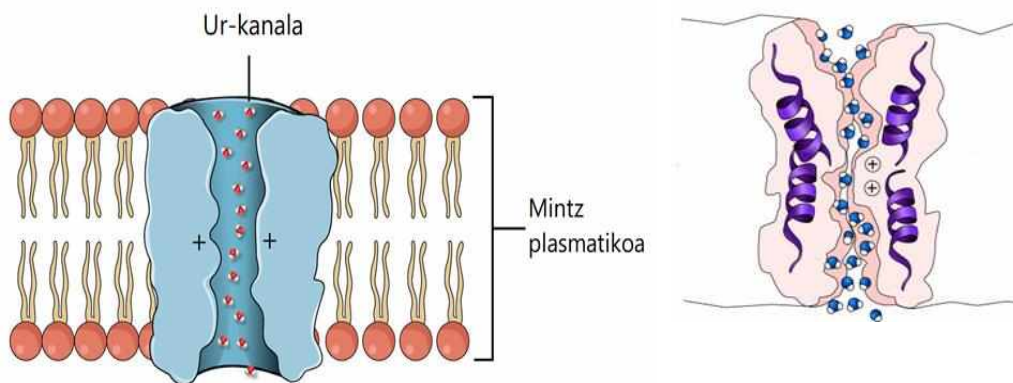
- **Proteina garraiatzaileen bidezko difusio erraztua.** Adibidez, glukosak, gradientearen alde, proteina garraiatzaile espezifikoari esker zeharkatzen du mintz plasmatikoa. Proteina horiek, glukosarekin bat egitean, aldatu egiten dute konformazioa, eta zitoplasmara sartzen dute glukosa

molekula. Behin glukosa askatuta, berreskuratu egiten dute hasierako konformazioa.



8. irudia. Glukosak mintza zeharkatzen du bertan txertatutako proteina garraiatzaile espezifikoaren bidez

- **Osmosia.** Ura, kontzentrazio-gradienteen arabera, etengabe ari da mintz plasmatikoa zeharkatzen. Molekula polarra denez, poro edo kanal berezien bidez –akuaporinak– zeharkatzen du mintza. Hala ere, zeharka dezake mintza zuzenean ere.

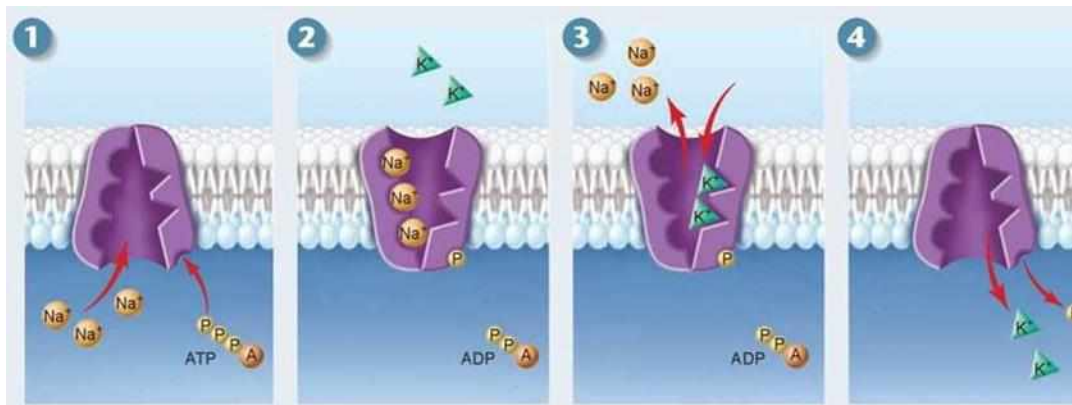


9. irudia. a) Ur-kanalak mintzean txertatuta daude.

b) Ur-kanalaren xehetasuna

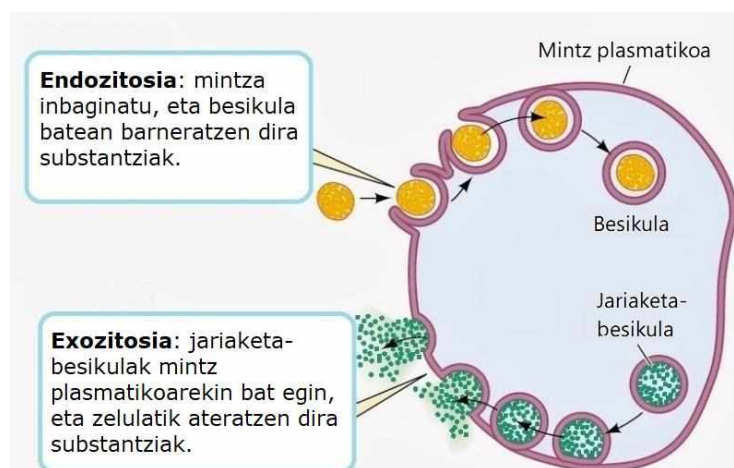
- **Garraio aktiboa.** Garraio aktiboa gradienteen kontra egiten da, eta energia behar da horretarako: energia hori ATPak ematen du. Adibidez, neuronen mintzetan, sodio-potasio ponpak mintzaren kanpoko aldera ateratzen ditu  $\text{Na}^+$  ioiak, eta, ostera, sartu  $\text{K}^+$  ioiak. Irudian ikus dezakegu ponpaketa bakoitzean 3  $\text{Na}^+$  atera eta 2  $\text{K}^+$  sartzen direla. Horren ondorioz, mintzaren kanpoko aldean karga positibo gehiago metatzen dira, eta, horri esker sortzen da nerbio-bulkadaren transmisiorako beharrezkoa den potentzial-diferentzia.





10. irudia. Sodio-potasio ponparen funtzionamendua

- Besikulen bidezko garraioa: **endozitosia eta exozitosia**.

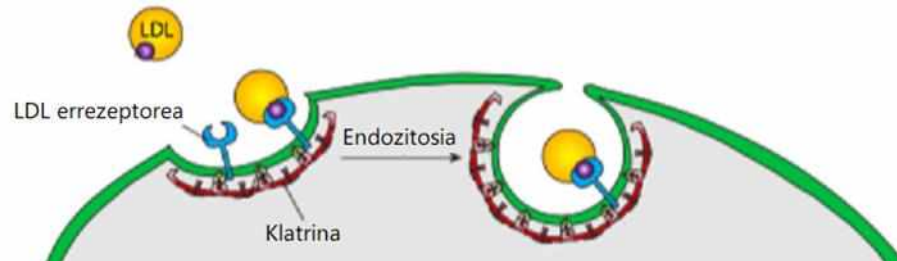


11. irudia. Endozitosi- eta exozitosi-prozesuak

- **Exozitosi** bidez, zelulek kanporatu egiten dituzte substantziak. Substantziak besikulatan (mintzeko zakutxoak) daude bildurik, eta, besikulek mintz plasmatikoarekin bat egitean, barruan dauden substantzia horiek askatzen dira. Adibidez: guriin endokrinoen zelulek modu horretan jariatzen dituzte hormonak likido interstizialera; arnas bideetako eta digestio-aparatuko epitelioko zelula batzuek exozitosiz jariatzen dute mukia, dagokion barrunbera; axoien bukaeretan, neurotransmisoreak besikulen barruan daude, eta, nerbio-bulkada iristean, besikulek mintzarekin bat egiten dute, eta espazio sinaptikora askatzen dira neurotransmisoreak<sup>3</sup>.
- **Endozitosi** bidez, barneratu egiten dira substantziak zelulan, baita kaltetutako zelulak eta mikroorganismoak ere. Endozitosi gertatzeko, mintz

<sup>3</sup> Begiratu 7. irudian.

plasmaticoak inguratu egiten du barneratu behar duen elementua, eta besikula baten barruan sartzen du. Esaterako, zenbait hormona –basopresina eta oxitozina, kasurako– zelularen errezeptore espezifikoekin elkartzen dira, eta endozitosi bidez sartzen dira hormona horiek zelulara. Halaber, zelula batek kolesterola behar duenean, kolesterola garraiatzen duten partikula lipoproteikoak (adibidez, LDL partikulak) endozitosiz sartzen dira zelulan. Horretarako, aurretik, kolesterola behar duen zelulak, LDL-rako errezeptore espezifikoak sintetizatu, eta mintzera eramaten ditu bertan txertatzeko.



**12. irudia.** LDL partikula lipoproteikoaren endozitosia

# 3. LOKOMOZIO-APARATUAREN FISILOGIA

## 3.1. SARRERA

Animalien ezaugarria da estimuluen aurrean mugimenduaren bitartez erantzutea, azkar erantzun ere. Ornodunen kasuan, hezur-sistemaren eta muskulu-sistemaren arteko konbinazio anatomikoari eta funtzionalari esker gertatzen da mugimendua. Hezurak mugimenduaren elementu pasiboak dira, eta muskuluak, ordea, elementu aktiboak. Muskuluak eta hezurak artikulazio, lotailu eta tendoiaren bidez lotzen dira. Gai honetan, elementu horien guztien fisiologia aztertuko dugu; hau da, zer funtzio betetzen duten eta nola funtzionatzen duten.

Mugimenduaren helburua bizirik irautea bada ere –elikagaiak lortu, tenperatura baxuetatik babestu, arriskuetatik ihes egin, taldekideekin komunikatu, ugaltu eta abar–, gizakiok adierazpen artistikoetarako eta jarduera ludikoetarako ere erabiltzen dugu. Paradoxikoa da: makinak erabiltzen hasi ginenetik hona, muskuluak gero eta gutxiago erabiltzen ditugu lanerako, eta, era berean, gero eta gehiago bultzatzen da muskuluen erabilera kirolerako, dantzarako eta antzeko jardueretarako. Joera horrekin loturik, lokomozio-aparatuaren gaineko ardura eta jakin-mina garatu da.

## 3.2. HEZUR-SISTEMAREN FISILOGIA

Hasteko, gogoratuko dugu **hezurrek hainbat funtzio** betetzen dituztela:

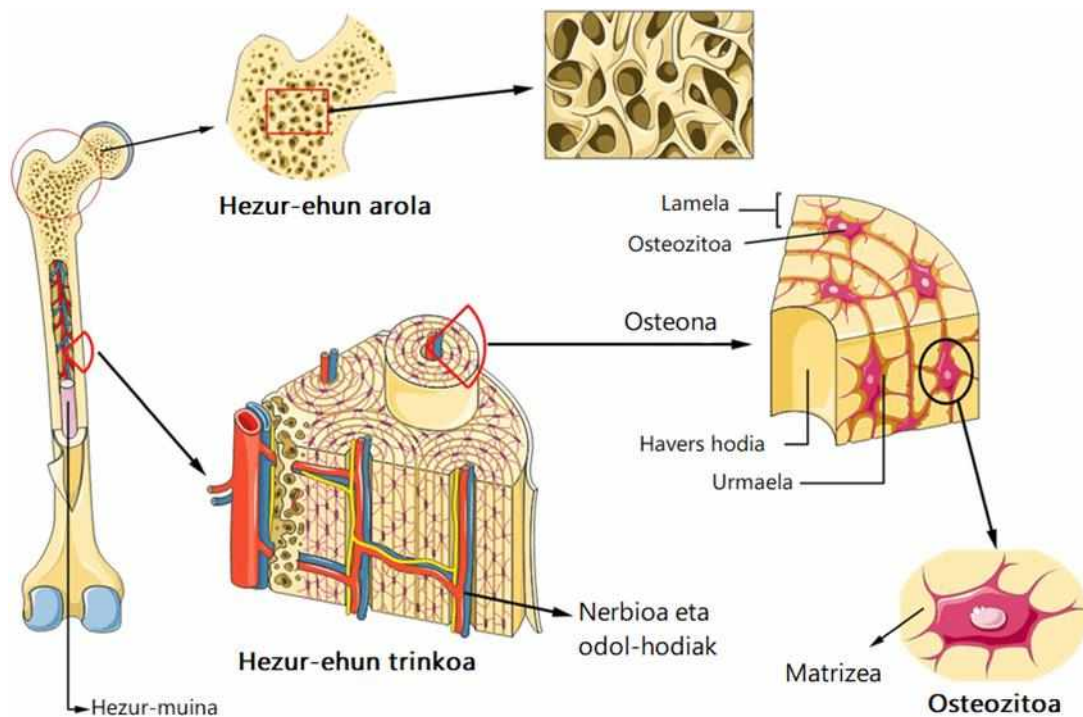
1. Eskeletoak forma ematen dio gorputzari, eta tente eusten dio.
2. Hezur batzuek hainbat organo eta gorputz-atal babesten dituzte.
3. Mugimendua gertatzeko, muskuluen ainguralekuak dira, esfortzu handiak jasateko gai diren egitura apartak baitira.
4. Kaltzio eta fosfato gatz mineralen biltegiak dira, odolean ioi horien kontzentrazioak erregulatzeko ezinbestekoak direnak. Organismorako gantz-biltegiak ere badira, hezur-muin horian gantza pilatzen da eta.
5. Hezur-muinean odol-zelulak sortzen dira (hematopoiesia).

Hezurren fisiologia azaldu baino lehen, gogora ekarriko dugu nolakoak diren hezurak:

- Formaren arabera, honela sailkatzen dira: luzeak, laburrak, zapalak eta irregularrak.
- Hezur luzeen muturrei –zabalagoak dira– epifisi deritzegu, eta erdiko aldeari, ordea, diafisia. Bien arteko loturari metafisia deritzo; hazkunde garaian, bertatik luzatzen dira hezurak.



- Hezur-ehuna ehun konektibo espezializatua da, eta zelulen arteko matrizea solidoa izatea du ezaugarri nabarmenena. Matrizearen osagai ez-organikoek –gatz mineralak: hezurren % 65– gogortasuna eta zurruntasuna ematen diote hezurari, eta osagai organikoek –gehienbat, kolageno-zuntzak: hezurren % 30–, erresistentzia.
- Hezur-ehunak bi motatakoak dira: hezur-ehun arola (harroa) eta hezur-ehun trinkoa.



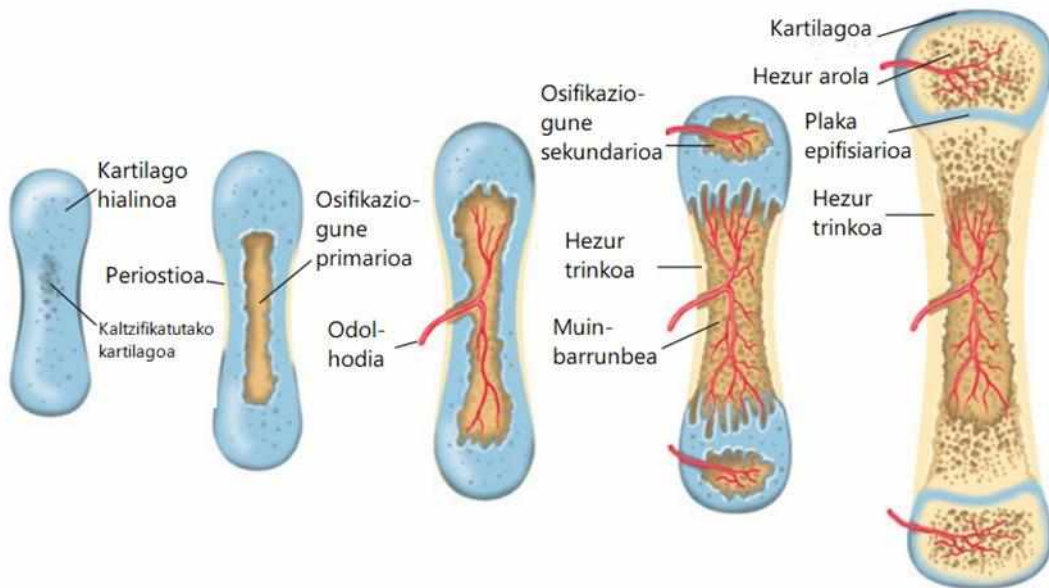
1. irudia. Hezur-ehun arola eta hezur-ehun trinkoa

### 3.2.1. Hezurren eraketa eta hazkundera

Enbrioiaren eskeletoa kartilagozkoa da, eta 6. astetik aurrera hasten da osifikazio-prozesua, hau da, hezur bilakatzeko prozesua. **Osifikazioa** ehun konektibotik (mintzeko osifikazioa) edo kartilagotik (osifikazio kondrala) abia daiteke. Hezur gehienetan, **osifikazio kondrala** gertatzen da, eta horixe berori azalduko dugu. Prozesua, hezur luzeetan, erdigunetik hasten da: kondroklasto izeneko zelulek, han-hemenka, kartilagoa deuseztatzen dute, eta **osteoblastoek**<sup>4</sup> hezur-ehunez betetzen dituzte hutsuneak, hau da, kolageno-zuntzez eta gatz mineralak. Mineralizatutako eremuetan harrapatuta geratzen diren osteoblastoak **osteozito** –izar-itxura duten hezur-zelulak– bihurtzen dira. Osifikazio-gune primario hori erditik alboetara eta muturretara zabaltzen da, eta, zabaltzen doan heinean, odol-hodiak garatzen dira. Jarraian, osifikazio-gune sekundarioak agertzen dira epifisietan; baina, epifisiaren eta diafisiaren artean,

<sup>4</sup> Begiratu 3. irudian.

kartilagozko zerrendak edo plakak –plaka epifisiarioak– mineralizatu gabe geratzen dira harik eta nerabezaroa amaitzen den arte (emakumeetan, 17 urtera arte, eta gizonetan, 19 urtera arte). Horrela, bermatu egiten da hezurren luzetarako hazkundera.



## 2. irudia. Hezur-ehunaren eraketa: osifikazio kondrala

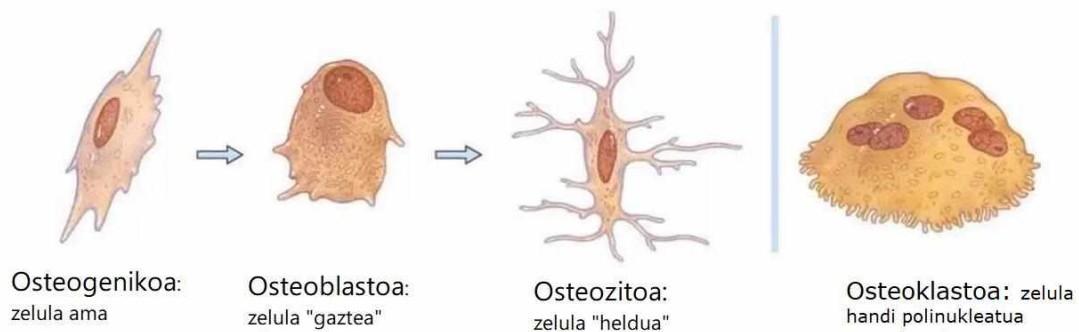
Luzetara hastearekin batera, lodieran ere hazten dira hezurrak. Hezur luzeen diafisietan, prozesua periostiotik barnealderantz geruza berriak gehituz gertatzen da. Lan hori osteoblastoek egiten dute. Aldi berean, barneko aldetik **osteoklasto**<sup>5</sup> izeneko zelulek, hezurra deuseztatu, eta gantz-ehunez ordezkatzen dute, eta, horrela, hezur-muinaren kanala eta hezur-muin horia sortzen dira. Horri esker ez dute pisu larregi hartzen hazten ari diren hezurrek.

### 3.2.2. Hezurren birmoldaketa

Hezurrak egitura biziak eta dinamikoak dira; izan ere, bizitzako etapa guztietan ari dira berritzen eta aldatzen, eta ez bakarrik hazkunde-garaian.

Aipatu bezala, hezuraren osteogenesisia (hazkundera) **osteoblasto** izeneko zelulek egiten dute; hain zuzen ere, hezuraren matrizea eratzea da haien funtzioa. Bestetik, hezuraren deuseztatzea **osteoklastoek** egiten dute. Hazkunde-garaia pasatuta, gutxi gorabehera eskeletoaren % 10 berritzen da urtean. Birmoldatzen dela esaten dugu hezur-ehuna behin eta berriro ari delako sortzen eta deuseztatzen.

<sup>5</sup> Begiratu 3. irudian



### 3. irudia. Hezur-ehunaren zelula-motak

Hezurren birmoldaketa-prozesuan, faktore bik dute eragina:

#### 1. Odoleko kaltzio-kontzentrazioa

Odoleko kaltzio-maila jaisten bada, guri paratiroideek PTH hormona jariatzen dute. Hormona horrek osteoklastoak aktibatzen ditu; osteoklastoek hezurren matrizea deuseztatzen dute, eta odolera askatzen da kaltzioa. Baina, odolean kaltzio gehiegi badago, osteoblastoek hezur-matrizea eratzen dute, eta bertan pilatzen da kaltzioa.

#### 2. Grabitatea eta muskuluen bultzadak

Grabitatearen indarrak eta muskuluek eragiten dituzten tentsioek osteogenesisia estimulatzen dute. Horregatik, ariketa fisikoa egiten badugu, sendotu egiten dira hezurak eta dentsitatea bihurtzen da matrizea. Kontrara, luzaroan egon behar badugu ohean etzanda, hezurak meheagoak eta arinagoak bihurtzen dira.

Hezurren hazkundera eta birmoldaketa **hormonek erregulatzen dute**: hazkunderaren hormona (GH) eta sexu-hormonak dira horren erantzule nagusiak. Nerabezara arte, gizon eta emakumeen hezurrek dentsitate mineral berdintsuak dituzte, baina, sexu-hormonek eraginda, helduaroan gizonek hezur-dentsitate handiagoa izaten dute emakumeek baino. Menopausiarekin, estrogeno gutxiago sortzen dira, eta jaitsi egiten da hezurren dentsitate minerala. Dena dela, orokorrean, adinarekin hezurak arinagoak bihurtzen dira, birmoldaketa-prozesua ez da hain eraginkorra izaten eta. Horregatik, adinean aurrera egiten dugun heinean, handiagoa da hezur-hausturak izateko probabilitatea; eboluzioak ez zuen aurreikusi hainbeste urte biziko ginenik.

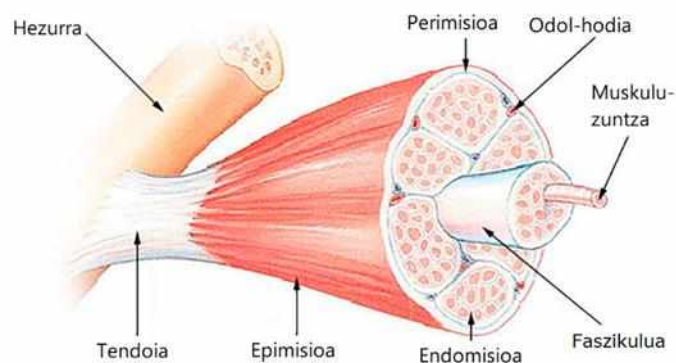
## 3.3. MUSKULU-SISTEMAREN FISILOGIA

Hiru muskulu-mota daude: leuna, ildaskatua eta kardiakoa; baina, lokomozio-aparatuan, **muskulu ildaskatuak** baino ez du parte hartzen. Muskulu horien funtzio nagusia **mugimendua eragitea** bada ere, beste funtzio hauek ere betetzen ditu:

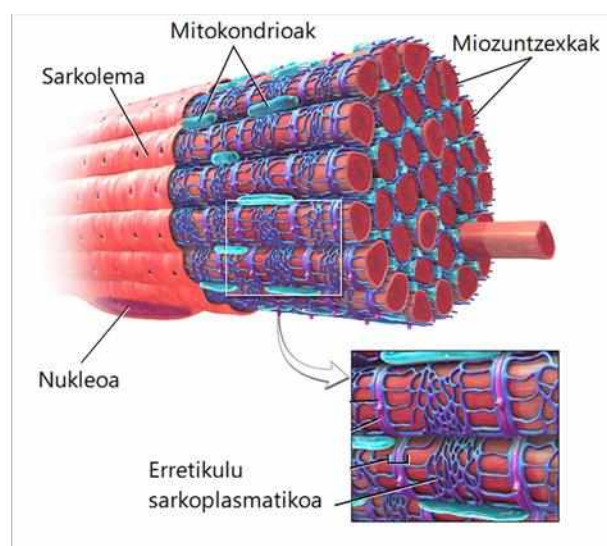
- Gorputzaren **jarrerari eustea**. Konturatzen ez bagara ere, muskulu eskeletikoek etengabeko lana egiten dute aldaketa txikien bidez grabitatearen kontra gorputzari eutsi eta nahi dugun jarreran egoteko.
- **Artikulazioei eustea eta egonkortzea** hezurren arteko loturak bermatuz. Muskuluak lotailuen bidez lotzen dira hezurretara: zuntz-egiturak dira horiek.
- **Beroa sortzea**. Muskulu-ehunaren uzkurdurak energia behar du, eta energia hori ATPak ematen dio. ATParen energiaren hiru laurden inguru bero-moduan askatzen da, eta bero hori ezinbestekoa da gorputzeko temperatura konstante mantentzeko. Hotz bagara, mugitzea da berogailurik hoberena.

### 3.3.1. Muskulu-ehuna eta muskuluen egitura

Muskuluaren fisiologia azaltzeko, irudi hauen laguntzaz gogoratuko dugu nolakoa den muskulu ildaskatuaren egitura.

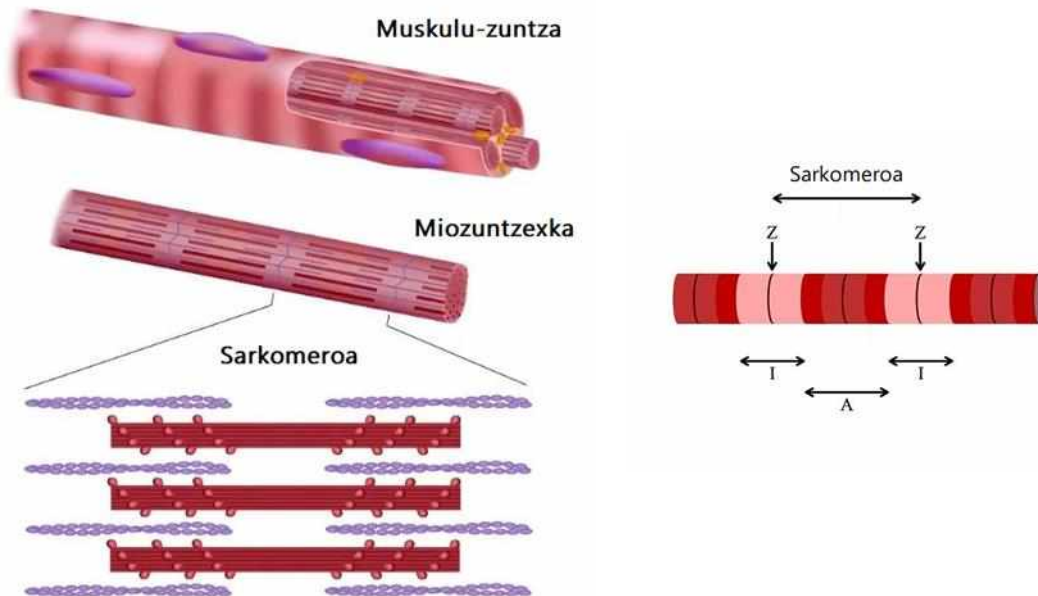


4. *irudia. Muskulu ildaskatuaren egitura*



5. *irudia. Miozito edo muskulu-zuntzaren egitura*

Muskulu-ehun ildaskatuaren zelulek –**miozito edo muskulu-zuntz** izenekoak– ezaugarri hauek dituzte: forma zilindrikoa eta luzatua dute; polinukleatuak dira; mitokondria ugari dituzte; eta  $\text{Ca}^{2+}$  ioiak biltzen dituen erretikulu endoplasmatico berezia –**erretikulu sarkoplasmatico**– dute. Muskulu gehienetan, miozitoek muskulua luzera osoa dute, eta hainbat zelula fusionatuz sortzen dira; horregatik dira zelula horiek polinukleatuak. Muskulu-zuntzen mintzari **sarkolema** deritzo, eta zitoplasmari, **sarkoplasma**. Sarkoplasman **aktina- eta miosina-harizpi** proteikoek **miozuntzexka uzkurgarriak** eratzen dituzte. Miozuntzexkak **sarkomero** izeneko unitateetan daude antolatuta; berez, sarkomeroa da muskulu-zuntzaren unitate funtzionala.



6. irudia. a) Muskulu-zuntzaren egitura

b) Sarkomeroaren banda ilunak eta argiak

**Sarkomeroak** bata bestearen atzean daude, eta elkarrengandik Z lerroak edo diskoak banatzen ditu. Z diskotik, aktina-harizpi meheak ateratzen dira, eta, erdiko aldean, miosina-harizpiak tartekatzen dira. Aktina- eta miosina-harizpiak gainjartzen diren eremua (A banda) iluna da, eta Z diskoa eta aktina-zuntzak dituen eremua, ostera, argia (I banda). Banaketa horrek ematen dio muskulu eskeletikoari zerrenda edo estriazio bereizgarrien irudia.

### 3.3.2. Muskulu-uzkurduraren mekanismoa

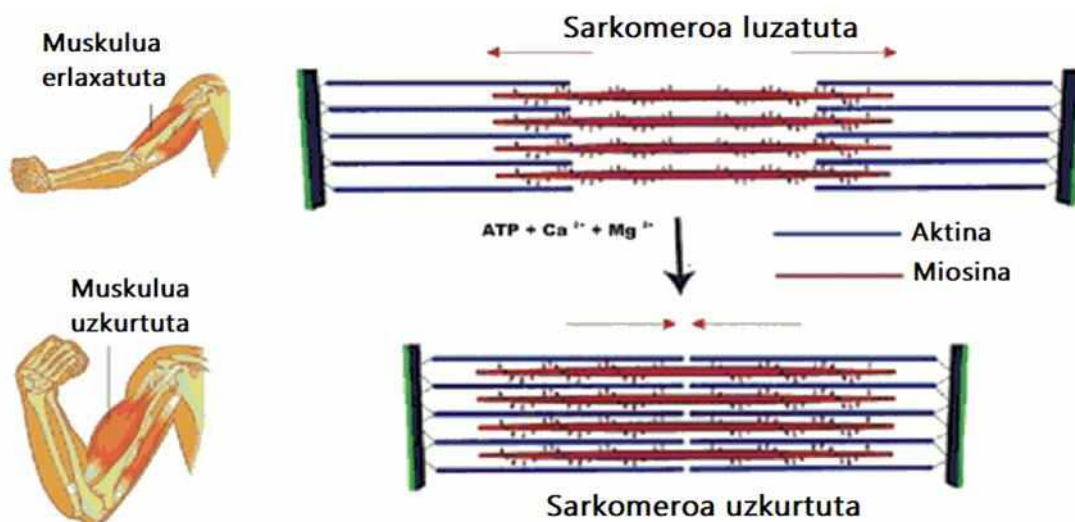
Jarraian, azalduko dugu nola gertatzen den muskuluen uzkurdura:

1. Neurona efektore baten bidez, muskulu-zuntz batera iristen da nerbio-bulkada. Nerbioa eta muskulua elkartzen diren guneari plaka neuromuskularra deritzo, eta, bertan, **sinapsi neuromuskularrak** daude –neurona eta muskulua arteko lotura funtzionalak–.



2. Neurona efektoreak **azetilkolina** neurotransmisorea askatzen du.
3. Azetilkolina molekula muskulu-zuntzaren hartzaile espezifikoekin elkartzen da, eta, horren ondorioz, sarkolemaren sodio-kanalak irekitzen dira.
4. Kanal horiek irekitzeak muskulu-zuntzaren barnealdera sodio ioiak sartzea dakar. Horren ondorioz, neuronetan gertatzen denaren antzera, zuntz-muskularraren mintza (sarkolema) despolarizatzen da, eta **ekintza-potentziala** sortzen da. Jarraian, eta ezinbestean, ekintza-potentziala sarkoleman zehar transmititzen da, muskulu-zuntzaren luzera osoan barrena.
5. Ekintza-potentzialak erretikulu sarkoplasmatikoan pilatuta dauden **Ca<sup>2+</sup> ioiak ateratzea** eragiten du, eta ioiak miozuntzexketan sartzen dira. Kontuan izan erretikulu sarkoplasmatikoak miozuntzexkak inguratzen dituela sare baten antzera.
6. Miozuntzexketan, Ca<sup>2+</sup> ioiak **aktina- eta miosina-harizpien artean lotura** berriak eratzea eragiten du, eta aktina-harizpiak –harizpi meheak– sarkomeroaren erdigunera irristatzen dira miosina-harizpiak eraginda –harizpi lodiak–. ATPak ematen du lan mekaniko horretarako beharrezkoa den energia. Harizpiak irristatzearen ondorioz, laburtu egiten da sarkomeroa.
7. **Sarkomeroak laburtzearekin batera**, uzkuritu egiten da muskulua. Aipatu beharra dago ekintza-potentzialak iraun bitartean degradatu egiten dela neurotransmisorea, eta, horrela, saihestu egiten da muskulua etengabe uzkurtuta egotea.
8. Azkenik, kaltzio ioiak miozuntzexketatik erretikulu sarkoplasmatikora ponpatzen dira berriro: ondorioz, **luzatu** egiten da **sarkomeroa**, eta erlaxatu muskulua.

Gertaera-sekuentzia horrek guztiak segundo-milaren batzuk irauten du.



7. irudia. Sarkomeroaren eta muskuluen uzkuradura

Azken batean, sarkomeroak laburtzen direlako uzkuertzen da muskulu-zuntza, eta laburtze hori aktina- eta miosina-zuntzak irristatzen direlako gertatzen da. Mugimendu hori gertatzeko, ezinbestekoak dira  $\text{Ca}^{2+}$  ioiak eta ATPa (energia). **ATPa** mitokondrietan lortzen da, **arnasketa zelularraren bidez** glukosa oxidatuta. Horregatik dituzte muskulu-zelulek mitokondria ugari. Horietaz gain, uzkuertura gertatzeko, beharrezkoa da ingurunean  $\text{Mg}^+$  ioiak egotea ere.

Aipatu bezala, muskulu-zelulek ATPa lortzeko erabiltzen duten bide metaboliko nagusia arnasketa aerobioa da, baina bide horrek bi premia ase behar ditu: oxigenoa edukitzea eta denbora nahikoa izatea hainbeste erreakzio metaboliko gerta daitezen. Horregatik, muskuluen jarduera handia denean, muskulu-zelulek **hartzidura laktikoaren bide metabolikoa** erabiltzen dute ATPa lortzeko. Bide hori ez da hain eraginkorra –arnasketa aerobikoan baino ATP gutxiago lortzen dira glukosa molekula batetik abiatuta–, baina ez du behar oxigenorik, eta azkarrago gertatzen da. Bestetik, azido laktikoa sortzen da prozesuan, eta, teoria baten arabera, azido laktiko horren pilaketak eragiten ditu agujetak.

Muskuluen lana oso handia denean, odolak ezin dio muskuluari behar duen beste oxigeno eta glukosa hornitu, eta, orduan, nerbio-sistemak nekearen sentsazioa bidaltzen du. Gelditu ezean, muskuluek gero eta geldoago egiten dute lan. Egoera honi **neke muskularra** deritzen, eta, muturreko egoeretan, kolapsoa gerta daiteke: hau da, nahiz eta estimuluak bidali, muskuluak ez dira uzkuertzen.

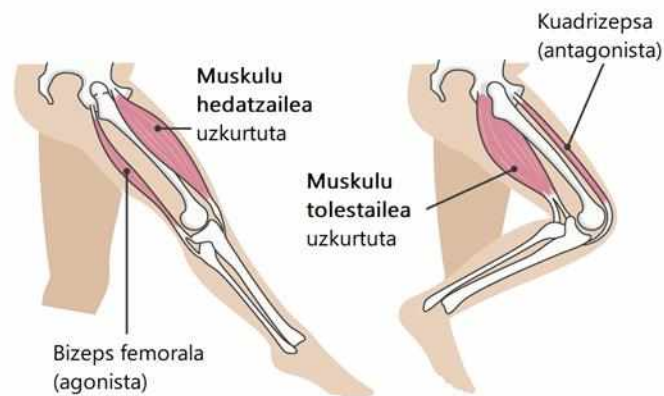
Muskulu-uzkuerturaren mekanismoak “dena ala ezer ez” legeari jarraitzen dio, baina muskuluak, bere osotasunean, **intentsitate eta iraupen desberdineko lana** egin dezake –erantzun graduatua–. Muskulu batek indar handiagoa eragitea bi modutan lor daiteke: aldi berean muskulu-zuntz gehiago kitzikatuz edo/eta muskulu-estimulazioaren maiztasuna handituz.

Nahiz eta muskulua osotasunean erlaxatuta egon, muskulu horren hainbat muskulu-zuntz –muskulan zehar daude sakabanatuta– uzkuertu egiten dira, modu inkontzientean, **tonu muskularra** mantentzeko. Horrela, uzkuertzen diren zuntzek bizkarrezur-muinak bidaltzen dituen estimuluei erantzuten diote. Tonu muskularrari esker, muskuluak tentsio minimoa mantentzen du, eta etengabe dago ekintzarako prest.

### 3.3.3. Muskuluen sailkapena

- **Formaren arabera**, honela sailkatzen dira muskuluak:
  - **Fusifformeak**. Zabalak dira erdialdean, eta estutzen doaz muturretarantz. Muturretan, tendoiak hasten dira, eta, tendoi-kopuruaren arabera, muskuluek biceps, trizeps edo koadrizeps izena hartzen dute.
  - **Lauak eta zabalak**. Luzeak bezain zabalak dira: adibidez, muskulu frontala.

- **Laburrak.** Adibidez, ornoen arteko muskuluak.
- **Orbikularrak.** Forma erdizirkularra dute, eta, halako bi elkartzean, elipse-formako irekigune bat mugatzen dute: adibidez, ezpainetako eta betazaletako orbikularrak.
- **Esfinterrak.** Eratzun-formakoak dira, hala nola uzki-esfinterra, uretrako esfinterrak, kardia eta piloroa.
- Eragiten duten **mugimendu-motaren arabera**, honela sailkatzen dira:
  - **Tolestaileak.** Enborraren edo gorputz-adarren flexioak (hurbilketa-mugimenduak) eragiten dituzte.
  - **Hedatzaileak.** Tolestaileen kontrako mugimendua eragiten dute: artikulazioaren angelua handitu, eta hezurak urundu.
  - **Abduktoreak.** Gorputz-adarrak erdiko ardatzetik aldentzen dituzte.
  - **Aduktoreak.** Gorputz-adarrak erdiko ardatzera hurbiltzen dituzte.
  - **Pronatzaileak.** Oinarrizko posizio anatomikotik abiatuta, esku-ahurrak atzera eta barrura jartzen dituzten muskuluak dira.
  - **Supinatzaileak.** Esku-ahurrak gora begira jartzen dituzten muskuluak.



**8. irudia.** Muskulu tolestailea eta hedatzailearen adibidea

Mugimendu-mota bat eragitean parte hartzen duten muskuluak **agonistak** dira, eta kontrako mugimendua eragiten dutenak, aldiz, **antagonistak**. Gehienetan, gimnasioan ez bada, mugimendu konplexuak egiten ditugu, eta, horretarako, hainbat muskuluk hartzen dute parte batera. **Muskulu nagusia** deritzo mugimendua eragiten duen muskuluari, eta mugimendu horretan laguntzen dioten muskuluei –mugimendu hori bera bultzatuz edo nahi ez diren mugimenduak oztopatuz–, **muskulu sinergista**. Adibidez, hatzen muskulu tolestaileak eskumuturretik pasatzen dira, eta, hatzak



bakarrik tolestu nahi baditugu, muskulu sinergikoek eskumuturraren mugimenduak saihesten dituzte. **Egonkortze-muskulu** izenekoek –muskulu sinergiko espezializatuak– zenbait hezurri eusten diote, eta finko mantentzen dituzte, baita muskulu nagusien lotailuak ere.



**9. irudia.** Muskulu nagusiaren eta sinergikoaren adibidea

Muskulu horiek guztiek elkarlanean lortzen dute gure gorputzak mugimendu-sorta amaigabea egiteko aukera izatea.

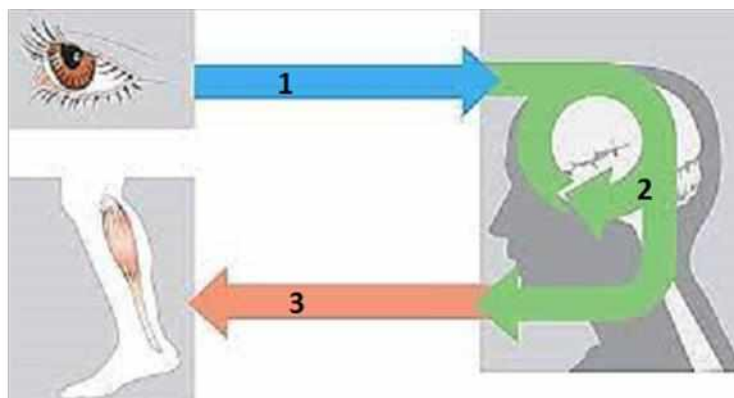
# 4. NERBIO-SISTEMAREN ANATOMIA ETA FISILOGIA

## 4.1. SARRERA

Nerbio-sistemak erlazio- eta koordinazio-funtzioak betetzen ditu sistema endokrinoarekin elkarlanean. Kanpo- zein barne-ingurunean gertatzen diren aldaketak hautematea eta estimulu horien aurrean erantzun egokia ematea da haren eginkizun nagusia. Horretarako, nerbio-sistemak informazio jaso, interpretatu, ebaluatu, erantzuna prestatu, eta dagokion organora –organo efektorera– garraiatzen du erantzuna. Prozesuaren amaieran, dagokion guruina edo muskulua aktibatzen da.

Laburbilduz, nerbio-sistemak egiten du:

1. **Estimuluak** –kanpo- zein barne-inguruneke aldaketak– **hauteman**.
2. **Informazioa integratu**: prozesatu, interpretatu, erabakiak hartu.
3. **Erantzuna eman**, guruin edo muskuluak aktibatuta.



1. *irudia*. Nerbio-sistemaren funtzionamendua

Lan hori guztia abiada bizi-bizian burutzen du, seinale kimiko-elektikoak erabiliz **neurona** izeneko zelula espezializatuak informazioaren garraioa direla. Adibidez, pentsa ezazu testu hau irakurtzen ari zaren bitartean milioika eragiketa egiten ari dela nerbio-sistema; testua bera ulertzeaz gain, begien eta betazalen mugimendua kontrolatzen du, gorputzaren jarrera mantendu, arnasketa-mugimenduak eta bihotz taupadak erregulatu, eta abar eta abar.

Aurreko gaian ikusi dugu harreman estua dagoela nerbio-sistemaren eta sistema endokrinoaren artean; izan ere, bien artean betetzen dute koordinazio- eta erlazio-funtzioa animaliek. Halaber, funtzio hori betetzeagatik, nerbio-sistemak eragin zuzena

du gorputzeko aparatu eta sistema guztietan. Erlazio horien adibideak testu honen gai guztietan azaldu edo azalduko dira.

Sarrera hau amaitzeko, aipatu beharra dago gai honen helburua nerbio-sistemak nola funtzionatzen duen ikastea dela, hau da, nerbio-sistemaren fisiologia ikastea. Baina, horri ekin baino lehen, hurrengo atalean gogoratuko dugu, labur, nolakoa den nerbio-sistemaren anatomia.

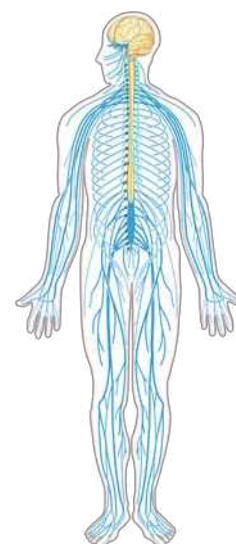
## 4.2. NERBIO-SISTEMAREN ANATOMIA

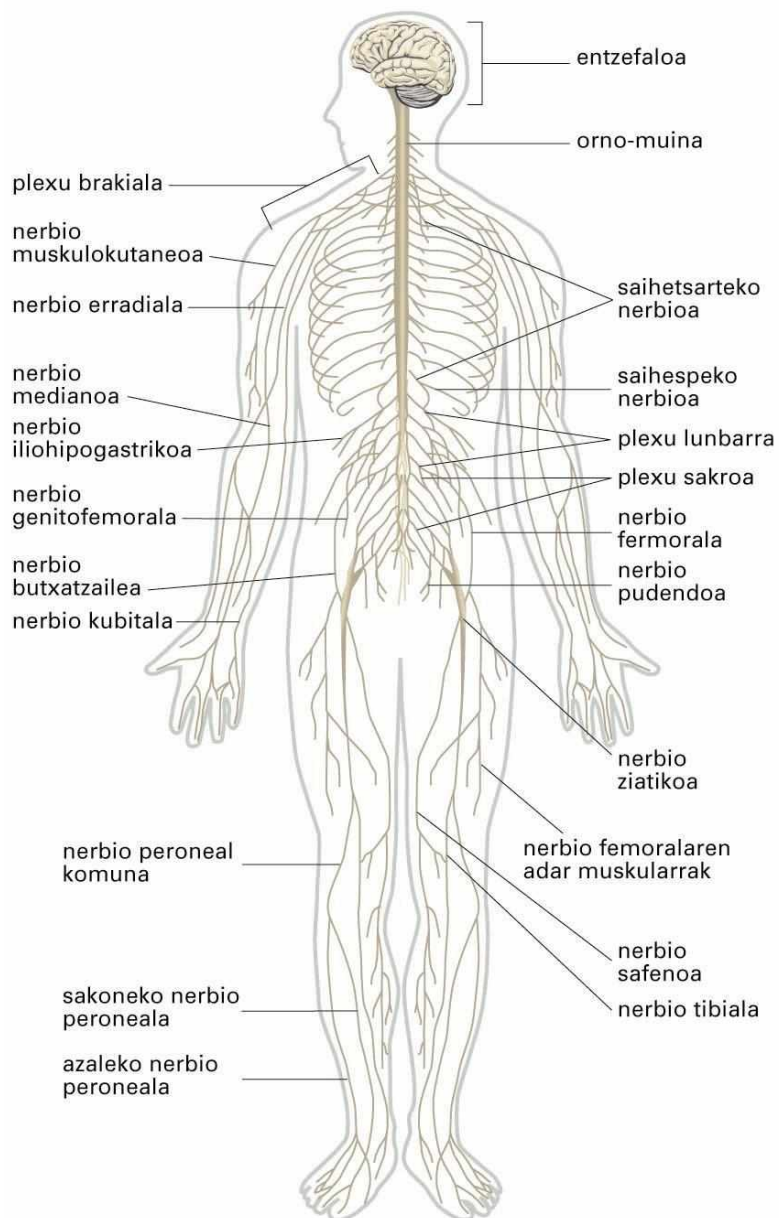
Nerbio-sistema oso konplexua da, eta zaila da oso-osorik aztertzea. Azterketa sinplifikatzeko eta errazteko, bereizita aztertzen dira nerbio-sistemaren osagaiak, egituraren arabera –sailkapen estrukturala– eta funtzioaren arabera –sailkapen funtzionala–. Atal honetan, hasteko, sailkapen horiek gogoratuko ditugu; ondoren, nerbio-sistema babesten duten egiturak deskribatuko ditugu; eta, amaitzeko, nerbio-ehuna eta nerbio-zelulak azalduko ditugu.

### 4.2.1 Nerbio-sistema zentrala (NSZ) eta nerbio-sistema periferikoa (NSP)

Egiturari dagokionez, bereizten dira:

- **Nerbio-sistema zentrala (NSZa).** Entzefaloak eta bizkarrezur-muinak osatzen dute nerbio-sistema zentrala. Organo horiek kanpoko eta barneko informazioa jaso, interpretatu, eta integratu egiten dute. Ondoren, aginduak edo erantzunak ematen dituzte, iraganeko esperientzien eta uneko baldintzen arabera.
- **Nerbio-sistema periferikoa (NSPa).** Nerbioek osatzen dute: nerbio espinalak bizkarrezur-muinetik eta muinerantz garraiatzen dituzte nerbio-bulkadak; nerbio kranialek, aldiz, garunetik eta garunerantz. Nerbioak, beraz, komunikaziorako kableak dira: hartzaille sentitiboetatik NSZera bidaltzen dute informazioa, eta NSZetik, efektoreetara –guruinetara edo muskuluetara–.

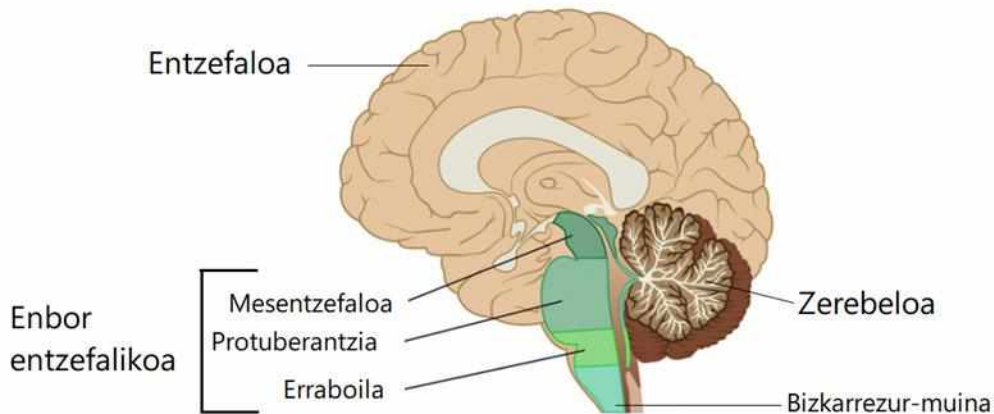




## 2. irudia. Nerbio-sistema zentralaren eta nerbio-sistema periferikoaren atalak

**Entzefaloan** atal hauek bereizten dira:

- Garuna.** Bi hemisferiotan dago banatuta, eta zirkunboluzio izeneko tolesturak ditu. Halaber, garunean bi eremu bereizten dira: kanpoko *–*substantzia grisa duen garun-azala*–*, eta barneko substantzia zuria.
- Zerebeloa**
- Enbor entzefalikoa.** Bertan, goitik behera, mesentzefaloa, protuberantzia eta bizkarrezur-erraboila daude; azken horrek jarraipena du bizkarrezur muinarekin.



3. irudia. Entzefaloaren atalak, eta enbor entzefalikoarenak

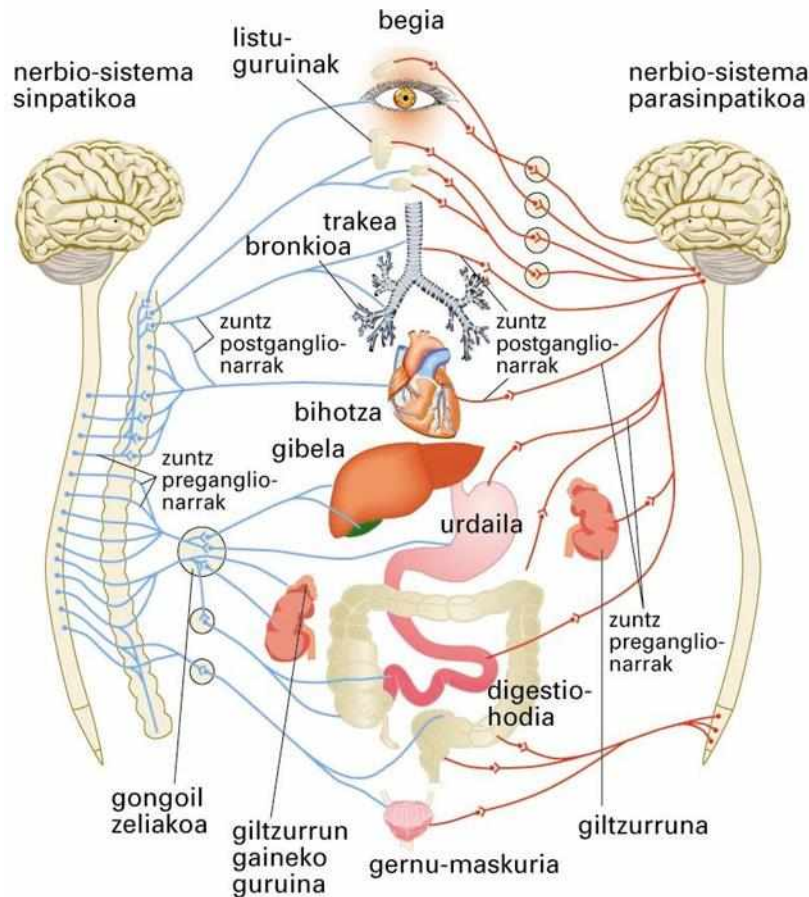
Funtzioari dagokionez, NSPan bereizten dira:

- Nerbio edo **zuntz sentsitiboak** (aferenteak). Estimuluak jasotzen dituzte, eta NSZera garraiatzen dute informazioa.
- Nerbio edo **zuntz eferenteak** (motorrak). NSZetik muskulu edo guruinetara (organo efektoreetara) igortzen dute informazioa.
- Nerbio **mistoak**. Informazioa bi noranzkoetan garraiatzen dituzten zuntzez osatuta daude.

Halaber, zuntz eferenteen multzoan, maila funtzionalean, bereizten dira:

- **Nerbio-sistema somatikoa**. Muskulu eskeletikoen borondatezko mugimenduak kontrolatzen ditu. Dena dela, nerbio-zuntz hauek zenbait ez-borondatezko mugimendu ere eragiten dituzte: adibidez, ziztada baten ondoriozko erretiratzearen mugimendu erreflexua.
- **Nerbio-sistema autonomoa edo ez-borondatezkoa**. Ez-borondatezko ekintzak kontrolatzen ditu, hala nola muskulu leunaren mugimenduak, bihotzaren mugimenduak eta guruinen jariaketa. Aldi berean, nerbio-sistema autonomoan, elkarren aurkako eragina duten bi sistema bereizten dira (batek estimulatuena duena inhibitu egiten du besteak):
  - **Sistema sinpatikoa**. Orokorrean esanda, ekintzarako prestatzen du organismoa. Energia behar duten prozesuak erregulatzen ditu; adibidez, arrisku baten aurrean ihes egiteko martxan jartzen diren prozesuak: bihotz-taupaden maiztasuna handitzea, bronkioak dilatatzeko, urdailaren eta hesteen mugimenduak gutxitzea, giltzurrun gaineko guruinen jariaketa estimulatzea, begi-niniak dilatatzeko, izerditzea areagotzea eta abar.

- **Sistema parasinpatikoa.** Organismoa erlaxatzen du. Energia berreskuratzeko behar diren prozesuak bideratzen ditu.



4. irudia. Nerbio-sistema sinpatikoa eta parasinpatikoa, eta zer organori eragiten dien bakoitzak.

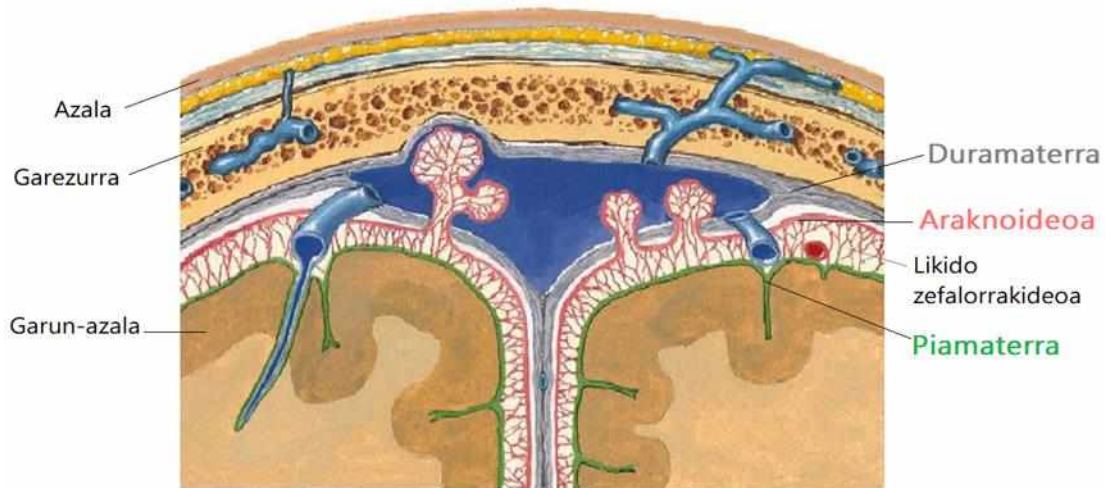
#### 4.2.2. Nerbio-sistemaren babesak

Nerbio-sistemaren ehuna biguna eta delikatua da, eta haren lesioek edo infekzioek ondorio larriak eragin ditzakete. Hori guztia saihesteko, eboluzioak hezur-egiturez inguratu du NSZa (garezurra eta bizkarrezur-muina), mintzez (meningeak) eta likido labainkor batez (likido zefalorrakideoa).

**Garezurra** eta **bizkarrezurra** egitura gogorak dira, eta, ezkutu baten antzera, babes mekaniko bikainak dira kolpe eta infekzioen aurrean (lokomozio-aparatuan ikasiko ditugu).

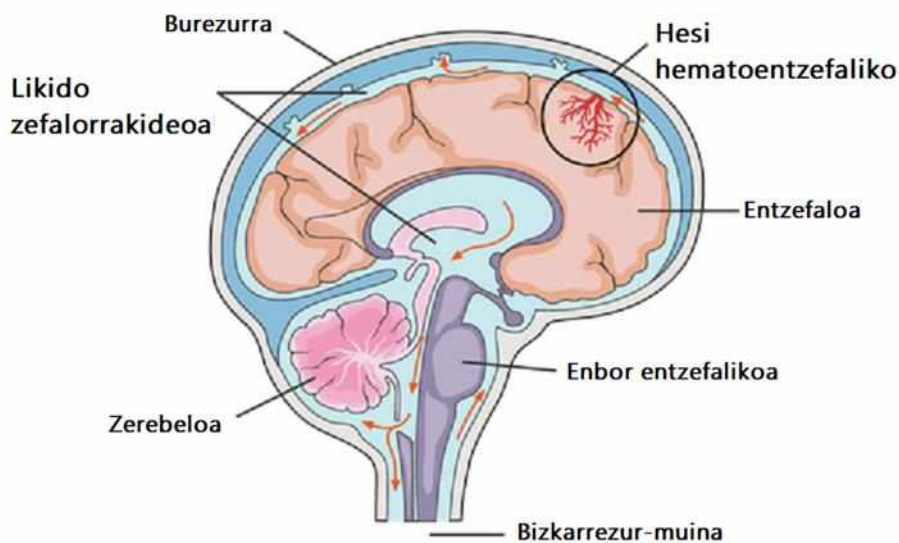
**Meningeak** ehun konektibozko hiru mintz dira, entzefaloa eta bizkarrezur-muina inguratu eta babesten dutenak. Kanpoko mintza, malgua eta erresistenteena, duramaterra da; entzefaloan garezurraren periostioarekin egiten du bat. Erdiko mintzak, araknoide izenekoak, sare-itxura du. Barneko mintza, nerbio-ehunarekin kontaktuan dagoena, piamaterra da, eta, bizkarrezur-muinaren zein entzefaloaren tolesturei jarraituta, estu-estu itsasten zaio nerbio-ehunari.





5. irudia. Meningeak

**Likido zefalorrakideoa** araknoide eta piamater mintzen artean dago. Likido indargetzaile gisa jokatzeko du kolpe eta mugimendu bortitzen aurrean. Gainera, entzefalotik datozen hondakinak ezabatzen eta kanporatzen laguntzen du. Hondakinak garbitzeko lan hori, lo egiten dugunean gertatzen da gehienbat. Likido zefalorrakideoa odol-plasmaren antzeko konposizioa du, baina proteina gutxiago ditu, C bitamina gehiago, eta ioi-kontzentrazio desberdina. Berez, odol-plasmatik eratu, kanpora iragazi, eta odol-plasmara bertara itzultzen da, etengabeko zirkulazioan: bolumen eta presio konstantea dauka. Likido zefalorrakideoen presioaren edo konposizioaren aldaketa esanguratsuak gaitz larrien adierazle izaten dira, hala nola meningitisak, tumoreak edo esklerosia. Horregatik, ohikoa da likido honen laginak eta analisiak erabiltzea diagnosiak egiteko.



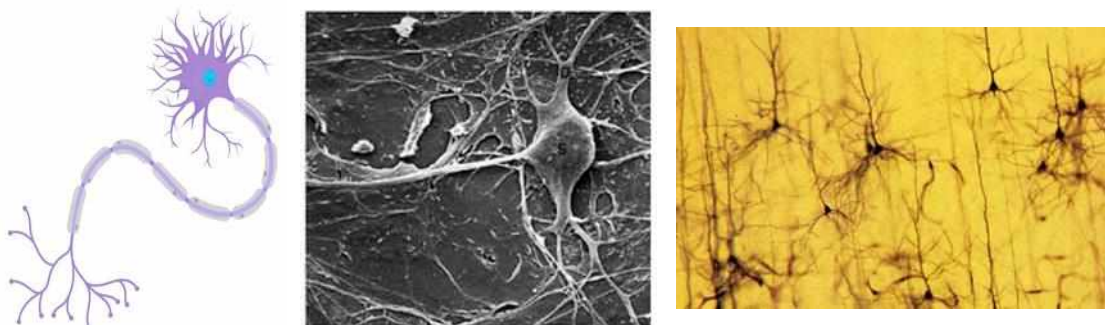
6. irudia. Likido zefalorrakideoa eta hesi hematoentzefaliko

Aipatutako babes-egitura horiez guztiez gain, **hesi hematoentzefalikoak** ere babesten du nerbio-sistema zentrala. Hesia bi osagaik osatzen dute: iragazkortasun txikiko odol-kapilarrak eta haien inguruan estu elkartuta dauden zelula endotelialak eta astrozitoak. Oxigenoarentzat, urarentzat, mantenugaiarentzat eta hormoentzat iragazkorra bada ere, iragazgaitza da substantzia toxikoentzat, mikroorganismoentzat eta zenbait farmakoentzat. Hortaz, hesi hematoentzefalikoak funtzioa da entzefaloa eta bizkarrezur-muina patogenoen aurrean babesteko.

### 4.2.3. Nerbio-sistemako ehunak eta zelulak

Nerbio-ehunean, bi zelula-mota bereizten dira: neuronak eta gliako zelulak (euskarri-zelulak). Neuronek komunikazio-sareak eratzen dituzte, eta horien artean kokatzen dira gliako zelulak. Gliako zelulek, neuronen euskarri izateaz gain, ingurune egokia mantentzen dute neuronentzat: izan ere, isolatu eta babestu egiten dituzte.

**Neuronak** zelulak dira, nerbio-bulkadak garraiatzen espezializatuta daudenak. Guztiek dute gorputz zelularra edo **soma** –bertan dago nukleo handia, eta organuluak ere bai– eta somatik ateratzen den luzapen bat (edo gehiago). Luzapen horiek, **dendrita** izenekoak, adarkatuak eta laburrak dira, eta, nerbio-bulkadak neuronara sarrarazi, eta somara bideratzen dituzte. **Axoiak**, aldiz, hurrengo neuronara edo organo efektore batera bideratzen dituzte somatik abiatzen diren nerbio-bulkadak. Axoiak milimetro gutxi batzuetatik hasi eta metro bat luze baino gehiago izan dezakete. Muturrean, adarkatu egiten dira, eta, adarkaduren amaieran, botoi sinaptikoak daude neurotransmisoreak gordetzen dituzten besikulekin.



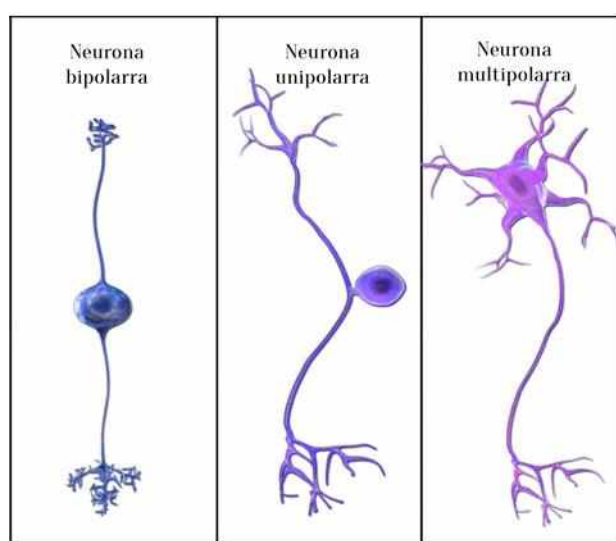
7. irudia. a) Neurona baten irudia b) Neuronen argazkia ekortze-mikroskopioarekin c) Neuronen argazkia Golgi tindatzeko teknikarekin

Neuronak funtzioaren eta egituraren arabera sailkatu daitezke.

- **Sailkapen funtzionala.** Informazioa garraiatzeko norabidea kontuan hartuta, bereizten dira:
  - **Neurona aferenteak** edo sentitiboak. Informazioa NSZera bideratzen dute. Informazioa etengabe ematen dute gorputzaren kanpoko eta barruko ingurunean gertatzen denaz. Beraz, neurona horien dendritak konektatuta daude sentimen-organoetara eta azalean zein gorputzaren barruan ditugun

errezeptoreetara. Neurona sentsitiboen somak gongoil<sup>6</sup> izeneko multzotan daude bilduta, NSZetik kanpo.

- **Neurona eferenteak** edo motorrak. Informazioa NSZetik organo efektoreetara (erraiak, muskuluak eta guruiak) bideratzen dute. Neurona horien axoien bukaerak organoekin daude konektatuta, eta somak beti daude NSZean.
- **Asoziazio-neuronak** edo interneuronak. Horrela izendatzen dira NSZean neurona aferenteak eta eferenteak konektatzen dituzten neuronak. Informazio sentsoriala gordetzen dute, eta erantzun konplexuak emateko aukera ahalbidetzen dute. Dena dela, ekintza erreflexuetan ere hartzen dute parte.
- **Sailkapen estrukturala.** Luzapen-kopuruaren eta luzapen-motaren arabera, bereizten dira:
  - **Neurona multipolarrak.** Axoi bakarra eta dendrita ugari dituzte. Horrelakoak dira nerbio-sistemako neurona gehienak (neurona motorrak eta interneuronak).
  - **Neurona bipolarrak.** Axoi eta dendrita bakarra dute, eta bakoitza gorputz neuronalaren kontrako muturretatik ateratzen da. Horrelakoak dira neurona sentsitibo batzuk: esaterako, erretinako neurona aferenteak.
  - **Neurona polobakarrak.** Luzapen bakarra dute, somaren bi aldeetara orientatzen dena: alde bat NSZera bideratzen da, eta bestea NSPera (nerbio sistema periferikora). Horregatik, esan dezakegu luzapen hori aldi berean dendrita eta axoia dela. H dira neurona sentsitibo gehienak.



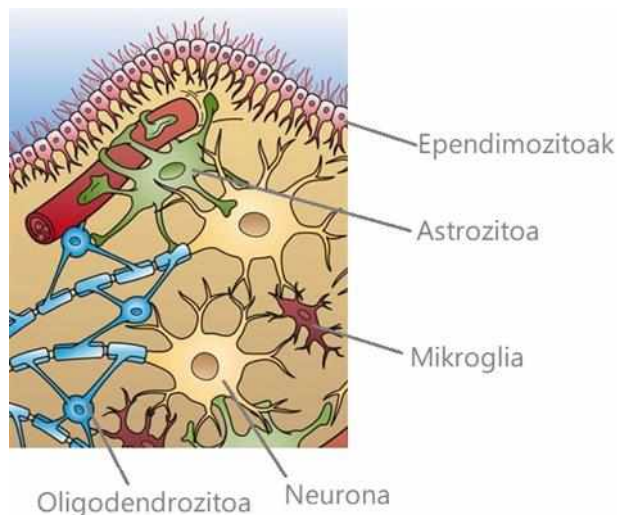
**8. irudia.** Neurona-motak egituraren arabera

<sup>6</sup> Ez dira immunitate-sistemako gongoilekin nahasi behar.

**Gliako zelulak** ehun konektiboan jatorria duten zelula espezializatuak dira.

**NSZaren gliako zelula-multzoari** neuroglia deritzogu. Zelula-mota hauek dira garrantzitsuenak:

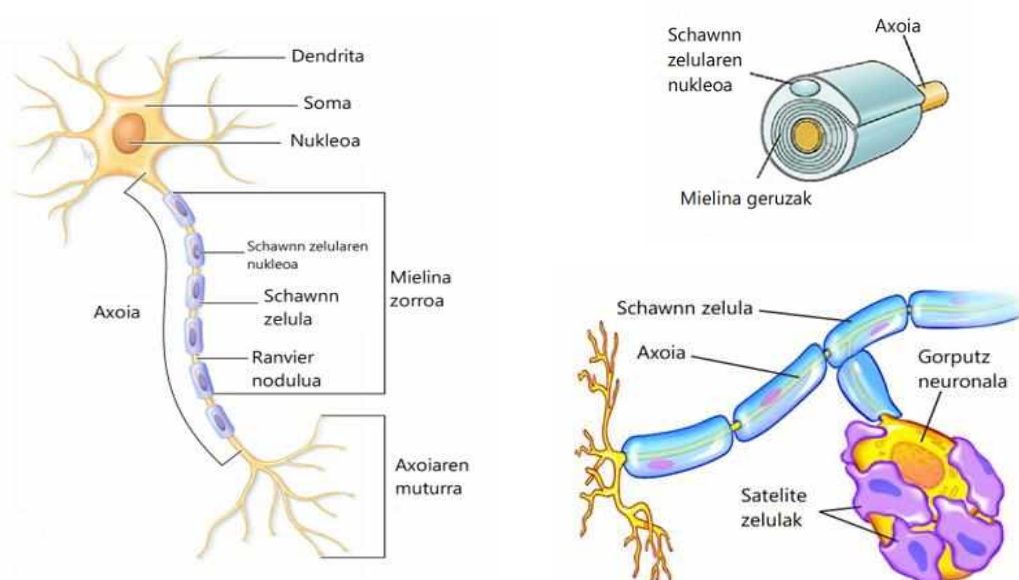
- **Astrozitoak.** Izenak adierazten duen bezala, izar-itxura dute, luzapen ugariarekin. Luzapen horiek neuronak inguratzen dituzte, eta odol-hodietara ainguratu, eta, horrela, neuronei eustez gain, erraztu egiten dute odoleko nutrienteak jasotzea. Bestetik, sinapsietan askatutako neurotransmisoreak berriz hartzeaz ere arduratzen dira.
- **Mikroglia.** Zelula-mota hau armiarma-itxurako fagozitoa da. Nerbio-ehuneko zelula hilak eta bakterioak fagozitatzen ditu, besteren artean.
- **Ependimozitoak.** Entzefaloaren eta bizkarrezur-muinaren barrunbeak estaltzen dituzten zelulak dira. Forma zilindrikoa dute; elkarri atxikita daude, eta, likido zefalorrakideoaren zirkulazioa errazteko, zilioak dituzte, barrunbeetara orientaturik.
- **Oligodendrozitoak.** Formari dagokionez, astrozitoen antzekoak dira, baina txikiagoak dira, eta luzapen gutxiago dituzte. Oligodendrozitoen luzapenek estu inguratzen dituzte NSZeko neuronan axoiak, eta isolatzaile gisa jokatzen duen estalki bat eratzen dute. Estalki horri **mielinazko zorroa** deritzo, eta, berez, zelula horien mintzek axoien inguruan biribiltzean eratzen duten egitura da: egitura horrek zorro baten gisa estaltzen du axoia. Oligodendrozito baten luzapenak hainbat neuronaren inguruan biribiltzen dira, eta, horregatik, euskarri funtzioa ere betetzen dute. Konposizioari dagokionez, **mielinak**, mintz plasmaticoak bezala, izaera lipoproteikoa dauka: % 20 proteinak dira, eta % 80, lipidoak; azken horien artean ugariak dira zerebrosidoak eta esfingolipidoak. Mielinak kolore zuria dauka: horregatik dute nerbio-zuntzen eremuek kolore zuria; alabaina, mielinaz estali gabe dauden gorputz neuronalen eremuek kolore grisa dute.



9. irudia. NSZeko zelulak

**NSParen gliako zelulak dira:**

- **Schwann zelulak.** Oligodendrozoien antzera, Schwann zelulek, axoien inguruan biribildurik, mielina-zorroa eratzen dute NSPan. Zelula horiek bata bestearen jarraian kokatzen dira, eta axoi bakarra inguratzen dute. Dena dela, Schwann zelula baten eta hurrengoaren artean tarte edo eten txiki bat dago, **Ranvier nodulua** izenekoa. Hurrengo atalean, ikusiko dugu mielina-zorroari esker nerbio-bulkadaren seinale elektrikoa oso-oso azkar garraia daitekeela.
- **Satelite zelulak.** Neuronen soma estaltzen dute, eta funtzio babeslea eta indargetzailea dute.



**10. irudia.** Schwann zelulak, mielinazko zorroa eta satelite-zelulak

Neurona gehienek ez bezala, gliako zelulek ugaltzeko edo zatitzeko ahalmena mantentzen dute bizitzan osoan. Horregatik, izaten dira gliomak NSZeko tumoreak.

Atal hau amaitzeko, terminologiaren inguruko ohar batzuk aipatuko ditugu.

- Neuronen somak multzokatu egiten dira: NSZean, multzo horiei **nukleo** deritze; NSPeko gorputz neuronalen multzoei, berriz, **gongoil** deritzegu.
- NSZeko **nerbio-zuntz** multzoak izendatzeko, **sorta** hitza erabiltzen da (nerbio-zuntzen sorta), eta, NSPko zuntz-multzoak izendatzeko, ostera, **nerbio** hitza erabiltzen da.
- **Substantzia zuria** terminoa erabiltzen da sorta mielinizatuak dituen NSZeko eremua izendatzeko; eta **substantzia grisa**, aldiz, nerbio-zuntz amielinikoak eta gorputz neuronalak dituen eremurako. Entzefaloan, substantzia grisa kanpoko aldean dago, kortexean, eta substantzia zuria, ostera, barruko aldean; baina, bizkarrezur-muinean, alderantziz daude: substantzia grisa, barruan; eta zuria, ordea, kanpoko aldean.

## 4.3 NERBIO-SISTEMAREN KOMUNIKAZIOA

Aurreko atalean aipatu den bezala, neurona da nerbio-sistemaren unitate funtzionala: estimulua nerbio-bulkada bihurtzen dute, eta, jarraian, garraiatu egiten dute bulkada hori neurona batetik hurrengo neuronara edo organo efektore batera.

### 4.3.1. Nerbio-bulkada

Nerbio-bulkadak neuronek sortu eta transmititzen dituzten seinale kimiko-elektrikoak dira. Seinale horiek mintzean zehar gertatzen diren ioien fluxuei esker sortzen dira; orain azalduko dugu nola.

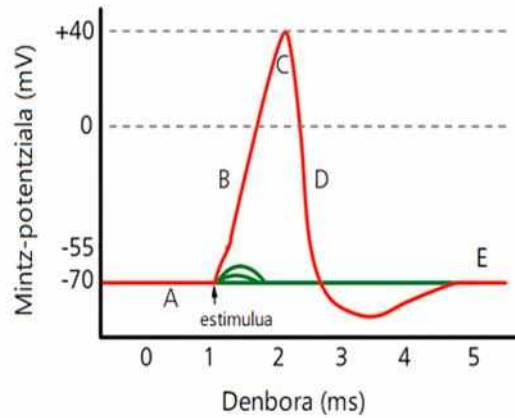
Atsedenean dagoenean, **polarizatuta** egoten da neuronaren **mintz plasmatikoa**; hau da, karga-banaketa desberdina da mintzaren alde bietan: ioi positibo gehiago ditu mintzaren kanpoko aldeak (+) barneko aldeak baino (-). Barneko aldean, fosfato ioi ugari ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) daude, eta kanpoan baino  $\text{K}^+$  gehiago; kanpoko aldean, ordea,  $\text{Cl}^-$  ugari daude, eta,  $\text{Na}^+$ , askoz gehiago. Mintza, berez, ez da iragazkorra ioi horientzat guztientzat, baina  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ponpak  $\text{Na}^+$  ioiak atera eta  $\text{K}^+$  ioiak sartzea eragiten du,  $3\text{Na}^+:2\text{K}^+$  proportzioan. Mintzaren alde bietan ioiak desberdin banatuta egoteak  $-70$  mVko potentzial-diferentzia eragiten du, eta horri **atseden-potentziala** deritzen (A). Atsedenean horretan dagoela, zer gertatu behar da nerbio-bulkada sortu eta transmititzeko?

1. Neurona bati estimulu batek eragin behar dio –izan argia, soinua, presioa... edo neurotransmisorea–. Estimulu horrek mintzaren iragazkortasuna aldatzea eragiten du; hain zuzen ere,  $\text{Na}^+$  kanalak irekitzen dira, eta, bat-batean, karga positibo asko sartzen da zitoplasmara. Horren ondorioz, puntu horretan, aldatu egiten da mintzaren polaritatea –barruan (+), eta kanpoan (-)–; horregatik, esaten da **mintza despolarizatu** egin dela (B). Despolarizazioan  $+40$  mVko potentziala lortzen bada –**ekintza-potentziala** izeneko balioa (C)–, **nerbio-bulkada** sortzen da orduan. Potentzial-diferentzia hori lortu ezean –kitzikapen-atalasea–, ez da nerbio-bulkadarik sortzen, “dena edo ezer ez” motako mekanismoa baita<sup>7</sup>.

---

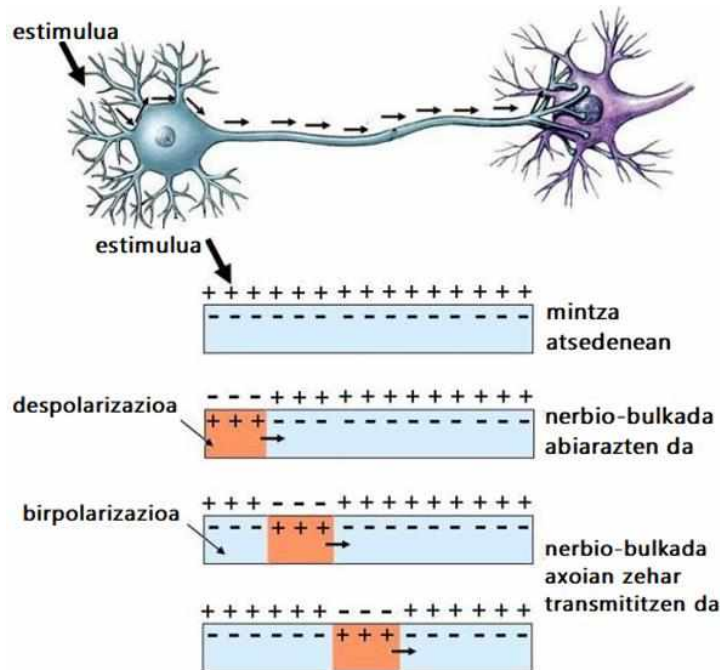
<sup>7</sup> Nerbio-bulkadak beti dauka intentsitate bera, eta, gure sentazioen intentsitatea estimulatutako neuronakopuruaren arabera da, ez nerbio-bulkadaren intentsitatearen arabera.





**11. irudia.** Nerbio-bulkadaren sorrera eta kondukzioa

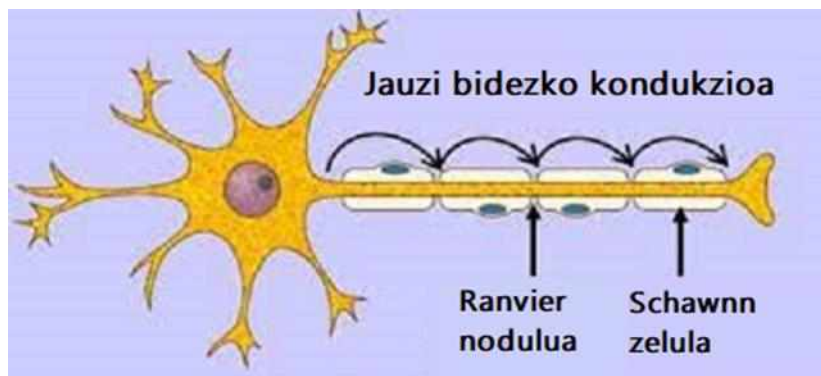
2. Jarraian, ia berehala, berriro aldatzen da mintzaren iragazkortasuna: itxi egiten dira  $\text{Na}^+$  kanalak, eta ireki  $\text{K}^+$  kanalak. Horrek dakar mintzaren kanpoko aldera  $\text{K}^+$  ioiak ateratzea, eta, horren ondorioz, aldatu egiten da karga elektrikoen banaketa –kanpoan (+) eta barruan (-)–. Beraz, **birpolarizatu** egiten da mintza (D), eta prest geratzen da hurrengo estimulua jasotzeko. Birpolarizatu ostean,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  pompak aktibatatu, eta ioien kontzentrazioak atsedene-egoerako balioetara bueltatzen dira (E).



**12. irudia.** Nerbio-bulkadaren sorrera eta kondukzio jarraitua

Hori guztia oso denbora-tarte laburrean gertatzen da, segundo-milarenetan gertatu ere. Segundo-milarena irauten duenez, neurona bakoitzak mila nerbio-bulkada inguru eragin eta transmiti ditzake segundo bakar batean. Beste alde batetik, ekintza-potentziala lortzen den bitartean, neuronak ezin dio beste estimulu berri bati erantzun: denbora-tarte horri **aldi errefraktarioa** deritzo.

Gertaera-sekuentzia hori neuronaren mintzean zehar transmititzen da, etengabe eta norabide bakarrean, nerbio-bulkada axoiaren amaierara iritsi arte. Nerbio-bulkada azkarrago transmititzen da zuntz mielinikoetan zuntz amielinikoetan baino. Izan ere, isolatzaile elektrikoa da mielina, eta nerbio-bulkadak Ranvier nodulu batetik hurrengora egin behar du jauzi, ezin baita igaro oligodendrozitoek edo Schwann zelulek mielinaz estalita dituzten axoien tartetatik. Beraz, zuntz mielinikoetan, amielinikoetan baino mintz-tarte txikiagoak despolarizatu eta birpolarizatu behar dira, eta, gainera, energia gutxiago kontsumitzen da. Laburbilduz, zuntz amielinikoetan nerbio-bulkada jarraian eta astiroago transmititzen da (0,25 m/s), eta, zuntz mielinikoetan, jauzika eta azkarrago (100 m/s).



13. irudia. Nerbio-bulkadaren jauzi-bidezko kondukzioa

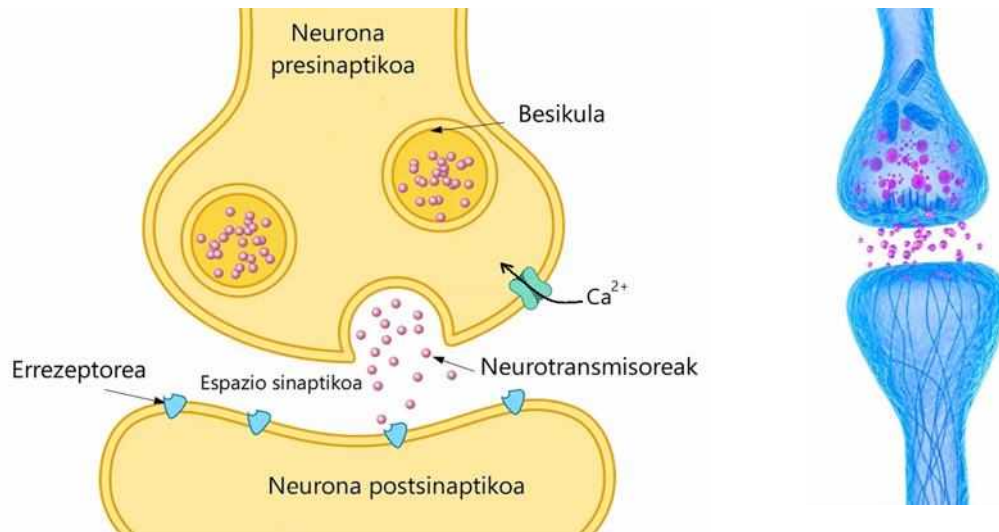
Zenbait faktorek eraldatu egin dezakete nerbio-bulkadaren eroapena. Adibidez, lasaigarri eta anestesikoek  $\text{Na}^+$  kanalak blokeatzen dituzte, eta mintzaren iragazkortasuna aldatu. Hori dela eta, mintza ezin da despolarizatu, eta, beraz, ezin da nerbio-bulkadarik sortu.

#### 4.3.2. Sinapsia eta neurotransmisoreak

**Sinapsiak** neuronen arteko lotura funtzionalak dira. Elektrikoak edo kimikoak izan daitezke, baina sinapsi kimikoak izaten dira ohikoenak. Sinapsi kimikoetan, neuronek, oso gertu egon arren, ez dute elkar ukitzen; haien artean, **espazio-sinaptiko** izeneko tarte txiki-txikia dago. Nerbio-bulkada **neurotransmisore** izeneko substantzia kimikoen bidez pasatzen da neurona batetik hurrengora. Honela gertatzen da sinapsi kimikoa:

1. Nerbio-bulkada axoiaren amaierara iristen da.
2.  $\text{Ca}^{2+}$  kanalak ireki egiten dira, eta sartu egiten dira  $\text{Ca}^{2+}$  ioiak.
3.  $\text{Ca}^{2+}$  ioiak eraginda, besikulek, botoi sinaptikoaren mintzarekin bat eginez (exozitosia), espazio-sinaptikora askatzen dituzte neurotransmisoreak.
4. Neurotransmisoreak neurona postsinaptikoaren errezeptore espezifikoekin elkartzen dira.

5. Bat egite horrek mintzaren iragazkortasuna eraldatzen du, eta  $\text{Na}^+$  kanalak irekitzen dira, eta mintza despolarizatu. Horrela, hurrengo neuronan, ekintza-potentziala sortzen da, eta nerbio-bulkadak bere bidean jarraitzen du.
6. Neurotransmisorea birxurgatu edo degradatu egiten da; sodio-kanalak itxi egiten dira, eta atseden-egoerara bueltatzen da neurona.



#### 14. irudia. Sinapsi kimikoaren irudikapen bi

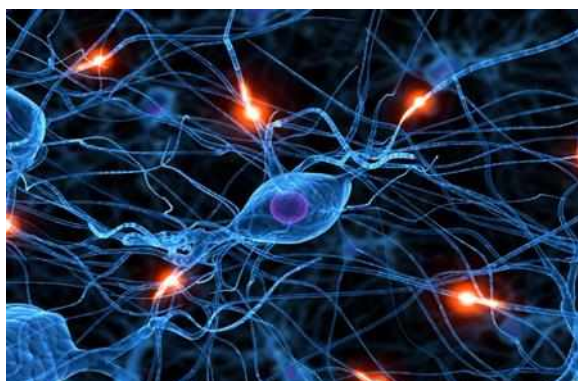
Espazio sinaptikoan dagoen neurotransmisore-kantitateak baldintzatu egiten du neurona postsinaptikoa kitzikatzea ala ez: kantitate txikia bada, ez da nerbio-bulkadarik eragiten, eta, handia bada, berriz, etengabe sortuko dira nerbio-bulkadak. Berez, neurotransmisore molekulek oso denbora-tarte laburra irauten dute espazio sinaptikoan; izan ere, berehala desagertzen dira, neurona presinaptikora birxurgatuta edo entzimek degradatuta.

Orain arte aipatu ez badugu ere, **neurotransmisoreak** aktibatzaileak edo inhibitzaileak izan daitezke. Neurotransmisore inhibitzaileek neurona postsinaptikoaren mintza hiperpolarizatzea eragiten dute –hots, barne-ingurunearen karga elektrikoa negatiboagoa izatea–, eta, ondorioz, zailagoa izango da neurona hori kitzikatzea. Gainera, neurotransmisore gehienak aktibatzaileak izan daitezke neurona batzuentzat, eta, era berean, inhibitzaileak beste batzuentzat. Adibidez, azetilkolina neurotransmisore aktibatzailea da, bihotzean izan ezik: inhibitzailea da bertan, eta bihotz-taupaden maiztasuna jaitsarazten du. Neurotransmisoreen beste adibide batzuk dira: noradrenalina, epinefrina, glutamatoa, histamina, serotonina eta GABA.

Orain arte azaldutakoa laburbilduz, neuronan arteko komunikazioak izaera kimiko-elétrikoa du; neuronan zehar, transmisioa elektriko da –nerbio-bulkada–, eta, neuronan artean, sinapsietan, kimikoa –neurotransmisoreen bidez kitzikatzen da hurrengo neurona–.

Bestetik, neurona bat hainbat neuronarekin dago konektatuta; hau da, hainbat neuronaren seinaleak jaso eta igortzen ditu aldi berean, sare moduko egitura bat eratuz.

Komunikazio-sare hori ez da finkoa; izan ere, erabileraren eta esperientzien arabera, sortu eta deuseztatu egiten dira sinapsiak. Gauza berriren bat bizi edo ikasten dugunean, konexio berriak sortzen dituzte neuronek, eta, errepikapenaren errepikapenarekin, indartu egiten dituzte konexio horiek. Ondorioz, informazioa modu eraginkorragoan garraiatzen eta prozesatzen da erabiltzen diren konexio edo bide horietatik. Adibidez, umezaroan oinez ibiltzen ikasten dugunean, behin eta berriro errepikatzen ditugu baliagarriak diren mugimenduak; horrela, indartu egiten dira mugimendu horietan inplikaturako neuronen arteko sinapsiak, eta beste batzuk, ordea, baztertu. Hain zuzen ere, horretan datza burmuinaren plastizitatea, eta adinaren mugak tarteko bitzta osoan zehar mantentzen da sinapsiak sortzeko eta deuseztatzeko gaitasuna.



15. *irudia.* Neurona-sarearen irudikapena

#### 4.4. NERBIO-SISTEMAREN ALARMA: MINA

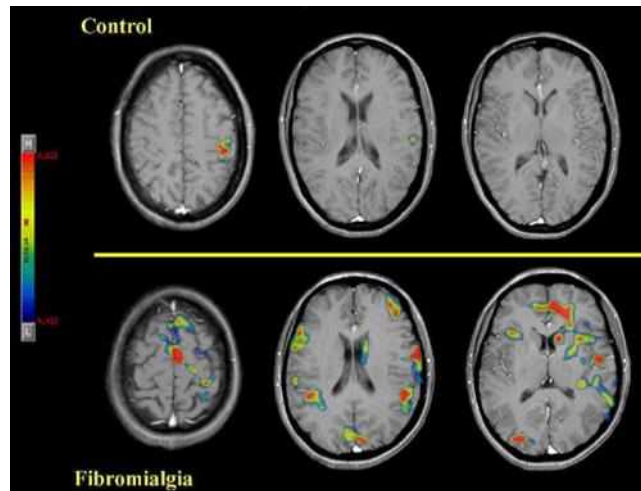
Nerbio-sistemaren fisiologia oso konplexua da, eta hainbat mailatan azter daiteke. Aurreko atalean, maila neuronalean, azaldu dugu nola garraiatzen den informazioa neurona batetik bestera. Baina nola funtzionatzen du neurona-sare batek? Nola prozesatzen du informazioa? Nola erabakitzen du zer erantzun eman estimulu baten aurrean? Estimulu berak nola sorraraz ditzake pertzepzio desberdinak? Galdera horien guztien eta gehiagoren erantzunak emateaz arduratzen da neurologia, eta, zientzia guztietan bezala, oraindik asko daukagu ikasteko.

Atal honetan, mina aztertuko dugu, nerbio-sistemaren konplexutasunaren eta etengabeko egokitzapenaren adibide ona baita. Gainera, minaren sentsazioa adibide egokia da gure *Homo sapiens* burmuinak dituen berezitasun batzuk aipatzeko.

Mina, berez, eboluzioan zehar garatu den alerta-babes mekanismoa da; hau da, organismoan kalte bat gertatu dela edo gerta litekeela ohartarazten duen alarma-sistema. Sentsazio desatsegin horren bidez, nerbio-sistemak ohartarazten digu gauzaren bat txarto dabilela edo txarto ibil litekeela.

Sentsazio guztiak bezala, burmuinak eragiten du mina. Intuitiboki, bistakoa dirudi mina sentitzen dugun leku berean sortzen dela, baina mina konektatuta dauden burmuineko

hainbat eremuren aldibereko aktibazioagatik sortzen da. Horrela adierazten dute erresonantzia magnetiko bidez jasotzen diren irudiek.



16. irudia. Erresonantzia magnetikoaren irudiak

Noiz edo zeren ondorioz aktibatzen dira eremu horiek minaren pertzepzioa eragiteko? Hiru egoeratan aktiba daiteke minaren alarma-sistema:

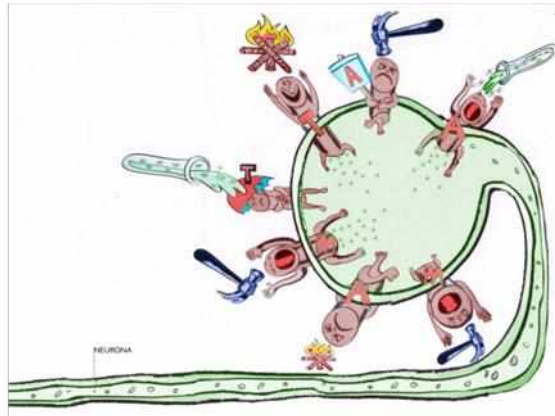
1. **Ehun edo organoen lesioa gertatzen denean.** Adibidez, ortozik ibiltzen goazela, kristal-zati bat zapaldu, eta ebaki bat egin dugu oinaren azpiko aldean. Kasu horretan, minaren mezua izango litzateke: *“Adj, Homo sapiens: kaltetuta dago zure oina. Gelditu eta begiratu zer duzun eta zer egin dezakezun kalte hori konpontzeko!”*. Hala ere, lesioa dugun guztietan ez da aktibatzen minaren pertzepzioa... Zergatik ote?<sup>8</sup>
2. **Ehun edo organoen lesioa gertatu baino lehentxeago.** Adibidez, oso bero dagoen gainazal bat ukitu, eta berehala apartatzen dugu eskua, erredura (larria) sortu baino lehen. Nerbio-sistemaren mezua hauxe litzateke: *“Adj, Homo sapiens: kendu berehala eskua hortik, bestela kalte larria egingo dizu eta!”*
3. **Gure burmuinak kaltea izateko arriskua dagoela baloratzen duenean,** baina ehun edo organoetan kalterik egon gabe. Horrelakoetan, burmuinak, badaezpada, alarma-sistema pizten du, eta piztuta mantentzeko denbora luzez. Eboluzioan, balizko arrisku-egoerak saihesteko garatu da hirugarren egoera hau. Mezua izango litzateke: *“Adj, Homo sapiens: badirudi ez zaudela sasoi betean. Ehizan atera beharrean, hobe duzu kobazuloan babesean geratzea!”*

Lehenengo bi kasuetan, neurona nozizeptoreek hautematen dute egoera termiko, mekaniko edo kimiko kaltegarria, eta, nerbioen bidez, informazioa bidaltzen dute defentsa-erantzunak eragiten dituzten NSZeko guneetara –besteren artean, minaren guneetara–. Informazio horren arabera, eta testuinguruaren edo egoeraren arabera,

---

<sup>8</sup> Nahiz eta lesio bat izan, burmuinak balora dezake minaren pertzepziorik ez eragitea.

burmuinak minaren sentrazioa proiektatzen du kaltetutako gorputzeko ehun edo organoan, intentsitate eta iraupen aldakorrarekin.



**17. irudia.** Neurona nozizeptoreen irudikapena

Hirugarren kasuan, nola iristen da burmuina arriskuaren balorazioa egitera? Galdera horri erantzuteko, kontuan hartu behar dugu gure espeziearen burmuinak ezaugarri ebolutibo hauek dituela:

- Burmuinak imitazioaren bidez eta hizkuntzaren bidez ikasten du, hau da, kulturaren bidez. Gurean, faktore kulturalak pisu handiagoa dauka eboluzioaren ikuspuntutik gertu ditugun espezieetan baino.
- Burmuina irudimentsua da (mina senti dezakegu, edo egoera mingarri bat imajinatuz, edo mina duen pertsona batekin enpatizatuz, edo dagoeneko galdu dugun organo batean).
- Burmuinak azalpenak behar ditu, eta, maila kontzientean ez bada ere, etengabe egiten ditu kausa-ondorio erlazioak.
- Burmuinak errealitatearen interpretazio probabilistikoa egiten du, eta errealitatearen balorazioa egiten du. Horretarako informazio-iturri hauek ditu:
  - barne-eta kanpo-hartzaileetatik jasotzen dituen datuak
  - bizitzan zehar izan ditugun esperientziak, norberarenak eta besteenak (famiariarenak, adituenak, lankideenak, lagunenenak, komunikabideenak...)
- Burmuinak, kontzienteki edo inkontzienteki, jaso egiten du informazio hori guztia etengabe, eta gorde egiten du memorian. Memoria etengabe berreraikitzen edo birsortzen da: prozesu kognitiboa da, eta ez da kontziente.

Beraz, burmuinak, ezaugarri horiek guzti horiek dituela, arrisku-egoeren balorazioak egin, eta NI kontzienteari aurkezten dizkio. Nola? Egoera arriskutsuei aurre egiteko dituen babes-programak bidalita: mina, estresa, gorakoa, zorabioa, ihes egitea... Balorazioak zuzenak badira, arazorik ez; baina okerrak badira, osasunerako kaltegarriak diren ondorioak eragin ditzake.



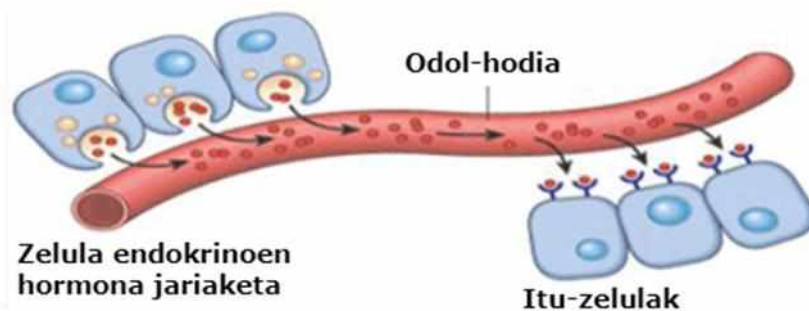
# 5. SISTEMA ENDOKRINOA

## 5.1. SARRERA

Sistema endokrinoaren eginkizunak dira gure gorputzeko aparatu eta sistemak koordinatzea eta gertatzen diren prozesu guztiak erregulatzea, hala nola hazkuntza, sexu-diferentziazioa, homeostasia eta abar.

Hori guztia nerbio-sistemarekin batera elkarreraginean egiten du; izan ere, nerbio-sistemak hormona batzuk ekoiztea estimulatzen edo inhibitzen du, eta sistema endokrinoak, hormonon bidez, nerbio-sistemaren erantzunetan eragiten du. Gainera, badaude molekula batzuk ere –adrenalina, adibidez– neurotransmisore gisa eta hormona gisa jokatzeko dutenak.

Sistema endokrinoak aipatutako koordinazio- eta erregulazio-funtzioak **hormona** izeneko mezulari kimikoen bidez egiten ditu. Hormonak odolera jariatzen dira, eta, ondorioz, gorputz osoan zehar sakabanatzen dira, baina ehun edo zelula batzuetan soilik eragiten dute: **itu-zelula** deritzen zeluletan, hain zuzen ere. Zelula horiek errezeptore espezifikoak dituzte –bakoitza hormona jakin batentzat edo batzuentzat baino ez–, eta hormona jakin horrek, itu-zelulen errezeptorearekin elkartzean, erantzun espezifiko bat eragiten du.



**1. irudia.** *Hormonen jariatzea, garraioa eta eragina errezeptore espezifikoak dituzten itu-zeluletan*

**Guruin endokrinoak** kanpo- zein barne-estimulu baten eraginez hormonak jariatzen dituzten organo edo egiturak dira. Guruin horiek, beste aparatu edo sistemetan ez bezala, beren artean ez dute loturarik edo jarraipen anatomiko zuzenik (bestela esanda, ez daude elkarrekin modu zuzenean konektatuta), eta txikiak dira. Haien lana, ordea, ezinbestekoa eta ordezkaezina da gorputzak bere osotasunean modu egokian funtziona dezan.

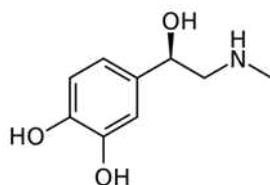
## 5.2. HORMONAK

Hormonak zelula jakin batean sintetizatzen diren molekulak dira, odolaren bidez garraiatzen direnak eta itu-zelula jakin batzuetan edo ehun jakin batzuetan eragiten dutenak. Hormona berak ondorio desberdinak eragin ditzake zer ehunetan edo zelulatan jarduten duen. Beste modu batean esanda: itu-zelula edo itu-ehuna zein den, modu batekoak edo bestelakoak izango dira ondorioak. Ikustea besterik ez dago nerabezaroan sexu-hormona batek zer nolako aldaketak eragiten dituen metabolismoan, anatomian, sexualitatean eta portaeran ere.

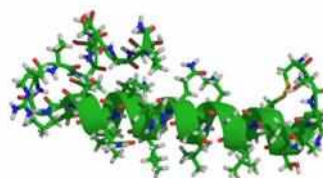
### 5.2.1. Zer-nolako substantziak dira hormonak?

Konposizio kimikoari begira, hormonak izan daitezke:

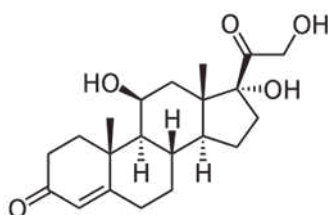
- **aminoazidoen deribatuak:** adibidez, adrenalina.
- **peptidoak eta glukoproteinak:** adibidez, kaltzitonina (32 aa) eta FSH edo folikuluaren estimulatzailea (glukoproteina).
- **lipido esteroideak:** adibidez, giltzurrungaineko kortisola



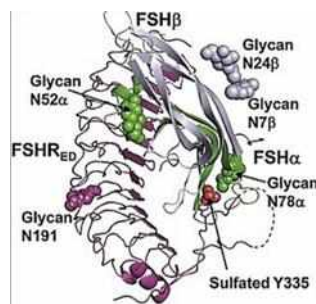
Adrenalina



Kaltzitonina



Kortisola



FSH hormona

#### 2. irudia. Konposizio kimiko desberdina duten hormonaren adibideak

Hormona peptidikoak eta aminoazidoen deribatuak disolbagarriak dira uretan, eta hormona esteroideak eta tiroideak, aldiz, lipodisolbagarriak. Horregatik, azken horiek proteinek lotuta garraiatzen dira odolean.

### 5.2.2. Zelan jarduten dute hormonek?

Hormona jakin batek odolaren bidez bidaiatzen du gorputz osoan zehar, baina itu-zeluletan baino ez du eraginik: hau da, bakarrik hormona jakin horrentzako errezeptore

espezifikoak dituen zeluletan. Errezeptoreak izaera proteikoa duten molekulak dira, eta mintz plasmatikoa, zitoplasman eta nukleoan daude. Hormona eta beraren errezeptore espezifikoa elkartzean, aldaketak gertatzen dira zelularen funtzionamenduan. Hormona terminoa grezieratik dator (ὁρμῶν = *hormon*), eta kitzikatzen duena edo iratzartzen duena esan nahi du jatorriz. Hain zuzen ere, hormonek horixe eragiten dute: itu-zelula estimulatu eta aldaketak eragin haren jardueran.

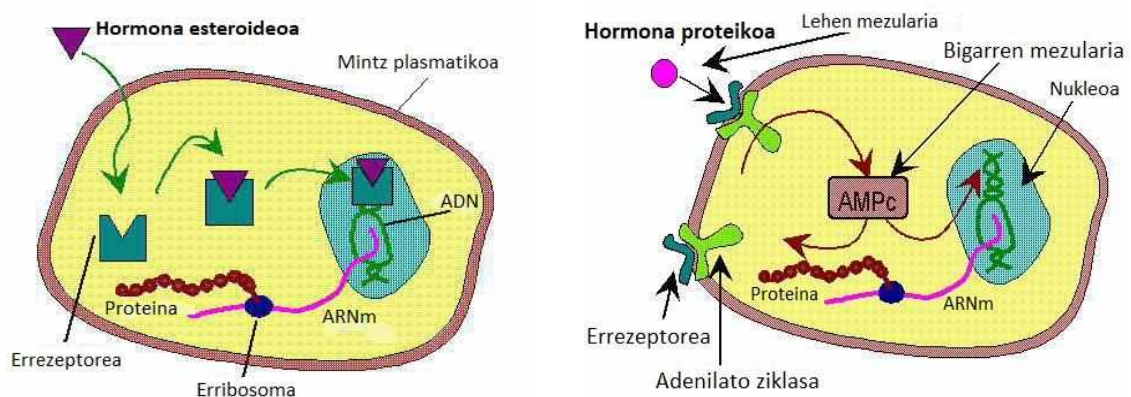
Zelulan eragiten dituzten aldaketa zehatzak hormonaren eta itu-zelulen motaren arabera dira. Hona hemen aldaketetako batzuk:

- mintz plasmatikoa iragazkortasuna edo/eta potentzial elektrikoa aldatzea
- gene-adierazpenean eragitea eta ondorioz zenbait proteina eta molekula erregulatzailerik (entzima) sintetizatzea
- entzimak aktibatzea edo desaktibatzea
- mitosia estimulatzea

Aldaketa horiek gertatzeko, **bi mekanismo** daude: hormona lipodisolagarriekin, **aktibazio genetiko zuzena**, eta, uretan disolbatzen diren hormonekin, berriz, **bigarren mezulariaren sistema**.

Aktibazio genetiko zuzenean, **hormona esteroideek** zelularen mintza zeharkatzen dute, erraz; zelula barruko errezeptore bati lotu, eta nukleoan sartzen dira. Bertan, gene espezifikoak aktibatuz, ADNaren transkripzioan eragiten dute, eta, hala, sintetizatu egiten dira jardura metabolikoan eragingo duten proteinak.

Kontrara, **hormona hidrodisolagarriek** ezin dute zelulen mintz plasmatikoa zeharkatu, eta mintzaren errezeptore espezifikoekin elkartzen dira. Elkarketa horrek substantzia batzuk zelula barruan askatzea eragiten du; esaterako, cAMP, hormonaren mezulari gisa jokatzen duena. Horregatik, substantzia horiei **bigarren mezulari** esaten zaie. Bigarren mezulariek entzima batzuk eta gene batzuen adierazpena aktibatzen dute, eta sortuko diren proteinek aldaketak eragingo dituzte jardura zelularrean. Adibidez, glukagoiak halaxe lortzen du glukosa molekulak deskonposatzea zelula hepatikoetan.



3. irudia. Hormonen jardura-mekanismoak

Hormona bakoitzak iraupen jakin bat dauka, eta ohikoena da itu-organoan bertan edo gibelean degradatzea. Amaierako produktu hormonalak erraz iraitzen dira: genuarekin kanporatzen dira, baita gorotz eta izerdiaren bidez ere.

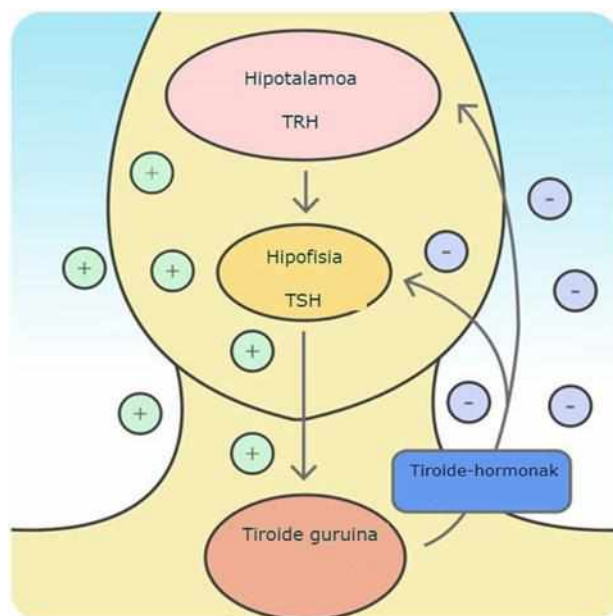
### 5.2.3. Zelan erregulatzen da hormonon jariatzea?

Badakigu hormonek itu-zeluletan aldaketak eragiten dituztela, baina zerk eragiten dio sistema endokrinoko organo bati hormonak jariatzen hastea? Eta nola erregulatu jariatze hori? Hau da, nola lortu hormona-kontzentrazioa egokia izatea eta behar beste irautea odolean?

Guruin endokrinoak hainbat estimuluren eraginpean hasten dira hormonak sintetizatzen eta askatzen. Estimulu horiek hiru taldetan multzoka ditzakegu:

- **Hormona-estimuluak.** Guruin endokrinoa hormona jakin bat jariatzen hasten da beste hormona batek eraginda. Adibidez, hipotalamoaren hormonek aurreko hipofisia estimulatu dute bere hormonak jariatzen dituzan, eta hipofisiak jariatutako hormonek beste guruin batzuk estimulatu dituzte beren hormonak odolera jariatzeko.
- **Estimulu humoralak.** Guruinak hormonak jariatzen hasten dira baldin eta ioi eta mantenugai jakin batzuen odol-mailan aldaketak gertatzen badira. Adibidez, glukosa-maila handituz gero, intulina jariatzen hasiko da pankrea. Edo odoleko kaltzio-ioiaren maila jaisteak hormona paratiroidea (PTH) jariatzea eragiten du.
- **Nerbio-estimuluak.** Halakoetan, nerbio-zuntzen bidez guruinera iristen diren nerbio-kinadek eragiten dute hormonaren jariatzea. Horrela gertatzen da giltzurrun gaineko guruinek, estres-egoera baten eraginpean, adrenalina eta noradrenalina hormonak jariatzen dituztenean.

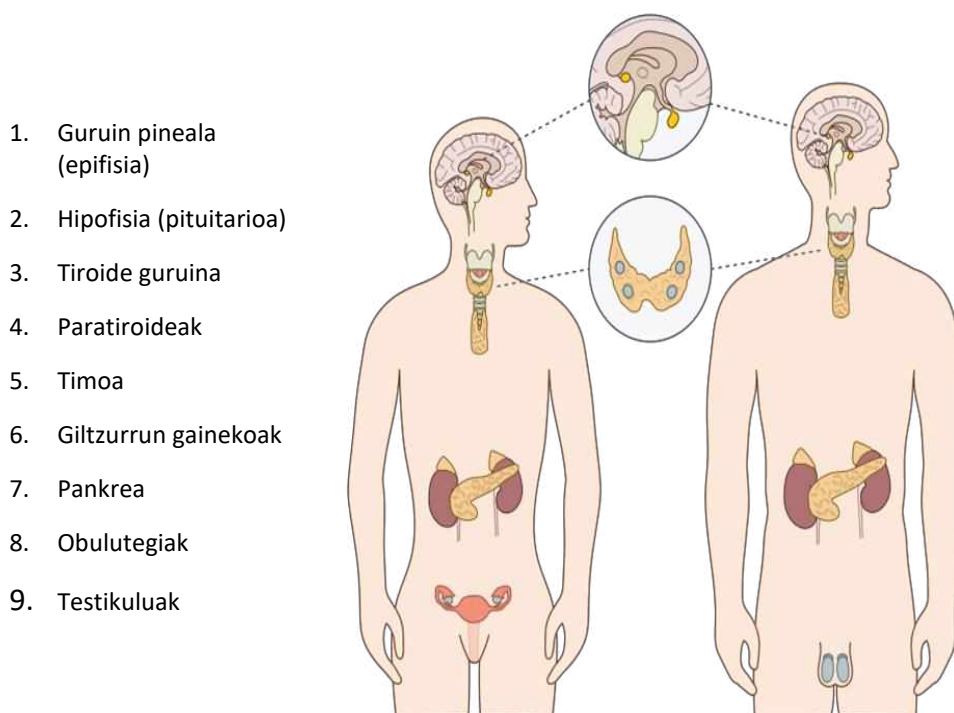
Ikusi dugu nola abiarazi hormonon jariatzea, baina jariatze horrek ezin du mugarik gabe iraun. Odoleko hormona-maila egokia izan dadin, atzeraelkadura negatiboko mekanismoak dira ohikoenak. Horrela, hormona jakin baten odol-kontzentrazioa igotzeak inhibitzen du guruinak hormona gehiago askatzea. Beraz, hormona-mailak gorabeherak izaten ditu, baina betiere tarte zehatz batzuen artean. Adibidez, hipotalamoak TRH hormona askatzen du, eta horrek hipofisiari eragiten dio TSH hormona jaria dezan. TSHak, berriz, tiroide guruinari eragiten dio hormonak jaria dituzan, baina hormona tiroideen maila altua izateak hipotalamo eta hipofisia inhibitzen ditu TRH eta TSH hormonon jariatzea. Beraz, hormona tiroideen mailak jaitsi egiten dira, eta hasierako puntura itzuli. Horrela lortzen da hormona tiroideen kontzentrazioa odolean tarte egokien artean edukitzea: ez handiegia, ez txikiegia. Hurrengo atalean, guruin bakoitza aztertzen dugunean, atzeraelkadura negatiboko (*feedback*) mekanismoen adibide gehiago azalduko ditugu.



4. irudia. Atzeraelikadura negatiboko erregulazio-mekanismoa

### 5.3. GURUIN ENDOKRINOAK

Hormonak jariatzen dituzten zelulak multzokatuta egoten dira guruin endokrino izeneko egituretan. Guruin endokrinoek, exokrinoek ez bezala, sintetizatutako hormonak zuzenean isurtzen dituzte zelulen arteko espaziora; bertatik, odol kapilarretara sartzen dira, eta gorputz osoan zehar sakabanatu.



1. Guruin pineala (epifisia)
2. Hipofisia (pituitariora)
3. Tiroide guruina
4. Paratiroideak
5. Timoa
6. Giltzurrun gainekoak
7. Pankrea
8. Obulutegiak
9. Testikuluak

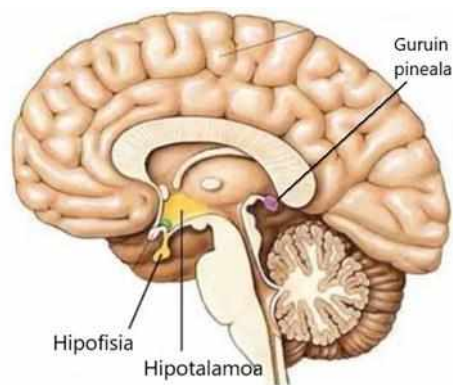
5. irudia. Guruin endokrinoak

Aipatutako guruin endokrinoez gain, zenbait organotako zelulek ere jariatzen dituzte hormonak. Horren adibide dira gibela, bihotza, giltzurrunak, urdaila, duodenoa, azala eta plazenta.

Hurrengo ataletan, banan-banan aztertuko ditugu guruin endokrinoak, nolakoak diren, zer hormona jariatzen dituzten eta nolako jarduera duten.

### 5.3.1. Hipotalamoa

**Hipotalamoa**, berez, nerbio-sistemaren atal bat da;,, dientzefaloaren atal basala, hain zuzen ere. Beste hainbat funtzioaren artean, hipotalamoak ADH eta oxitozina hormonak, eta hipofisiari eragingo dioten hormonak –faktore askatzaileak– jariatzen ditu. Halaber, hipofisiak beste hainbat guruin endokrinoren jarduera erregulatzen du hormona espezifikoaren bidez. Horregatik, esan dezakegu hipotalamoa dela nerbio-sistemaren eta sistema endokrinoaren bitartekoa.



#### 6. irudia. Hipotalamoaren, hipofisiaren eta guruin pinealaren kokapena

Honako hauek dira hipotalamoak jariatzen dituen eta **hipofisiaren jarduerari eragingo dioten faktore askatzaileak (neurohormonak)**:

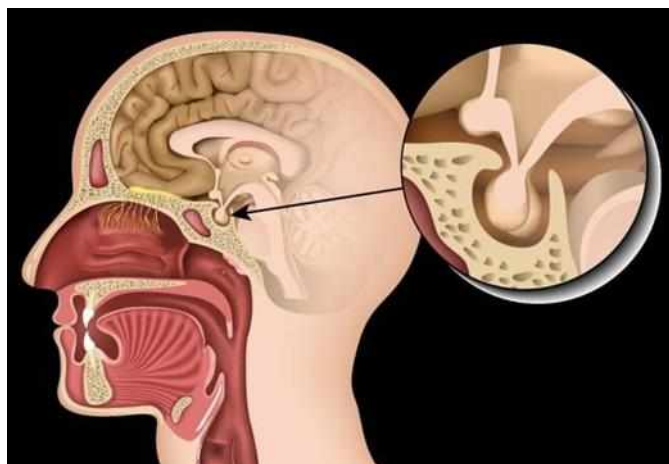
- **Hormona tirotropoa (TRH)**. Tiroidearen hormona estimulatzailearen (TSHaren) jariaketa eragiten du.
- **Hormona kortikotropoa (CRH)**. Hormona adrenokortikotropikoaren jariaketa jartzen du abian.
- **Hormona gonadotropoa (GnRH)**. Gonadotropinen jariaketa aktibatzen du.
- **Hazkuntzaren hormonaren faktore askatzailea (GHRH)**. Hazkuntzaren hormona (GH) askatzea eragiten du.
- **Prolaktinaren faktore askatzailea (PRF)**. Prolaktinaren jariaketa jartzen du abian.



**Hormona antidiuretikoa (ADH) eta oxitozina neurohormonak** hipotalamoak berak jariatzen ditu. Ondoren, hipofisian metatzen dira, eta, beharrezkoa denean, bertatik askatzen dira, nerbio-kinada batek estimulatuta.

### 5.3.2. Hipofisia edo guruin pituitariora

Hipofisia guruin txiki bat da, ilar baten tamainakoa. Hipotalamoaren azpian dago kokatuta, eta zuzenean dago hari lotuta, zurtoin baten bidez. Esfenoide hezuraren **aulki turkiar** izeneko egiturak babesten du hipofisia.



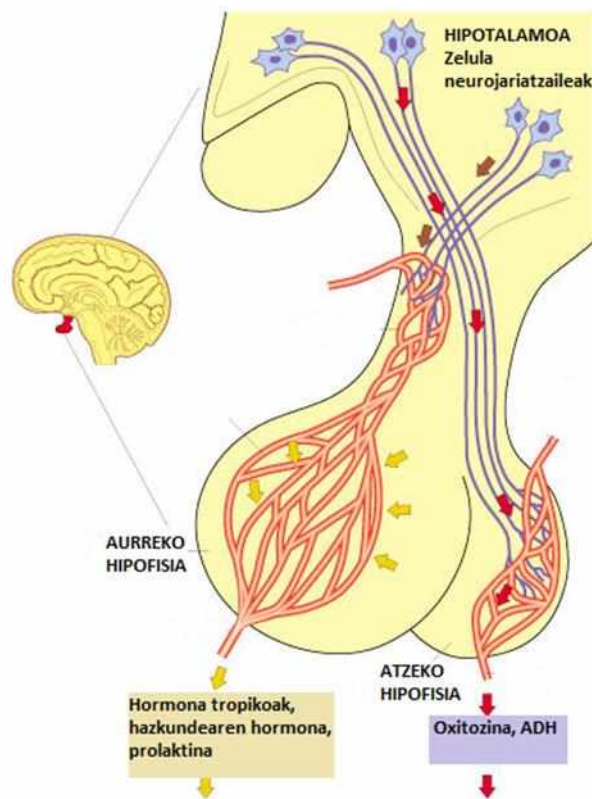
7. irudia. Hipofisiaren kokapena aulki turkiarrek babestuta

Fisiologiari dagokionez bi atal bereizten dira: **adenhipofisia** –aurreko hipofisia– eta **neurohipofisia** –atzeko hipofisia–. Garapen enbrionarioan, jatorri desberdina dute: adenhipofisia jatorri epitelialeko zeluletatik garatzen da; neurohipofisiak, aldiz, nerbio-sisteman du jatorria.

**Adenhipofisiak jariatutako hormonak** hauek dira:

- **Hazkuntzaren hormona (GH)**. Gorputzeko zelula guztien metabolismoan dauka eragina, baina bereziki muskulu eskeletikoaren eta hezur luzeen zelulei eragiten die, eta, ondorioz, organo horien hazkundera bultzatzen du. Horregatik, gorputzaren tamaina erabakitzen duen faktore garrantzitsua da.
- **Hormona adrenokortikotropikoa (ACTH)**. Giltzurrun gaineko guruinen hormona-jariaketa erregulatzen du.
- **Tiroidearen hormona estimulatzailea (TSH)**. Tiroidearen hazkundera eta jardueran eragiten du, tiroideak berak tiroxina eta triiodotironina jariatzen dituzan.
- **Folikuluaren hormona estimulatzailea (FSH)**. Obulutegian eragiten du; hain zuzen ere, obulutegiko folikuluaren garapenean. Folikuluak garatzen diren heinean, obulaziorako prestatu, eta estrogenoak askatzen dituzte. Gizonetan, FSH hormonak eragin positiboa du espermatozoideen hazkundera.

- **Hormona luteinizatzailea (LH).** Emakumeetan, obulazioa eragiten du, eta obulazioaren ostean gorputz luteoak, estrogenoak eta progesterona jariatzea ere. Gizonezkoetan, berriz, testikuluek testosterona jariatzea eragiten du.
- **Prolaktina.** Umea jaio ostean emakumeen bularrak haztea eta esnea sortzea eragiten du.

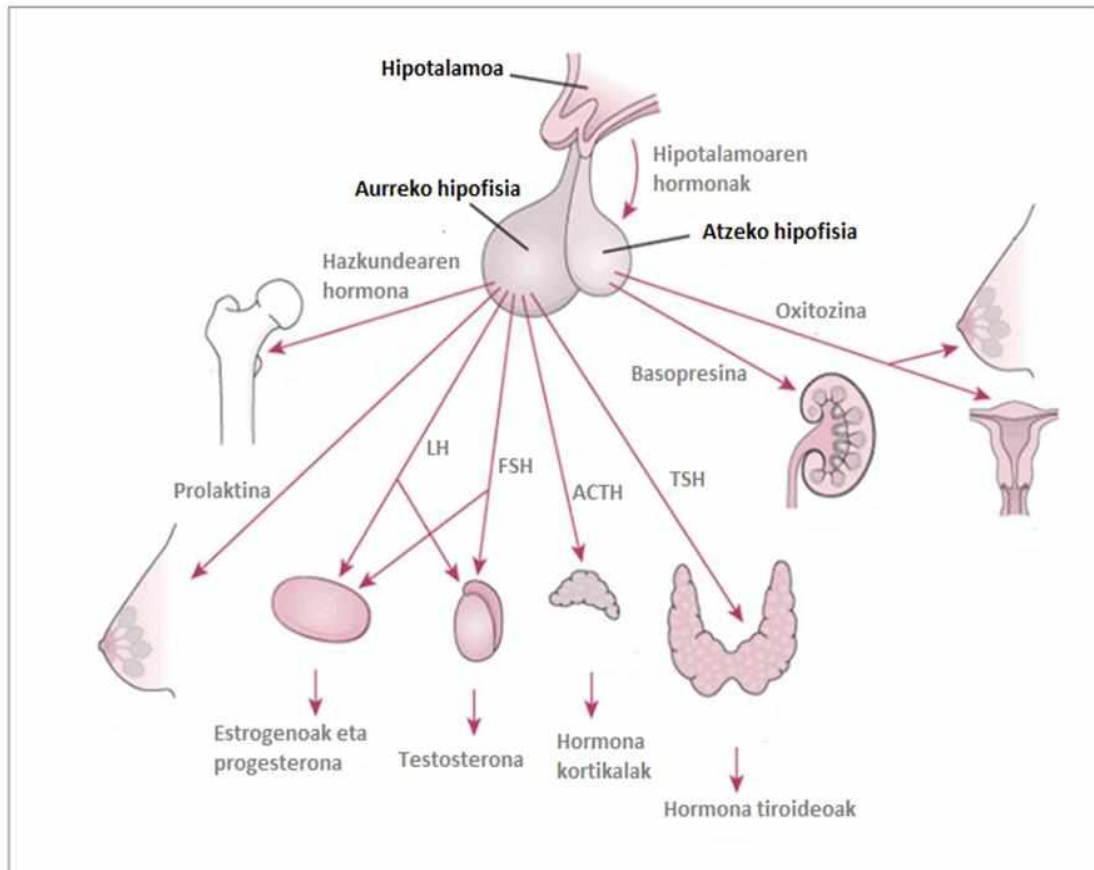


**8. irudia.** Hipotalamoak, aurreko hipofisira, aterko hipofisira, eta jariatzen dituzten hormonak

Aurreko atalean esan bezala, hipotalamoan sintetizatzen dira **aterko hipofisiak** – **neurohipofisiak**– **jariatzen dituen hormonak**; hipotalamotik, zelula neurojariatzaileen axoi bidez, aterko hipofisira garraiatzen dira, eta bertan metatzen dira. Azkenik, hipotalamoaren nerbio-estimuluen eraginpean askatzen dira hormona horiek hipofisitik odolera. Honako hauek dira:

- **Hormona antidiuretikoak (ADH edo basopresina).** Giltzurrunei eragiten die ur gehiago birxurga dezaten, eta, horren ondorioz, gertu-bolumen txikiagoa eta odol-bolumen handiagoa sortzen da: horrela, gorputzeko uraren homeostasia erregulatzen da. Kantitate handitan, odol-hodiak uzurtzea eragiten du, eta presio arteriala igorazi; horregatik, basopresina ere deitzen zaio.
- **Oxitozina.** Erditzean, umetokiaren uzurdura indartsuak eragiten ditu. Bestetik, edoskitzean, esnea bularretik irtetea eragiten du. Halaber, sexu-harremanak iraun bitartean oxitozina-mailak gora egiten du, are gehiago orgasmoan. Medikuntzan, erditzea indultzeko edo errazteko erabiltzen da, eta, halaber, erditze osteko odol-galtzeak murrizteko –odol-hodiak uzurtzea eragiten baitu– eta edoskitzean esnea irtenarazteko –esnearen eiekzio-erreflexua eragiteko–.

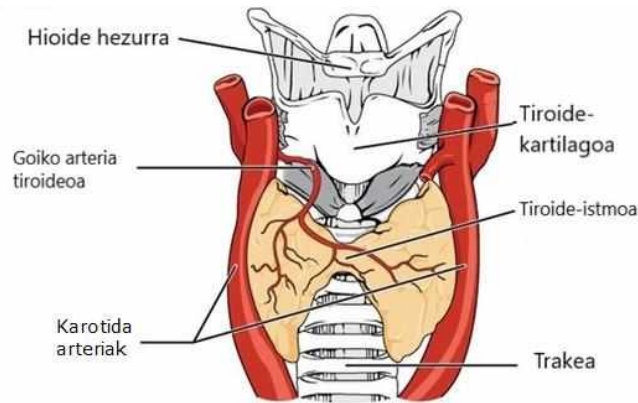
Laburbilduz, hipotalamoak eta hipofisiak elkarrekin egiten dute lan, eta esan dezakegu sistema endokrinoaren zuzendariak direla. Hipotalamoak informazioa jasotzen du – burmuinetik nerbio-estimulu bidez datorren informazioa eta odoletik hormon bidez datorren informazioa–, eta, estimulu horiei erantzunez, hipofisiari zuzenean eragingo dioten neurohormonak jariatzen ditu. Ondoren, hipofisiak jariatutako hormonek beste guruin endokrino batzuk estimulatuko dituzte beren hormonak jaria ditzaten.



9. irudia. Hipotalamo-hipofisia sistema, sistema endokrinoaren zuzendariak

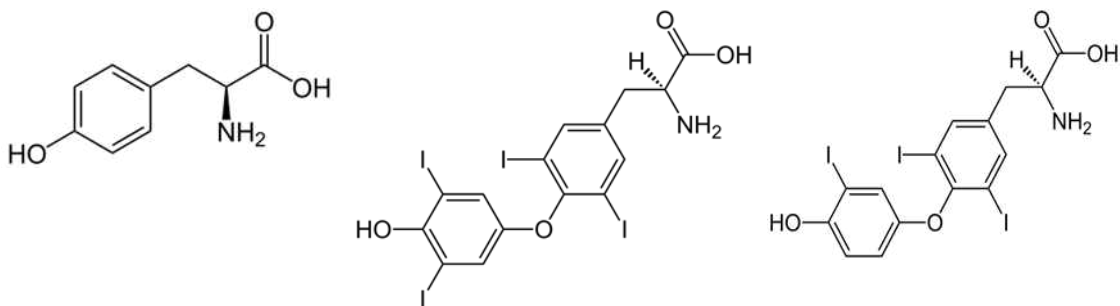
### 5.3.3. Tiroide guruina

**Tiroidea** guruin bilobulatua da, tximeleta itxurakoa, laringearen azpian eta trakearen aurrean kokatua. Tiroidea folikulu izeneko zaku txikiz dago osatuta; zelula folikularrak dituzten zaku horiek **tiroxina** –edo **T4** hormona– eta **triiodotironina** –edo **T3** hormona–, ekoizten dituzte, eta zelula parafolikularrak dituzten zakuek **kaltitonina** sintetizatzen dute.



10. irudia. Tiroide guruina

**Tiroxina** hormona tiroxina aminoazidoaren deribatua da, eta lau iodo atomo ditu. **Triiodotironinak**, izenak adierazten duen bezala, hiru iodo atomo ditu, eta tiroxina baino aktiboagoa da. Dena dela, gorputzeko triiodotironina gehiena gibelean eta giltzurrunetan sortzen da, tiroxinaren transformaziotik, eta, tiroidean, aldiz, proportzio txiki bat baino ez da sintetizatzen zuzenean.



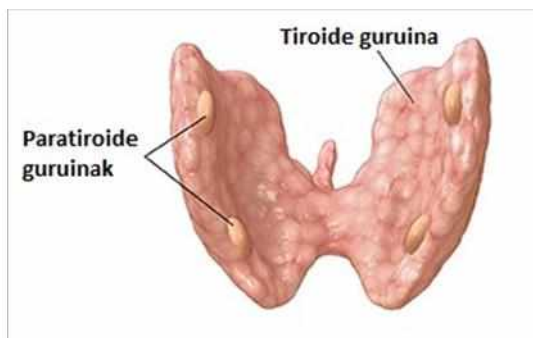
11. irudia. Hurrenez hurren: tiroxina aminoazidoa, tiroxina eta triiodotironina hormonak

**T3 eta T4 hormonon eraginpean**, zelulek beren jardura metabolikoa areagotzen dute: glukosa gehiago kontsumitzen dute, sintesi proteikoa areagotu, gantz-erreserbak erabili eta abar. Metabolismoaren areagotze horrek dakar: bihotz-taupadak eta arnasketa bizkortzea, oxigeno gehiago kontsumitzea eta bero handiagoa sortzea. Digestio-aparatuan hormona tiroideek nutrienteen xurgapena handitzen dute, eta hesteetako mugimenduak sustatu.

**Kaltzitonina** hormona proteiko bat da, zelula parafolikularrek (C zelulek) ekoizten dutena. Paratiroide hormonarekin batera, odoleko kaltzio-kontzentrazioa erregulatzen du. Hain zuzen ere, kaltzitoninak hezurretatik kaltzioa askatzea inhibitzen du, eta, halaber, hesteek eta giltzurrunek  $\text{Ca}^{2+}$  gutxiago birxurgatzea; horrek guztiak odoleko kaltzio-kontzentrazioa jaitsarazten du.

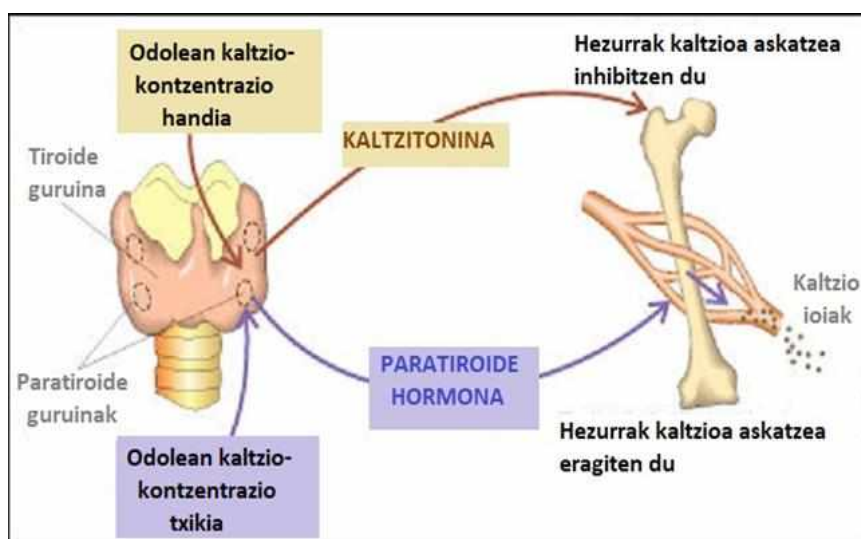
### 5.3.4. Paratiroideak

Paratiroideak tiroide guruinaren alde dortsalean kokatutako lau guruin txiki dira, dilista baten tamainakoak.



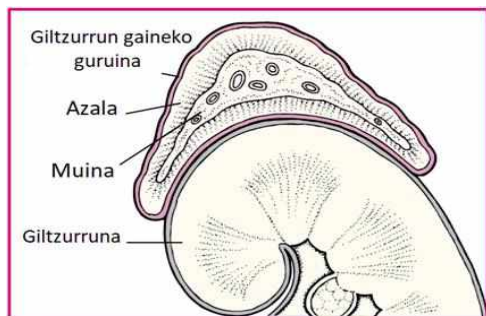
12. irudia. Tiroide guruina atzetik ikusita, eta paratiroideak

**Paratohormona (PTH)** jariatzen du; hormona horixe da kaltzioaren homeostasiaren erregulatzailer nagusia, odolera kaltzioa askatzea bideratzen du-eta odoleko kaltzio-kontzentrazioa txikiegia denean. Horretarako, hormona horrek hezurretako osteoklastoei hezur-matrizea suntsitu eta kaltzioa askatzea eragiten die. Gainera, estimulatu egiten ditu hesteak eta giltzurrunak  $\text{Ca}^{2+}$  gehiago bixurga dezaten. Beraz, tiroideak jariatzen duen kaltzitoninaren kontrako eragina du; PTH hormona hiperkaltzemikoa da, eta kaltzitonina, aldiz, hipokaltzemikoa.



13. irudia. Kaltzitoninaren eta paratohormonaren eragina odoleko kaltzio-mailan

### 5.3.5. Giltzurrun gaineko guruinak



14. irudia. Giltzurrun gaineko guruina

Izenak adierazten duen bezala, giltzurrun gaineko guruinak giltzurrunen goiko aldean daude erantsita. Guruin horiek, egiturari eta funtzioari dagokionez, desberdinak diren bi alde dituzte: azala eta muina. Berez, organo endokrino bi izango balira bezala funtzionatzen dute.

**Giltzurrun gaineko muinak**, nerbio-sistema sinpatikoak kitzikatuta, **adrenalina eta noradrenalina** jariatzen ditu larrialdi-, beldur- edo estres-egoerei erantzuteko. Hormona horiek alerta-egoeran jartzen dute organismoa prozesu hauen bidez: metabolismoa eta odoleko glukosaren maila handitzen dute, bihotz-maiztasuna eta arnasketa areagotu, muskulu eskeletikoan odol-hodiak dilatatzea eragin, bronkioak dilatatu, eta digestio-hodian uzkurdurak eragin. Honela, nerbio-sistema sinpatikoaren erantzunari laguntzen diote, eta luzatu egiten dute erantzuna mehatxua izan daitekeen egoera bati erantzuteko (*borroka edo ihesa* erantzuna).

**Giltzurrun gaineko azalean**, hiru eremu bereizten dira, eta hormona esteroide (kortikosteroide) desberdinak jariatzen dira eremu bakoitzean. Kanpoko eremuak mineralokortikoideak sintetizatzen ditu; erdiko eremuak, glukokortikoideak; eta barruko eremuak, kantitate txikitik, sexu-hormonak –bereziki, androgenoak–.

- Mineralokortikoide garrantzitsuena **aldosterona** da; substantzia horrek eragin erabakigarria du odoleko ioien homeostasian, bereziki sodio eta potasio ioien kontzentrazioan. Aldosteronaren eragina da giltzurrun-tubuluetan  $\text{Na}^+$  gehiago eta  $\text{K}^+$  gutxiago birxurgatzea, eta horrek ur gehiago birxurgatzea dakar. Horren ondorioz, odol-kantitatea, bihotz-taupadak eta presio arteriala areagotu egiten dira.
- Glukokortikoide garrantzitsuenak **kortisola** eta **kortisona** dira. Substantzia horiek metabolismoa aktibatzen dute, eta estresari erantzuten lagundu. Gainera, eragin antiinflamatorioa ere badute.
- Gonadokortikoideak **sexu-hormonak** dira, maskulinoak zein femeninoak. Giltzurrun gaineko azalak sexu-hormonen kantitate txikiak ekoizten dituen arren, androgeno adrenal gehiegi ekoizteak ezaugarri maskulinoak agerrarazten ditu emakumeetan, hala nola hirtsutismoa –ilea haztea ohikoak ez diren lekuetan– eta alopezia.

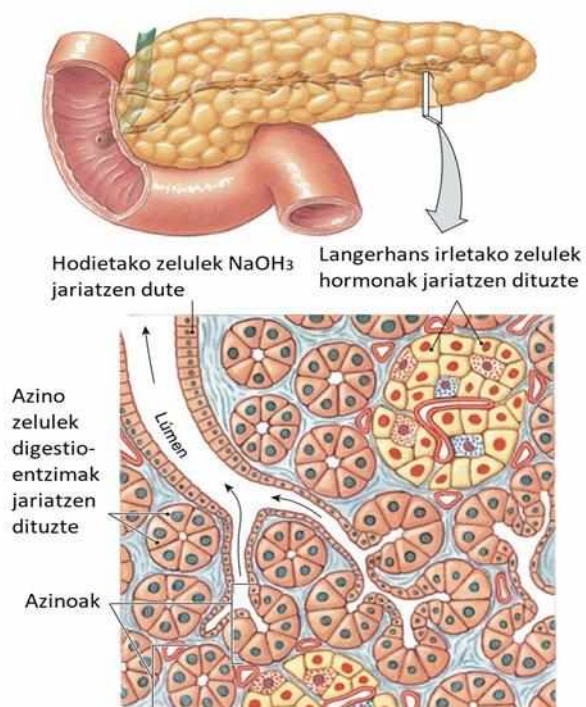


### 5.3.6. Pankrea

Pankrea guruin mistoa da; izan ere, odolera, intsulina eta glukagoi hormonak jariatzen ditu –atal endokrinoa–, eta heste meharrera, berriz, pankrea-urina –atal exokrinoa–. Urdailaren atzealdean dago kokatuta, gibelaren azpian, eta forma luzatua eta konikoa du; duodenoak inguratzen du organo hori alde zabalenetik.

Atal endokrinoa **Langerhans-en irlak** (irla pankreatikoak) izeneko egiturek osatzen dute: kapilarren inguruan antolatzen dira, urin pankreatikoa jariatzen duten zelula azinoen artean sakabanaturik. Hormonak jariatzen dituzten Langerhansen irla horietan, lau zelula-mota daude:

- **α zelulak** % 25 dira; glukagoia jariatzen dute.
- **β zelulak**, % 60; intsulina jariatzen dute.
- **δ zelulak**, % 10; somatostatina jariatzen dute.
- **PP zelulak**; polipeptido pankreatikoa (PP) jariatzen dute.



**15. irudia.** Pankrea guruin mistoa; zelula exokrinoak eta irla pankreatikoak

Hormona horiek ezinbestekoak dira. Izan ere, elikatze/barau bitarteetan sortzen diren odoleko glukosa-kontzentrazioaren gorabeherak saihestu, eta glukosaren oreka homeostasikoa bermatzen dute. Langerhasen irlletako zelulek glukosarako sentzore gisa jokatzen dute –estimulu humorelei erantzuten diete– intsulina eta glukagoia behar diren neurrian jariatuz.

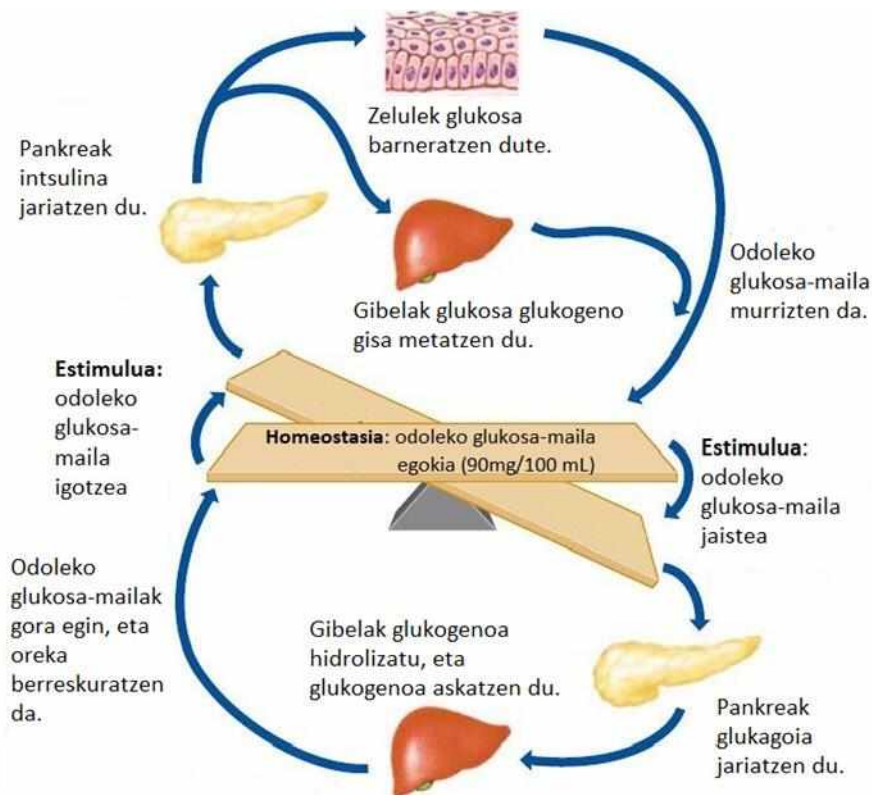
Odoleko glukosa-maila altua denean, β zelulek **intsulina** jariatzen dute, eta odolera isuri. Intsulinak, gorputzeko ia zelula guztietan, mintz plasmaticoaren glukosarekiko

iragazkortasuna handitzen du, eta glukosa zelula barnera sarrarazi. Eragin hori oso azkarra da: intsulina itu-zelulen errezeptoreekin elkartu, eta handik hogeitasegundora zelulak glukosarekiko iragazkor bihurtzen dira. Zelulek glukosa hori erregai gisa erabiliko dute, edo, energia beharrak ase baditu, transformatu egingo dute glukogeno edo gantzetan metatzeko.

Intsulinak, beraz, eragin hipogluzemikoa dauka, odoleko glukosa-maila jaitsarazten du eta. Glukosaren odol-kontzentrazioa jaistean,  $\beta$  zelulek, intsulina jariatzeko estimulurik ezean, utzi egiten diote intsulina ekoizteari –atzeraelikadura negatiboko erregulazio-sistemaren beste kasu bat–.

Intsulina ezinbestekoa da glukosa zelulan sar dadin, eta, gainera, eragin hipogluzemikoa duten hainbat substantzia badaude ere, bakarrik intsulinak jaitsaraz dezake odoleko glukosa-maila. Beraz, bistan da intsulina-gabeziak berehalako ondorio larriak dituela gorputzean: batetik, zelulak energia lortzeko erregairik gabe geratzen dira, eta, bestetik, hipergluzemiak odoleko zelulen plasmolisia eragiten du, eta heriotza ere kausa dezake.

Intsulinak beste aldaketa batzuk ere eragiten ditu; besteren artean, aktibatu edo inhibit egiten du hainbat proteinaren eraketa, baina oraingo ez ditugu aztertuko.



16. irudia. Glukosa-mailaren erregulazioa

Odoleko glukosa-maila altua denean, irla pankreatikoetako  $\alpha$  zelulek **glukagoia** jariatzen dute. Hormona horren itu-organoa, hasiera batean behintzat, gibela da. Glukagoiaren eraginpean, gibekeko glukogenoa hidrolizatu, eta glukosa askatzen da odolera; glukoneogenesisia ere areagotzen du glukagoiak. Beraz, beste hormona batzuekin batera –esaterako, glukokortikoideak–, glukagoiak eragin hipergluzemikoa dauka, intsulinaren

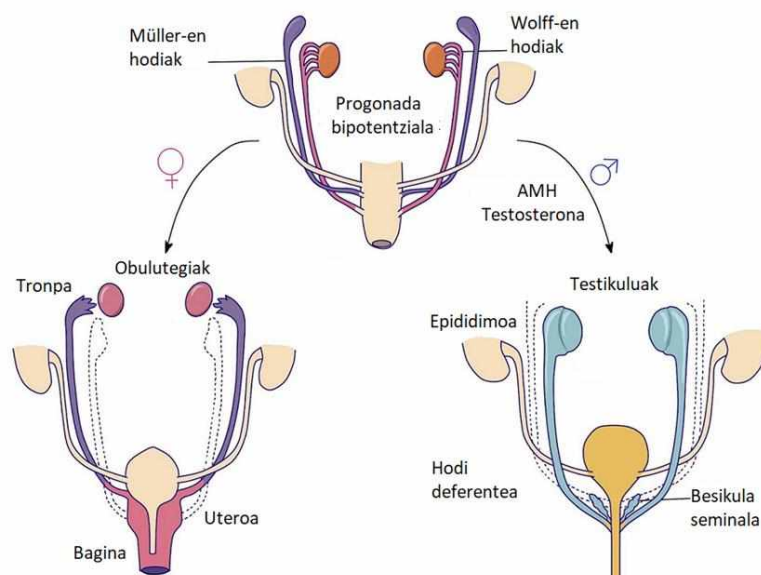
eragin antagonikoa. Horretaz gain, glukagoiaren kontzentrazio handiek maila honetan aztertuko ez ditugun beste ondorio batzuk ere ekartzen dituzte.

### 5.3.7. Gonadak: obulutegiak eta testikuluak

Gonadak dira sexu-hormonak jariatzen dituzten gorputzeko organo nagusiak. Hormona horiek eginkizun garrantzitsua dute sexu-diferentziaziorako prozesuan, sexu-organoen garapenean, gametoen sorreran eta ezaugarri sexual sekundarioen agerpenean.

Aurrera jarraitu baino lehen, sexu-diferentziazioari buruzko argibide batzuk emango ditugu. Badakigu sexu-diferentziazioan faktore genetikoa –XX edo XY– ez dela bakarra, ezta erabakigarria ere, eta, besteren artean, oso garrantzitsua dela faktore hormonalak. Garapen enbrionarioan, hasieran, bipotentzialak dira progonadak; hau da, fenotipo femeninoak –obulutegiekin– edo maskulinoak –testikuluekin– gara daitezke: bata zein bestea. Garapen enbrionarioaren 5. asteen hasten da gonaden sexu-diferentziazioa, eta aldeztu aurretik desberdin gabe zeuden progonadak testikulu edo obulutegi bihurtuko dira.

Gonada arrak garatzeko, Y kromosoman dagoen SRY genea eta SOX9 gene autosomikoa aktibatzea izango da erabakigarria; gonada emeak garatzeko, aldiz, Wnt4 eta DAX1 geneak aktibatu behar dira. Testikuluak garatzen badira, 8. eta 10. asteen artean hasten dira testosterona jariatzen. Testosteronak eraginda, barneko (6. eta 12. asteen artean) eta kanpoko (13. eta 20. asteen artean) sexu-organo arrak eratzen dira. Horrekin batera, hormona horrek fetuan eratzen ari diren organo eta egitura guztietan du eragina. Jariatze maximoa –eta, ondorioz, eragin maximoa– 14. eta 18. asteen artean izaten da. Obulutegiak garatzen badira, testosteronarik ezean, fetuaren garapen lehenetsia emea da; hau da, barneko eta kanpoko sexu-organo emeak eratzen dira. Obulutegiek ez dute nerabazarora arte hormona feminizatzailerik jariatzen.



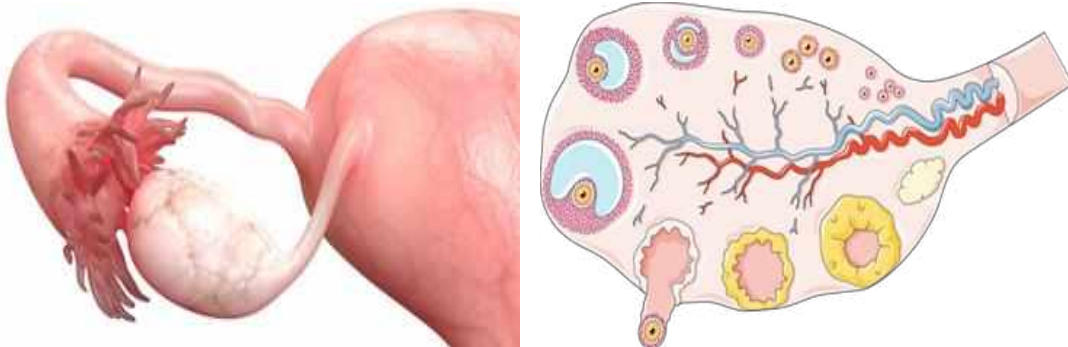
17. irudia. Progonada bipotentzialak eta gonaden sexu-diferentziazioa

Ezaugarri sexual sekundarioak direla eta, esan beharra dago gizakia dimorfismo sexuala erakusten duen espeziea dela, baina arrak eta emeak bereizten dituzten ezaugarri horiek ez dira, ez baztertzailak, ez eskusiboak. Gainera, sexu-ezaugarri primarioak ez bezala, ezaugarri sexual sekundarioak ez dira binarioak; hau da, zuri eta beltzaren arteko grisen artean ez dago muga zehatzik. Gutako bakoitzak duen sexu-ezaugarri bakoitza *continuum* horren lekuren batean aurkitzen da, eta, leku desberdinetan egon gaitzke ezaugarri bakoitzean. Hori dela eta, berez, gizakia espezie intersexuala da: guztiok ditugu, neurri desberdinean, ezaugarri sexual maskulinoen eta femeninoen konbinazio berezia, bakarra eta errepikaezina.

**Ezaugarri sexual primarioak** aipatzen ditugunean, sexu bakoitzari eta ez besteari, dagozkion ezaugarri propio eta baztertzailak ari gara: barneko eta kanpoko sexu-organoak, eta baita identitate sexuala ere –emakumea edo gizona izatearen autopertzepzioa–. **Ezaugarri sexual sekundarioak**, ostera, sexu bietan azaltzen dira, baina maila desberdinean: adibidez, gizonak eta emakumeak izaten dute ilea gorputz osoan, baina sarritasuna desberdina izaten da. Ezaugarri horiek sexu batean bestean baino gehiagotan agertzeak ez du esan nahi beti hala agertzen direla. Izan ere, kontrakoa esan nahi du: ez direla beti agertzen, hain zuzen. Beraz, maskulinoak ez du esan nahi “gizonezkoen ezaugarri propioa dena” edo “norbait gizonezko egiten duena”. Eta femeninoak ez du esan nahi “emakumeen ezaugarri propioa dena” edo “norbait emakume egiten duena”. Adibidez, gizonak ahots-erregistro baxuagoa izaten dute emakumeak baino, eta horregatik esaten dugu behe-ahotsa ezaugarri maskulinoa dela. Baina, jakina, badaude goi-erregistroa duten gizonak eta behe-ahotsa duten emakumeak.

Argibide horiek emanda, jarraian azalduko dugu nolakoak diren gonadak eta zer eginkizun endokrino duten.

Emakumezkoen gonadak, **obulutegiak**, barrunbe pelbikoan kokatzen dira, eta arbendolaren forma eta tamaina dute. Haien eginkizuna da batetik gameto emeak sortzea –obuluak– eta bestetik hormona esteroideen mota bi jariatzea –**estrogenoak** eta **progesterona**–. Esan bezala, obulutegiak jariatzen ditu hormona horiek, eta, haurdunaldian, plazentak ere jariatzen du progesterona.

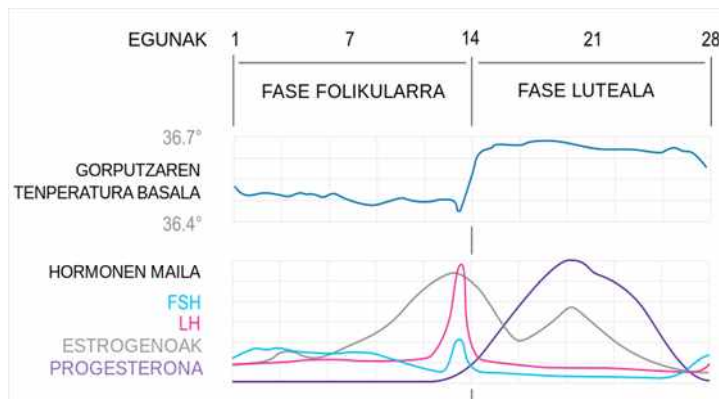


**18. irudia.** Obulutegiaren kanpoko eta barruko irudikapenak

**Estrogenoen** eraginpean, sexu-organoak hazi, aktibatu eta garatu egiten dira.

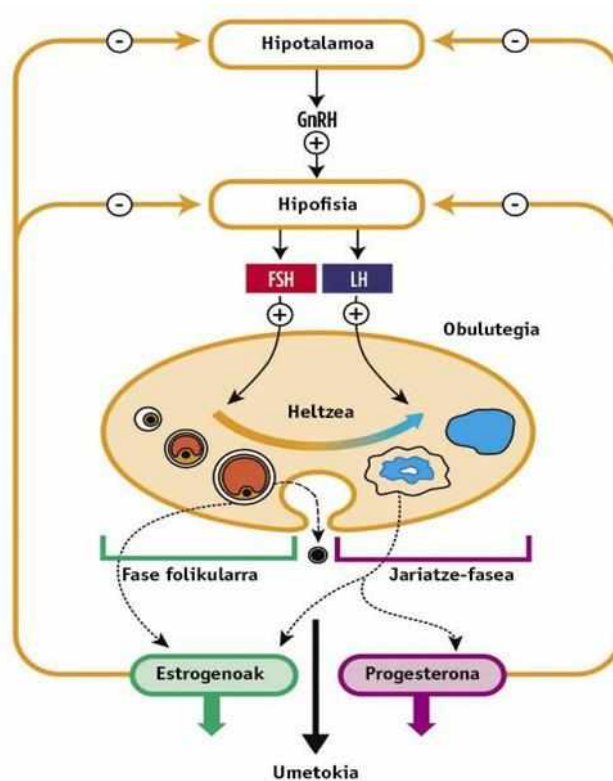
- Progesteronarekin batera, ziklo menstrualean gertatzen diren aldaketak eragiten ditu. Aldaketa horiek ugaltze-aparatua aztertzean azalduko ditugu.
- Falopioren tronpetan, ugaritu egiten dira guruin-zelulak eta zelula ziliodunak, eta bizitu egiten da zilioen mugimendua.
- Garatu egiten dira ugatzetako azinoak eta hodixkak, eta metatu lipidoak.
- Estrogenoek areagotu egiten dute hezurren hazkuntza –osteoblastoen aktibitateak gora egiten du–, baina hazkuntza ez da gizonetzkoena bezain handia izaten, lehenago lotzen da-eta epifisia diafisiarekin.
- Lipido gehiago metatzen da gorputzaren hainbat eremutan; esaterako, aldaka inguruan.
- Handitu egiten dute proteina-metaketa, baina ez testosteronak bezainbeste.

**Progesterona**, hilekoaren bigarren fasean, gorputz luteoak sortzen du, eta, haurdunaldian, plazentak. Hormona horrek haurdunaldirako prestatzen du umetokia, uteroaren jariaketa eraginez eta endometrioia lodiaraziz. Haurdunaldian, alde batetik, progesteronak erlaxatuta mantentzen ditu uteroaren paretak, ezarritako enbrioia kanporatu ez dadin; bestetik, edoskitzeko prestatzen du bular-ehuna; eta, azkenik, amak fetuaren antigenoen aurrean erantzunik ez ematea ahalbidetzen du.



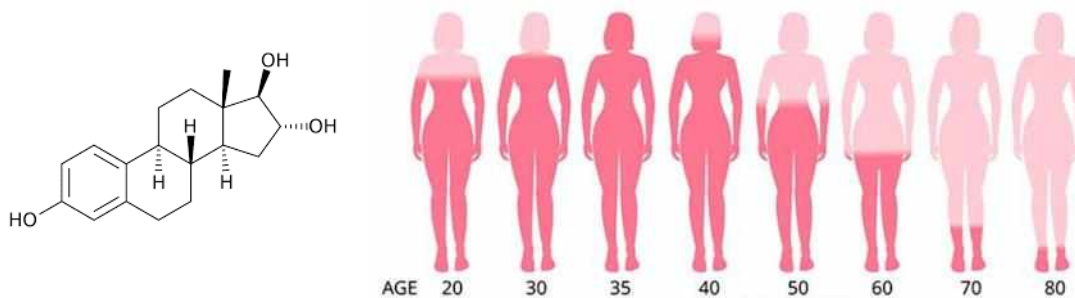
**19. irudia.** Hormona-mailak ziklo menstrualean zehar

Ziklo menstrualean zehar, estrogeno- eta progesterona-mailak aldatzen doaz, aurreko hipofisiaren hormona gonadotropikoek (LH eta FSH) eraginda eta atzeraelikadura negatiboko mekanismoek erregulatuta.



20. irudia. Sexu-hormonen jariateta eta feedback-erregulazioa

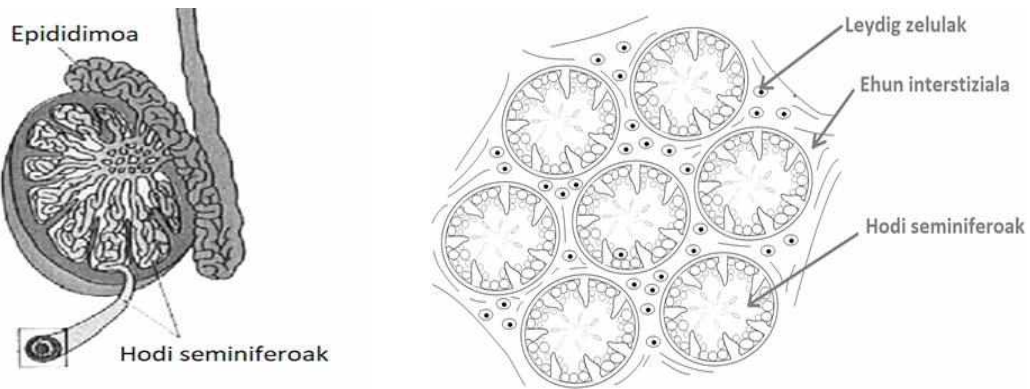
Ziklo menstrualean zehar gertatzen diren aldaketez gain, adinarekin ere aldatzen doa sexu-hormonen jariateta-maila.



21. irudia. Estrogeno molekula eta estrogeno-maila adinaren arabera

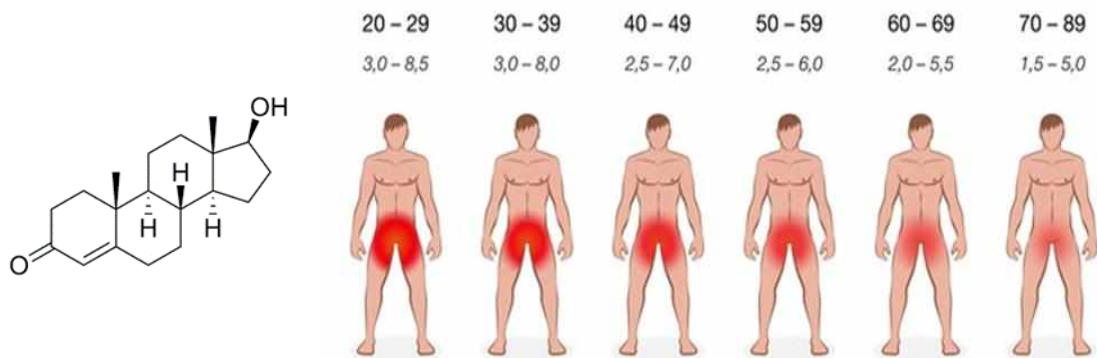
Gizonezkoen gonadak, **testikuluak**, barrunbe pelbikoaren kanpoaldean daude, eskroto izeneko azalaz inguratuta. Forma obalatuko organo horiek espermatozoideak sortzen dituzte, eta hormona androgenoak jariatzen dituzte; horien artean, **testosterona** da garrantzitsuen.





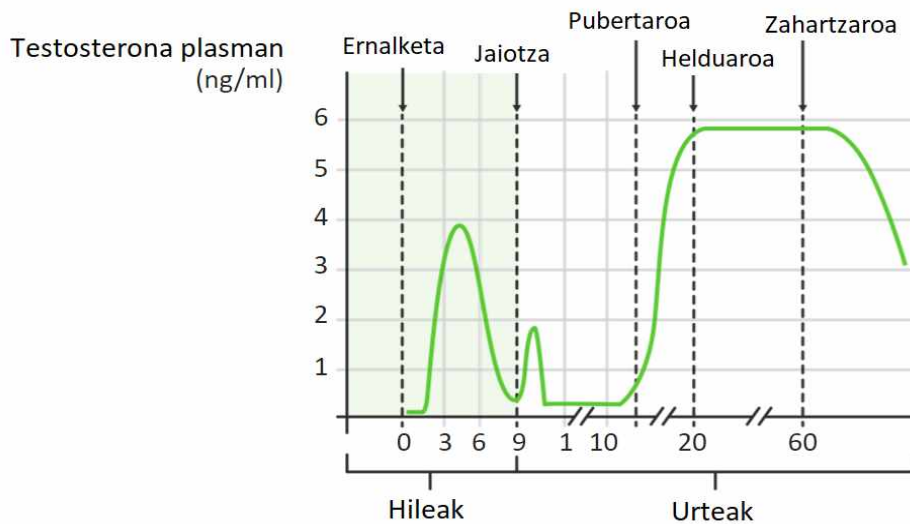
**22. irudia.** Testikulua, semen-hodixkak eta Leydig zelulak

Gizon helduek batez beste 5-7 mg testosterona jariatzen dute egunean; % 90 testikuluen hodi seminiferoen artean kokatutako Leydig zelulek ekoizten dute, eta gainerako % 5-10a giltzurrun gaineko guruinen azalak jariatzen du. Bizitzan zehar, aldatzen doa testosterona-maila: jaio eta gero, gorakada bat dago; umezaroan, aldiz, maila baxuetan mantentzen da; baina, nerabezaroan, aktibatu egiten da jariaketa. 20 urteren inguruan izaten da maximoa; adinarekin, murrizten doa jariaketa, eta 60-70 urtetik aurrera, nabarmen jaisten da. Ondorioz, jaitsiera horrek baldintzatu egiten du gizonezkoen ernalketa-gaitasuna.



**23. irudia.** Testosterona molekula eta testosterona-maila (ng/mL) adinaren arabera

Aurretik aipatu dugun bezala, testosteronak, jaio aurretik ere, eginkizun erabakigarria du fetuaren sexu-diferentziazioan, bai testikuluen eta ugal-aparatuko organoen eta egituren garapenean, bai sortzen ari diren gorputzeko beste egitura guztietan. Jaio aurretik edo jaio berritan, barrunbe pelbikoan dauden testikuluak jaitsarazten ditu. Jaioberrietan, testosterona-mailak gora egiten du, eta, ondoren, umezaroan, maila baxuetan mantentzen da.



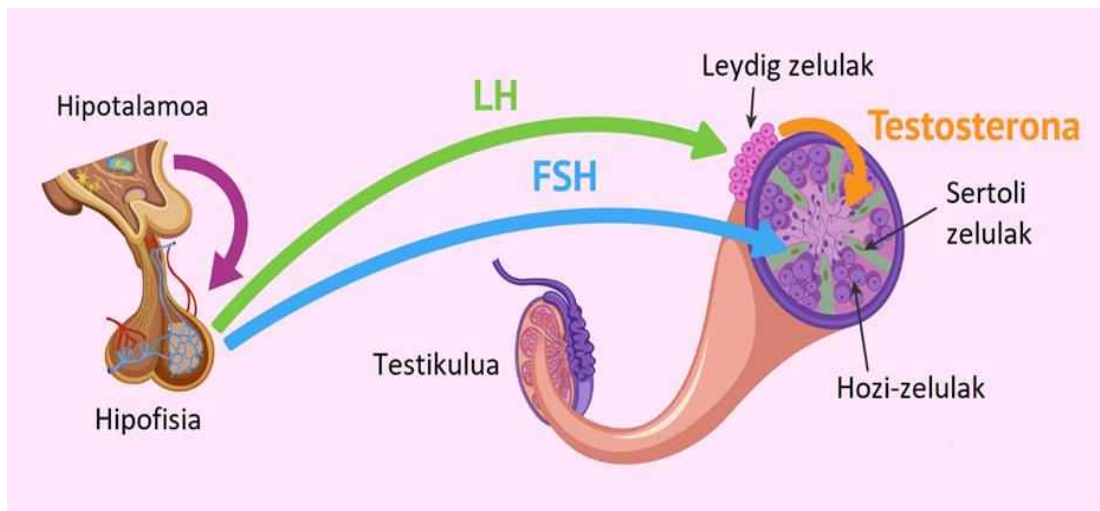
**24. irudia.** Testosterona-kontzentrazioen aldaketak jaio aurretik zahartzarora arte

Pubertaroan, nabarmen hazten da testosteronaren jariaketa, eta **espermatogenesisia** eragiten du horrek—espermatozoide funtzionalak sortzea—, baita adin-tarte horretako aldaketak ere: anatomikoak, fisiologikoak eta portaerazkoak.

Sexu-organoak hazi eta garatzeaz gain —testikuluak, zakila eta eskrotoa handitu—, abian jartzen du ezaugarri sexual sekundarioak garatzea. Besteren artean:

- Ilea gehiago eta toki gehiagotan hazten da, batez ere pubisean, aurpegian, bularrean eta zilbor inguruan.
- Hazi egiten da laringea, eta loditu ahots-kordak; horren ondorioz, aldatu egiten da ahotsa, loditu tinbrea, eta baxuago bihurtu tonua.
- Aknea ateratzen da azalean, gantz-gainjariaketak eraginda.
- % 15 igoarazten du metabolismo basala.
- Eritrozito gehiago sortzea eragiten du.
- Proteinen sintesia eta metaketa bultzatuta, garatu egiten da muskulu-masa.
- Kaltzioaren metaketa eraginez, handitu egiten da hezurren luzera eta lodiera.
- Gerri pelbikoa estuagoa bihurtzen da.
- Handitu egiten du sexu-grina edo desira.
- Aldaketak eragiten ditu portaeran; esaterako, jokabide arriskutsuak, agresibitatea eta lehiakortasuna bultzatzen ditu. Jakina, portaera horien erantzule bakarra ez da testosterona, giza portaera elkarri eragiten dioten hainbat faktoreren emaitza baita; baina ezin dugu ukatu hormona horrek baduela eragin erabakigarria.

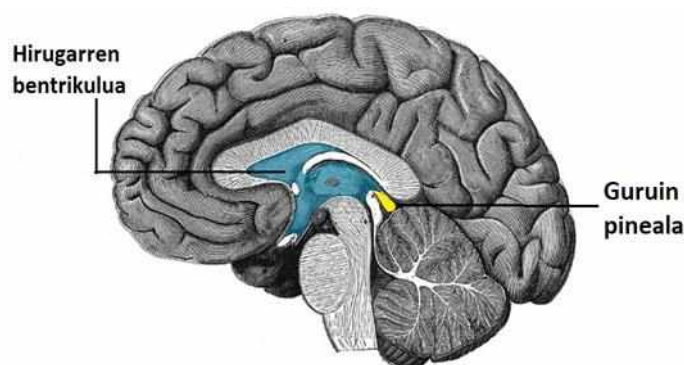
Aurreko hipofisiaren LH hormona gonadotropikoa da testosteronaren jariaketaren eragilea, eta atzeraelikadura negatiboko mekanismoek erregulatzen dute jariaketa hori, testosterona-mailak etengabe gora egiteak ondorio kaltegarriak izango lituzke eta.



25. irudia. Hipofisiaren LH hormonak eragiten du testosterona jariatzea

### 5.3.8. Guruin pineala edo epifisia

**Guruin pineala** entzefaloan dago, garuneko hirugarren bentrikuluaren atzeko aldean. Forma konikoa du, pinaburu batenaren antzekoa, eta tamaina txikia, arroz-ale baten neurrikoa. Haur jaio berriek eta gazteek guruin pineal handiagoa izaten dute helduek baino, adinarekin txikiagotu egiten da eta. Neurohormona bat jariatzen du: **melatonina**.



26. irudia. Garunaren hirugarren bentrikulua eta guruin pineala

Melatoninaren ekoizpena argiaren intentsitatearen mende dago; izan ere, iluntasunak aktibatu egiten du melatoninaren ekoizpena, eta argitasunak, berriz, inhibititu. Hori dela eta, melatonina-maila egunaren iraupenarekin eta gau-egun zikloekin aldatzen da: kontzentrazio maximoa gauz gertatzen da (100-200 pg/mL tartekoa), eta, minimoa, aldiz, egunez (10-30 pg/mL tartekoa). Melatoninak loaldi-esnaldiak modulatu laguntzen du, loa eragiten baitu. Halaber, melatonina antioxidatzaile indartsua da, eta, neurri batean, erradikal askeek zelulei eragiten dieten kalteak ekiditen ditu. Horrez

gainera, sistema immunologikoa ere estimulatzen du –eta, hortaz, zenbait tumore-mota agertzeko probabilitatea murriztu–.

Gauerdiaren eta goizaldeko laurak artean argi artifizialaren eraginpean egoteak erabat inhibitzen du melatoninaren jariaketa. Esposizioa goizez edo arratsaldez bada, aurreratu edo atzeratu egin daiteke melatonina sortzeko fasea. Bestetik, adinean aurrera egin ahala, melatonina gutxiago sortzen dugu. Erraz igar dezakegu zer eragin dituen horrek zahartzaroan: lo gutxiago egitea, zelulak oxidatzea eta immunitate-sistema ahulagoa izatea.

### 5.3.9. Bestelako ehun eta organo endokrinoak

#### ❖ Timoa

Bularrezurraren atzean dago, goiko toraxaren barruan. Timoa, adinarekin, endekatuz doa, eta txikiagotu egiten da haren tamaina. Timoa sakonago aztertuko dugu immunitate-sistema aztertzean, baina, **timosina** hormona jariatzen duenez, hemen ere aipatu beharra dugu. Hormona hori funtsezkoa bide da T linfozitoak garatzeko, eta, orokorrean, erantzun immunitarioak egoki funtzionatzeko.

#### ❖ Plazenta

Plazentak bere gain hartzen ditu hipofisiaren eta obulutegien hainbat funtzio endokrino, haurdunaldia mantentzeko ezinbestekoak direnak. Hormona hauek jariatzen ditu:

- **Estrogenoa**, eta batez ere **progesterona** kantitate handitan
- **Laktogeno plazentarioa** (hPL edo hCS). Intsulina inhibituz, aldaketak eragiten ditu emakumearen metabolismoan, fetuari energia gehiago bideratzeko.
- **Relaxina**: pubiseko sinfisia erlaxatuz erditzea errazten du.

Plazenta eratuta egon arte, enbrioiak **hCG hormona** –gonadotropina korionikoa– jariatzen du, gorputz luteoak progesterona jariatzen jarraitu dezan amaren obulutegian. hCG hormonaren jariaketa ernalketa gertatu eta ia-ia berehalakoa denez, haurdunalditesteek hormona hori detektatzen dute.

Aipatu beharra dago haurdunaldian estrogenoaren, progesteronaren eta laktogenoaren eraginez aldatu egiten direla bular-guruinak eta esne-jariatzaile bihurtzen direla edoskitzerako prest egon daitezen.

#### ❖ Giltzurrunak

Hormona hauek jariatzen ditu:

- **Renina**. Aldosterona eta ADH hormonon jariaketa eragiten duenez, presio arteriala igoarazten du, egarri-sentsazioa sorrarazi, eta gernu gutxiago erarazi.
- **Eritropoietina**. Globulu gorrien ekoizpena estimulatzen du.

### ❖ Urdail-hesteetako traktua

Urdailaren eta duodenoaren mukosak hainbat hormona peptidiko jariatzen dituzte – hamabiren bat edo–. Garrantzitsuenak aipatuko ditugu:

- **Gastrina.** Urdailaren mukosak jariatzen du, eta HCl eta pepsinaren jariaketa eragiten du.
- **Sekretina.** Heste-mukosak sortzen du, eta urin pankreatikoaren jariaketa estimulatzen du. Gainera, urdailaren hustuketa atzeratu, eta haren jariaketa azidoa inhibitzen du.
- **Pankreomizina** (kolezistokinina). Urin pankreatikoa jariatzea eta behazun-xixkua uzkuratzea eragiten du, eta, ondorioz, behazuna askatzen du.
- **VIP** (*vasoactive intestinal peptide*). Heste-urinaren jariaketa areagotzen du, eta urin gastrikoarena inhibititu.

### ❖ Gantz-ehuna

- **Leptina.** Jateko gogoak kendu, eta energia-gastua handitzen du.
- **Erresistina.** Gibelego zeluletan, intsulinararen eragin antagonikoa dauka.

## 6. UGALKETAREN FISILOGIA

### 6.1. SARRERA

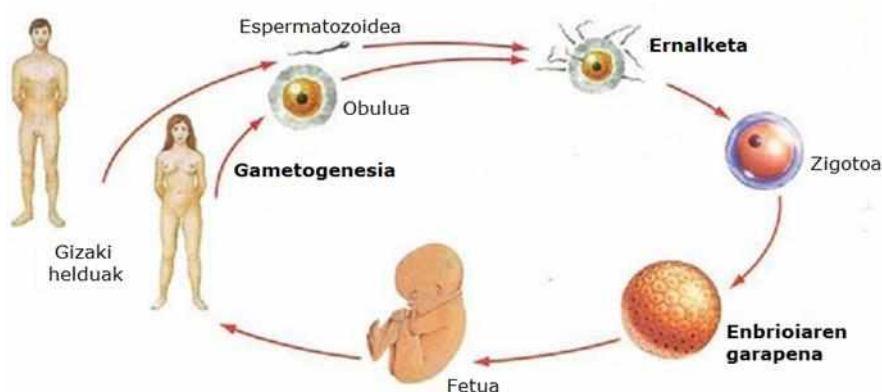
Bizidunen ezaugarrien artean ugalketa da, agian, ezaugarririk berezkoena eta harrigarriena. Ohituta gaude bizidun batetik beste bizidun batzuk sortzen ikustera, baina bizidunak bezalako sistema konplexuen kopiak egitea ez da lan makala. Gai honetan, gizakiaren ugalketaren fisiologia aztertuko dugu, betiere kontuan hartuta animalia ugaztuna dela *Homo sapiensa*.

Gizakiok ugalketa sexuala dugu; hau da, gameto arra eta gameto emea elkartuz sortzen dira gizaki berriak. Emearen gorputz barruan gertatzen da ernalketa –beraz, barne-ernalketa da gurea–, eta enbrioia eta fetua emearen gorputzaren barruan garatzen dira, ugaztun plazentadunak gara eta.



Ugalketa sexualarekin batera, sexu-grina eta sexu-portaerak garatu dira eboluzioan zehar, baina, gizakiotan bereziki, sexu-jarduerak ez dira zertan lotuta egon behar ugalketa-funtzioarekin. Azken batean, sexua, nahiz eta batzuetan kudeatzen zaila izan, eboluzioaren oparizat har dezakegu. Gainera, bioteknologiaren garapenarekin, modu artifizialean egin daitezke ugalketa-funtzioaren hainbat prozesu; adibidez, *in vitro* egin daiteke ernalketa.

Gai honetan, gizaki berriak sortzeko gertatu behar diren prozesuak deskribatuko ditugu, eta, azken atalean, gizakiaren sexu-erantzuna azalduko dugu.



1. *irudia*. Gizakiaren ugalketarako prozesu nagusiak

### 6.2. GAMETOGENESIA

Gametoak sortzeko prozesuari gametogenesi deritzo. Gonada emean –obulutegian–, gameto emeak (obuluak) sortzen dira, eta, gonada arran –testikulan–, gameto arrak

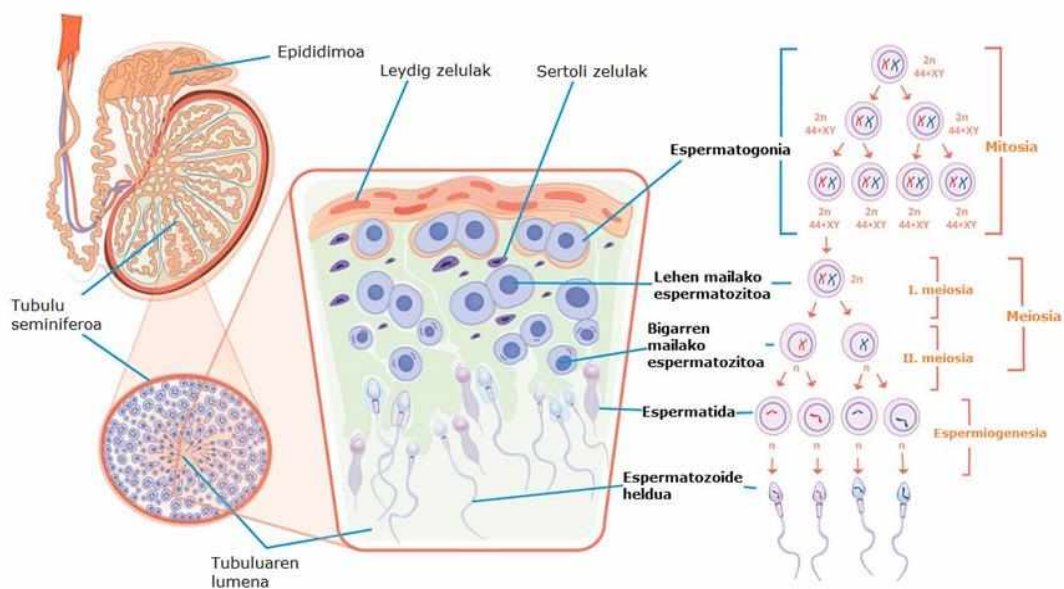


(espermatozoideak). Obuluen gametogenesisia garapen enbrionarioan hasten da, eta, ziklo menstrual bakoitzean, obulu bat sortzen da; aitzitik, espermatozoideak pubertaroan hasten dira sortzen, etengabe, eta kantitate handitan.

Gogoratu behar dugu gametoak **meiosi** bidez sortzen direla –zelula diploide ( $2n$ ) batetik abiatuta, genetikoki desberdinak diren lau zelula haploide ( $n$ ) sortzen dira–. Meiosiari esker, sortuko diren belaunaldi berrietan, kromosoma-kopurua konstante mantentzen da, eta, gainera izaki berriak desberdinak izango dira bai gurasoengandik, bai bata bestearengandik ere.

### 6.2.1 Espermatogenesisia

Esan bezala, gameto arren eraketa pubertaroan hasten da testosterona hormonak eraginda. Espermatogonia izeneko zelula, –hozi-zelula– meiosi bidez zatitu, eta lau zati horiek lau espermatozoide emankor bihurtzen dira. Horretarako, prozesu hauek gertatu behar dira:

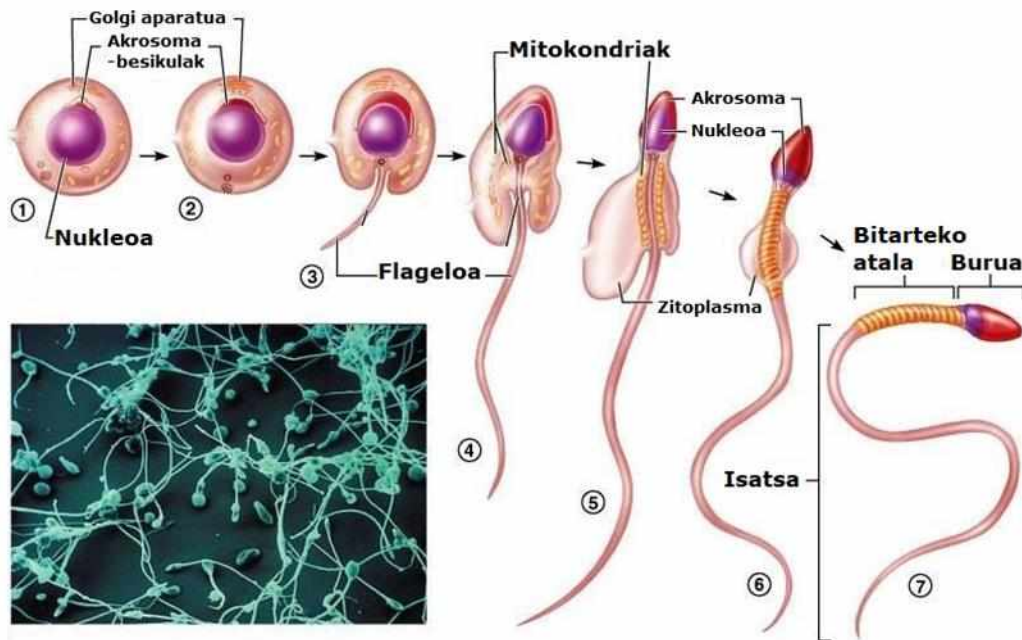


#### 2. irudia. Espermatozoideak sortzeko prozesuak, tubulu seminiferoetan

- **Zatiketa. Espermatogoniak** edo hozi-zelulak ( $2n$ ) testikuluetako tubulu seminiferoen paretetan daude, eta, bertan, mitosi bidez, espermatogonia berriak sortzen dira etengabe. Testikulu bakoitzak 1.000 tubulu inguru izaten ditu.
- **Haziera.** Espermatogonien tamaina handitu egiten da, eta **espermatozito primario** bihurtu.

- **Heltzea.** I. zatiketa meiotikoa gertatzen da, eta espermatozito primario batetik bi **espermatozito sekundario** sortzen dira. II. zatiketa meiotikoaren ostean, lau **espermatida** haploide sortzen dira. Espermatidak, hainbat aldaketa izan ostean –zitoplasma murriztu, akrosoma garatu, lepoan mitokondriak ugaritu, flageloa eratu–, **espermatozoide** bilakatzen dira. Tubulu lumenetik, epididimora abiatzen dira espermatozoideak, eta, bertan, heltze-prozesua amaitu, eta pilatu egiten dira.

Guztira, espermatozoide batek 10 bat aste behar ditu heltzeko. Eta testikulu bakoitzak segundoko 1.000 eta 1.500 espermatozoide inguru sortzen ditu.

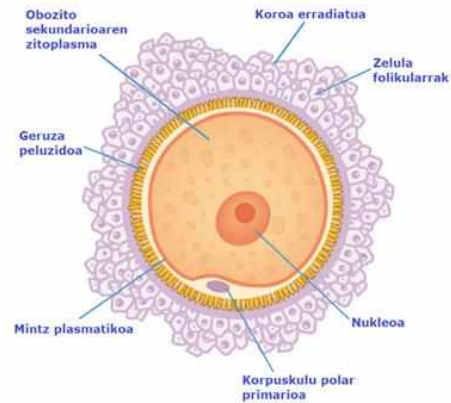
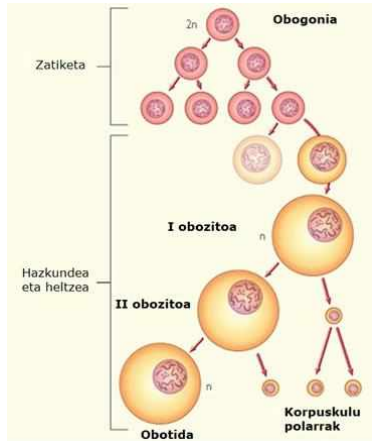


3. irudia. Espermatida espermatozoide heldu bihurtzea

## 6.2.2 Obogenesia

Emakumeetan, gametoak sortzeko prozesua jaio aurretik hasten da, eta, pubertarotik menopausia arte, hileroko ziklo bakoitzean obulu bat askatzen amaitzen da.

Hazi-zelulak obulu bihurtu arte, prozesu hauek gertatu behar dira:



4. irudia. a) Obogenesiaren faseak

b) Obozito sekundarioa

- **Zatiketa.** Obulutegietan dauden hozi-zelula diploideak ugaritu egiten dira, mitosi bidez, eta **obogonia** izeneko zelulak sortzen dira.
- **Haziera.** Obogoniak mitosi bidez zatitzen dira, eta bitelo izeneko elikagaiaz betetzen dute zitoplasma. Horren ondorioz, tamaina handitu, eta **obozito primario** bihurtzen dira. Orduan, I. zatiketa meiotikoa hasten da, baina prozesua I. profasean gelditzen da pubertarora arte. Obozito primarioak geruza batez inguratzen dira, eta horrela eratzen dira **folikulu primarioak**, gerora De Graafen folikulu bihurtuko direnak. Aurreko prozesu horiek guztiak fetuaren garapenaren hirugarren eta zazpigarren hilabeteen artean gertatzen dira. Jaiotzean, emakume batek 200.000 folikulu primario baino gehiago ditu, gutxi gorabehera. Pubertarotik aurrera, ziklo menstrual bakoitzean eta FSH hormonak eraginda, hainbat folikulu hasten dira garatzen, baina gehienak endekatu egiten dira, eta obozito bakarra (edo gehiago) hazten da, azkar, eta hurrengo fasera pasatzen da. Hori dela eta, 400 – 500 obulazio inguru gertatzen dira emakume baten bizitzan. Menopausiaren aurreko urteetan, folikulu primarioen endekatze-prozesua gertatzen da.

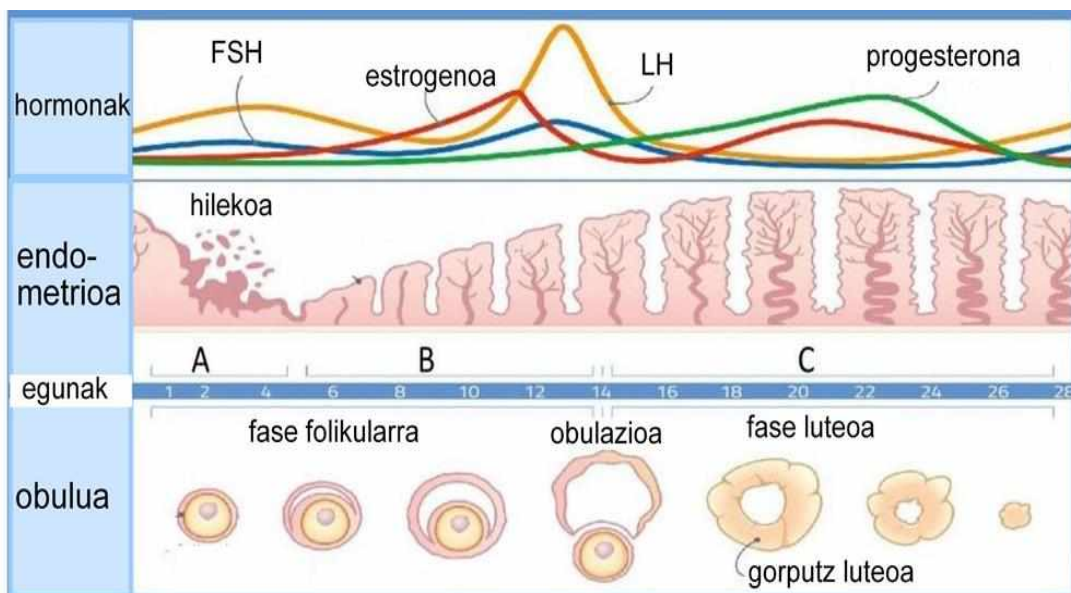


5. irudia. Folikulu primarioen kopuruaren bilakaera, adinarekin

- **Heltzea.** Emakumea heldutasun sexualera iristen denean, hormonien eraginez, erdibidean geratu zen I. zatiketa meiotikoari berrekiten dio obozito primarioak, eta bi zelula haploide sortzen dira: bata, handia, **obozito sekundarioa**, eta, bestea, oso txikia, korpuskulu polar primarioa. Ondoren, II. zatiketa meiotikoa hasten da, baina II. metafasean gelditzen da prozesua. Horrekin batera, folikulu primarioa hazi, eta folikulu sekundario bilakatzen da, eta, ondoren, De Graaf folikulu bihurtzen da. Obulazioan, De Graaf folikulua zabaldu, obozito sekundarioa irten, eta obulutegitik kanpo jarraitzen du heltze-prozesua. Ernalketa gauzatzen bada, aurrera doa meiosis –hau da, bigarren zatiketa meiotikoa burutzen da–, eta lau zelula haploide sortzen dira: obozito sekundariotik, **obotida** eta korpuskulu polar sekundario bat; eta, lehen korpuskulu polarretik, bi korpuskulu polar sekundario. Ernalketak aurrera egiten badu, endekatu egiten dira hiru korpuskulu polarrak, eta obozida, elikagaiz bete eta garatu ondoren, **obulu** bilakatzen da. Beraz, espermatogenesisian ez bezala, obogonia batetik obulu bakarra sortzen da.

### 6.3. EMAKUMEAREN ZIKLO MENSTRUALA

Gizonek ez bezala, ugalketa-ahalmena ziklikoa eta aldizkakoa dute emakumeek. Ugalketa-zikloak hogeita zortzi bat egun irauten du, baina, hainbat faktore direla eta, alda daiteke zikloaren iraupena.



6. irudia. Ziklo menstrualean zehar gertatzen diren aldaketak

Ziklo menstrualean, fase bi bereizten dira: fase folikularra (zikloa hasi eta obulazioa gertatu arte) eta fase luteoa (obulaziotik zikloa amaitu arte). Zikloa hormona hauek erregulatzen dute:

- **FSH hormona** –hormona folikulu-estimulatzailerak– **eta LH hormona** –hormona luteinizatzailea–. Bi hormona horiek hipofisiak jariatzen ditu hipotalamoak eraginda. LH hormonak obulutegian folikuluak heltzea –folikulu sekundarioak–

eta estrogenoak jariatzea eragiten du. Atzeraelikadura positibo bidez, estrogenoek hipofisiak FSH eta LH hormona gehiago jariatzea eragiten dute. Zikloa hasi eta hamalau egunera, LH hormonaren maila maximoak obulazioa gertatzea eragiten du. Orduan, batetik, askatutako obozito sekundarioa (obulua) Falopioren tronpan sartzen da, eta, bestetik, LH hormonak eraginda, folikula gorputz luteo bilakatzen da. Gorputz luteoak, gainera, hormonak –gehienbat progesterona– jariatzen jarraituko du beste bi astez, ernalketarik ez badago zikloa amaitzean endekatu egiten da eta.

- **Estrogenoek** endometrioia loditzea eragiten dute, batez ere zikloaren fase folikularrean.
- **Progesteronak** endometrioia haztea eragiten du, bereziki endometrioaren guruinen ugaritzea eta handitzea. Ernalketarik ez badago, gorputz luteoa endekatu, eta jaitsi egiten da progesteronaren kontzentrazioa. Horren ondorioz, askatu egiten da endometrioia, eta, odolarekin batera, kanporatu egiten da hiruzpalau egunean. Odoljarioaren lehenengo eguna da hurrengo zikloaren hasiera.

Zikloan zehar, muki-fluidoa jariatzen da –bagina-fluxua–: kantitatea eta izaera aldatzen doaz zikloaren fasearen arabera. Obulazioan, fluxu hori ugariagoa, gardenagoa eta elastikoagoa da, uteroko lepoko guruinak aktiboago daudelako. Horrek erraztu egiten du espermatozoideak umetokian sartzea. Obulazioaren ostean, berriz, muki-fluidoa lodiagoa da, kolore horixka hartzen du, eta ez da hain elastikoa. Bestetik, progesteronamailak eraginda, tenperatura zertxobait handiagoa izaten da zikloaren fase luteoan.



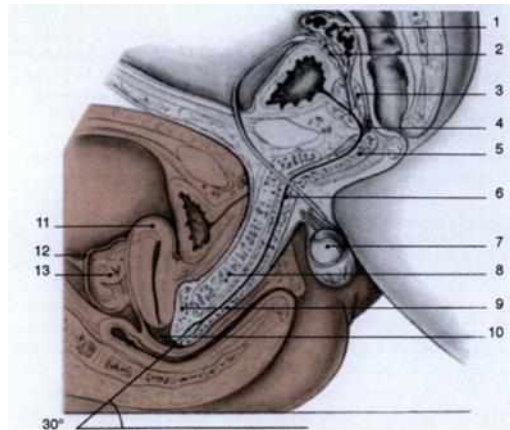
7. **irudia.** Tenperatura basalaren aldaketa zikloan zehar

Ernalketa gertatzen bada, zigotoa endometrioan finkatzen da, baina gorputz luteoa ez da endekatzen, eta progesterona hormona jariatzen jarraitzen du. Hori dela eta, hilekoaren odoljarioa ez da gertatzen.

## 6.4. KOPULA ETA ERNALKETA

Barne-ernalketa duten animalietan, emearen gorputzaren barruan elkartzen da espermatozoidea obuluarekin. Gizakiaren kasuan, espermatozoideak barneratzeko, zakila –odolez beterik, gogortuta eta erekzioan– emakumearen baginan sartzen da, eta, uzkurdua erreflexuek eraginda, esperma isurtzen du bat-batean (eiakulazioa). **Eiakulazio** batean, 300 milioi espermatozoide inguru egozten dira, baina, baginaren azidotasunagatik eta bidaia luzea izateagatik, ehundaka gutxi batzuk baino ez dira iristen

Falopioren tronpara. Horietako gutxi batzuek (50 – 150 batek) baino ez dute inguratzen dute obulua, eta bakarrik bakar batek burutuko du ernalketa. Kontuan hartu behar da obulua 24-48 ordu bizi daitekeela, eta, espermatozoidea, berriz, 3 eta 5 egunen artean; beraz, espermatozoideak emakumearen obulazioa gertatu pare bat lehenago sartu badira, berdin-berdin gera daiteke haurdun emakumea.

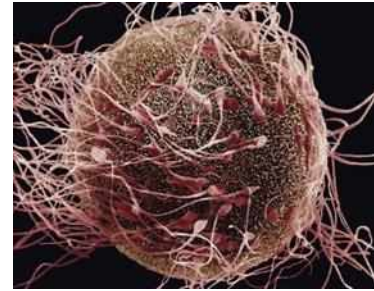
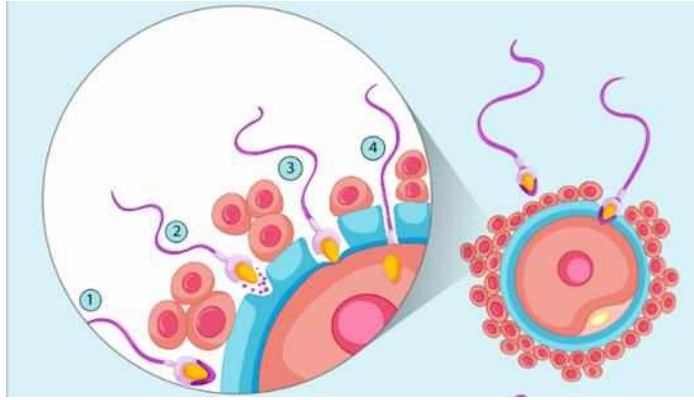


**8. irudia.** *Kopula*

Bitxikeria gisa, aipa daiteke ugaztun gehienak zakilek (primate gehienak barne) makulu izeneko hezurra dutela, erekzioa izan gabe sarketa ahalbidetzen duena. Espezie gutxi batzuek (hienak, martsupialak, lagomorfoak eta ekino batzuk– beste mekanismo batzuen bidez tentetzen dute zakila, eskuarki ehun zutikorrek odolez betez.

Nahiz eta espermatozoide bakarrak obulua ernaldu, esan dezakegu ernalketa hainbat espermatozoideren arteko lehia eta aldi berean talde-lana dela. Izan ere, obuluaren geruzak zeharkatzeko hainbat espermatozoidek jariatutako entzimak dira beharrezkoak; lehenengo, koroa erradiatua igarotzeko, eta, ondoren, geruza peluzidoa zeharkatzeko. Obulua inguratzen duen espermatozoide-kopurua txikia bada, ezinezkoa da horietariko bat obuluaren mintz plasmatikora iristea. Espermatozoide batek obozitoaren mintz plasmatikoa ukitzen duenean, bat egiten dute gameto bien mintzek, flageloa askatzen da, eta nukleoa duen burua sartzten da. Obuluaren mintza iragazgaiztu egiten da istantean, espermatozoide gehiago sar ez daitezten.





9. **irudia.** *Ernalketarako, hainbat espermatozoide dira beharrezko.*

1. *askoren artean koroa erradiatua zeharkatzea*
2. *askoren artean geruza peluzidoa zeharkatzea*
3. *espermatozoide batek obozitoaren mintzarekin bat egitea*
4. *flageloa askatu, eta burua sartzea; berehalaxe, mintza iragazgaiztea*

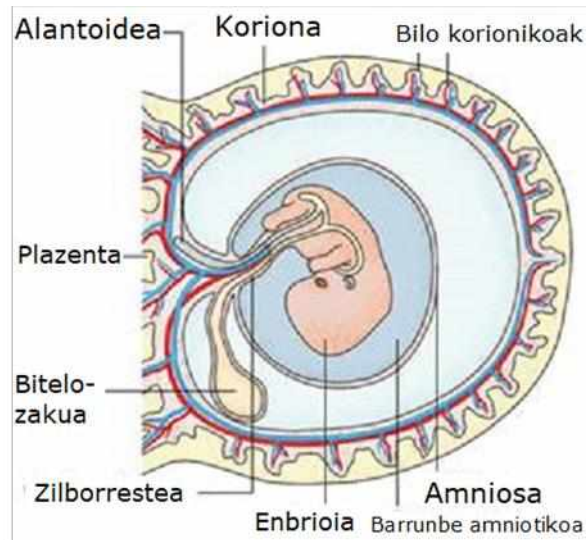
Espermatozoidea sartutakoan, obuluak II. metafasean gelditutako zatiketa meiotikoa berrabiarazten du, eta, meiosis burututa, obulu heldua bilakatzen da. Ondoren, bi gametoen nukleoak elkartzen dira, eta **zigotoa** eratzen da; hau da, izaki berria bilakatuko den lehenengo zelula. Hortik aurrera, zigotoa mitosi bidez hasten da zatitzen, eta horrela hasten da haurdunaldia.

## 6.5. HAURDUNALDIA

Ernalketaren ostean, zigotoa mitosiz hasten da zatitzen, eta **morula** izeneko zelula-multzo esferikoa eratzen da. Morula, Falopioren tronpako zilioek eta hodiaren muskuluek eraginda, uterorantz mugitzen da. Aldi berean, morulako zelulak mitosiz zatitzen jarraitzen dute, baina morula bera tamainan handitu gabe. Laugarren egunean, 32 zelula dituela, barrunbe bat hasten da sortzen morulan; hortik aurrera, **blastula** izendatzen zaio. Hurrengo pausoa da blastula uteroaren mukosan **ezartzea**; bertan garatuko da, plazenta garatzearekin batera, enbrioia bera, eta, ondoren, fetua. Lehenengo zortzi asteetan, barneko organoak garatu bitartean, **enbrioia** deitzen zaio, eta, mugitzen hasi eta gorputz-adarrak bereizten direnean, **fetua**.

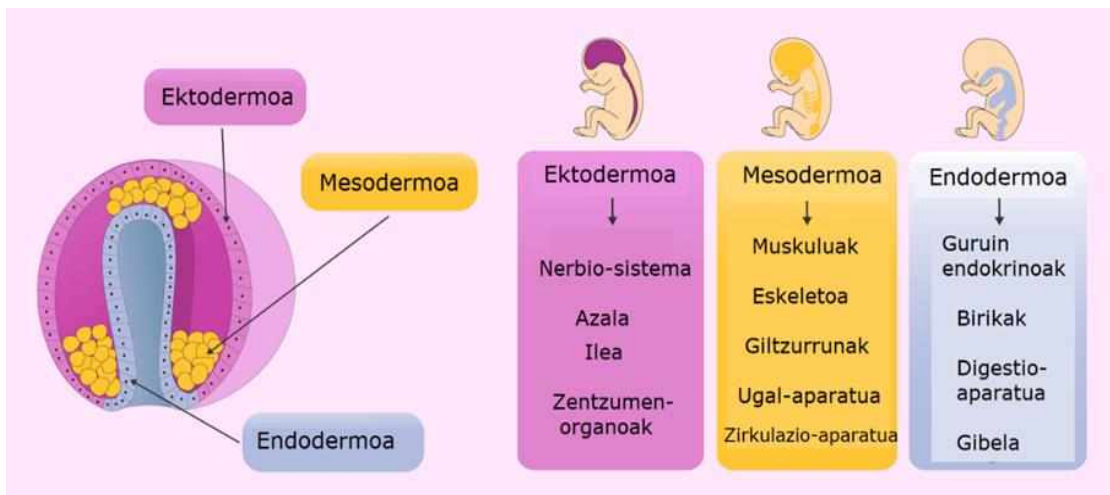
### 6.5.1. Enbrioia eta fetuaren garapena

Blastula uteroaren endometrioan ezarri ondoren, **gastrulazio** izeneko prozesua hasten da. Blastulatik abiatuta, gastrulazioan honako egitura hauek bereizi eta garatzen dira: enbrioia inguratuko duten erantsiak –koriona, zaku bitelinoa, amniosa eta alantoidea– eta enbrioia geruzak –enbrioia aparatua eta sistema guztiak garatuko dituzten ektodermo, mesodermo eta endodermo geruzak–.



10. irudia. Enbrioia erantsiak

Plazenta amak eta umeak partekatzen duten organo berezia da, umetokiko paretaren eta enbrioia korionaren artean sortzen dena. Plazenta haurdunaldiaren bigarren astean hasten da eratzen, eta, 3. edo 4. hilabeterako, guztiz dago garatuta; dena dela, haurdunaldia amaitu arte, aldaketa txiki batzuk izaten ditu.



11. irudia. Enbrio-geruza bakoitzetik garatzen diren organo, aparatu eta sistemak

Enbrioia garatzeko prozesuan, honako hauek dira aldaketa garrantzitsuenak:

- **1. hilabetean**
  - Enbrioia 5 mm luze da, eta 0,3 g pisatzen du.
  - Txikiagotu egiten da zaku bitelinoa, eta hazi zaku amniotikoa.
  - Nerbio-sistema zentrala, digestio-hodia eta bihotza hasten dira garatzen.
- **2. hilabetean**
  - Enbrioia izatetik fetu izatera pasatzen da. 2 g pisatzen du, eta 0,5 cm luze da.
  - Zilbor-hestea hasten zaio osatzen.
  - Organo nagusiak eratzen zaizkio, eta sudurra, belarriak eta ahoa osatu.

- Argi bereizten dira besoak eta hankak. Bihotza taupaka hasten da (5. astean).
- **3. hilabetean**
  - 6,6 cm eta 18 g du fetuak.
  - Fetuak xurgatze-erreflexua garatu du dagoeneko, eta likido amniotikoa irensten du.
  - Hazi zaizkio betazalak eta eskuetako azazkalak.
  - Sexu-hormonen jariaketa hasten da, eta bereizi egiten dira testikuluak edo obulutegiak. Hazi-zelulak sortzen dira: espermatogoniak edo obogoniak.



**12. irudia.** Enbrioiaren eta fetuaren garapena

- **4. hilabetean:**
  - 12 cm eta 135 g.
  - Zurrupatzen hasten da erpurua.
  - Gogortzen hasten zaizkio hezurak –kartilagoen osifikazioa–.
  - Lepoa gorputzetik bereizten zaio. Kanpo-genitalak agerikoak dira.
- **5. hilabetean:**
  - 25 cm eta 340 g.
  - Hazi egiten zaizkio ilea eta geroago kanporatuko diren hortzak.

- **6. hilabetean:**
  - 33 cm eta 570 g.
  - Besoak eta hankak mugitu eta luzatu egiten ditu –nabaritu egiten dira ostikadak–.
  - Burua gorputza baino handiagoa du.
  - Izerdi-guruinak garatzen zaizkio, eta bekainak agertu.
  
- **7. hilabetean:**
  - 37 cm eta 1Kg.
  - Dagoeneko garatu du entzumena. Ireki ditu begiak, eta bereizten ditu argia eta iluntasuna.
  - Egonkortu zaizkio birrikak, eta gai da umetokitik kanpo arnasa hartzeko.
  - Azala gorria du, eta geruza likatsu zurixka batez du estalia.
  
- **8. eta 9. hilabetean:**
  - Hirukoiztu egiten du pisua (41 - 46 cm eta 1,6 – 3 Kg).
  - Buruz-behera hasten da jartzen.
  - Azazkalak atzamarrak baino luzeagoak ditu.
  - Mutiletan, testikuluak abdomenetik hasten dira jaisten.

### 6.5.2. Aldaketak amaren gorputzean

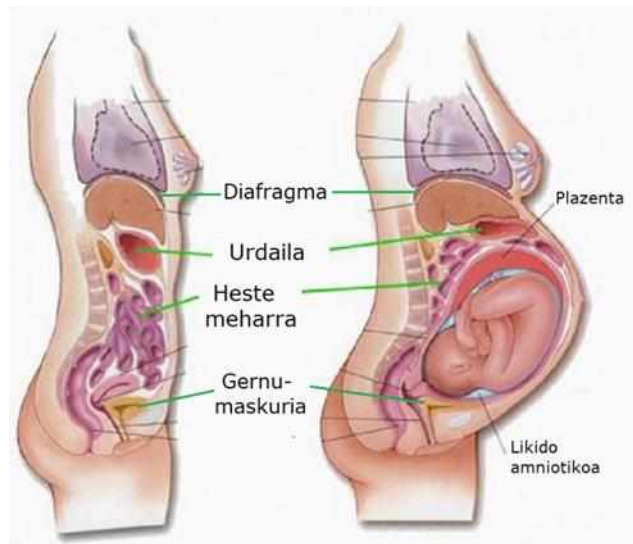
Haurdunaldian, sexu-hormonek –bereziki, estrogenoek eta progesteronak– eragiten dituzte emakumean gertatzen diren aldaketak. Plazenta eratu arte, obulutegiko gorputz luteoak sortzen ditu hormona horiek.

Besteren artean, **estrogenoek** odola umetokira bideratzea eragiten dute, enbrioia eta fetua garatzeko, eta **progesteronak** endometrioia mantentzea eta plazenta sortzea ziurtatzen du. Plazentak ere hCG hormona –gonadotropina korionikoa– eta hPL hormona –laktogeno plazentarioa– sortzen ditu. Plazenta eratu baino lehen, enbrioia berak jariatzen du **hCG hormona**, amaren obulutegian gorputz luteoak progesterona jariatzen jarrai dezan. Hormona horren jariatzea ernalketa gertatu eta ia-ia berehalakoa denez, haurdunaldi-testek hormona hori detektatzen dute. **hPL hormonak**, batetik, aldaketak eragiten ditu amaren metabolismoan, fetuari nutriente eta energia gehiago iristeko, eta, bestetik, bular-guruinak estimulatu dituzte, edoskitzerako prestatzeko.

- **Aldaketa fisiologikoak**

- Plazenta sortzen da, eta, organo berri hori mantentzeko, nabarmen handitzen da amaren odol-bolumena. Odol-fluxua handitzeak itxura hobe ematen dio amari.

- Areagotu egiten dira usaimena eta dastamena, bereziki lehenengo hiruhilekoan. Horrekin batera, goragalea sortzen da batzuetan.
- Haurdunaldiak aurrera egin ahala, handitu egiten da uteroa: zentimetro gutxi batzuk izatetik, 65 cm inguru izatera pasatzen da. Horretarako, progesteronak muskuluak erlaxatzea eragiten du.
- Umetokiak espazio handiagoa hartzen duenez, birikek eta hesteek gorantz egiten dute. Gernu-maskuriaren lekua txikitu egiten denez, sarritan sortzen da txiza egiteko gogoa.
- 2. hiruhilekotik aurrera, pisua hartzen du amak.
- Progesteronak eraginda, mantsotu egiten dira digestioak, fetuak nutriente gehiago izan ditzan eskuragarri.
- Aurpegian, mantxak ager daitezke. Ilundu egiten dira titiburuak, eta, zilborretik behera, marra ilun fin bat agertzen da.
- Hormonek eraginda, hazi egiten dira bularrak, eta esnea ekoizteko prestatu.
- Lasaitu egiten dira artikulazioak eta lotailuak (5. astetik aurrera).



**13. irudia.** Aldaketak amaren gorputzean

- **Aldaketa emozionalak**

Ohikoa da haurdunaldian sentiberago egotea, gehienbat lehenengo hiruhilekoan; izan ere, nerabazarotik hormona-aldaketa handienak dakartzan garaia da haurdunaldia. Nekea, ustekabeko emozio-aldaketak, ongizate- eta lasaitasun-sentsazioa, negargura... izaten dira egoera emozional ohikoenak. Hain zuzen ere, progesteronak eragiten efektu lasaigarria duen neke hori du.

### 6.5.3. Erditzea

Haurdunaldia amaitzean umea buruz behera kokatuta dagoela, amagandik irteteko unea iristen da: erditzea. Prozesua umeak buruarekin uteroko lepoan bultzadak eragiten dituenean hasten da. Izan ere, bultzada horiek atzeko hipofisia estimulatzen dute oxitozina hormona jarria dezan, eta oxitozinak uteroko lepoa dilatatzeko duten uzkurdurak eragiten ditu. Prostaglandinen kontzentrazioak ere gora egiten du, eta, oxitozinarekin batera, uzkurdurak eta dilatazioa eragiten dituzte biek.

Erditzeak fase hauek ditu:

- **Erditze-aurreko fasea.** Hasi egiten dira umetokiaren uzkurdurak. Fase hau bi aste lehenago ere has daiteke, noizbehinkako uzkurdura ez oso indartsuekin. Uteroko lepoa dilatatzeko hasten denean, askatu egiten da hura estaltzen duen muki-tapoa. Ondoren, zaku amniotikoa apurtu, eta likido amniotikoa irteten da (*urak botatzea*).
- **Dilatazio-fasea.** Uzkurdurak gero eta indartsuago eta maizago gertatzen dira. Uteroko lepoa 10 cm-raino dilatatzeko da, eta, aldi berean, bigundu eta laburtu egiten da.
- **Kanporatze-fasea.** Uzkurdu egiten dira umetokiko paretak, eta bultza egiten zaio umeari baginatik kanpora atera arte. Jaioberriaren garezurrak guztiz hezurtu gabe dauden atalak ditu, kartilagozko atalak, eta, horri esker, burua deformatu egin daiteke, kanporatzea errazteko.
- **Plazenta ateratzeko fasea.** Umea kanporatu eta 10-30 minutu pasatu ostean, uteroaren uzkurdura leunek eraginda, karena –enbrioiaren mintzarekin eta zilbor-hestarekin batera– umetokiko paretatik askatu, eta irten egiten da.

## 6.6. GIZAKIAREN SEXUALITATEA ETA SEXU-ERANTZUNA

Jakina da ugalketa sexuala duten animalietan sexualitateak banakoen portaeran eta besteekiko harremanetan eragiten duela. Gizakiok ere, geure kultura teknologiko “garatua” eta guzti, sexudunak gara, eta sexualitatearen beharra daukagu. Sexua, pertsonak bizirik irautea baldintzatzen ez duen arren, arnasa hartzea edo elikatzea bezain beharrezkoa eta saihetsezina da. Sexualitateak pertsonaren garapen integralean eragiten du, eta faktore garrantzitsua da oreka emozionalerako eta sozialerako.

Gizakiotan, jaio aurretik hasten da sexua diferentziatzeko prozesua, eta sexualitatea –sexuari loturik garatzen diren gertakari eta jarreraren multzoa– jaiotzen garen unetik daukagu. Hasiera batean, irudi eta sentipenak barneratzen ditugu, eta hizkuntzarekin,



jolasekin eta fantasiekin... aberastu egiten dugu gure sexualitatea. Nerabezarotik aurrera, sexu-hormonen jariatzea masiboak eraginda, gai gara sexualitatea erabat gauzatzeko.

Sexu-esperientzia gehienetan, helburua edo xedea ez da ugaltzea; aitzitik, sexua komunikazio- eta plazer-iturri da, eta afektibitatea adierazteko modu bat.

Pertsona adina sexualitate-mota daude, eta esan daiteke pertsona bakoitzaren **erantzun-sexuala** berezia eta errepikaezina dela. Baina, aldi berean, espezie berekoak izateagatik, tipifikatu eta orokortu egin dezakegu nola gertatzen den. Aipatzekoa da emakumeek –ugaztun eme gehienek ez bezala– ez dutela ageriko araldirik; hau da, obulazio inguruko egunetan ez dutela arra erakartzeko seinale berezirik igortzen –izan portaera-aldaketak, substantzia kimikoak, aldaketa fisikoak...–. Edo, egotekotan, seinale horiek (feromonak, adibidez) ez dira kontzienteki antzematen. Horregatik ere ez daude lotuta sasoi zehatz batera giza espeziearen sexu-harremanak.

Orokorturik, erantzun-sexuala honako lau fase hauetan banatzen ohi da:

- **Kitzikapena**

Hasiera-fase hau hainbat estimuluren ondorioz abiaraz daiteke: ikusmen-pertzepzioak, usaimenarenak, ukimenarenak, entzumenarenak, fantasiarenak... Fase honen iraupena egoeraren eta pertsonaren araberakoa da. Handitu egiten dira arnasketa-maiztasuna eta -sakonera, bihotz-erritmoa, presio arteriala, azalaren baskularizazioa eta sentsibilitatea. Gizonetan, zakila, odolez betetzen da, eta erektzioa gertatzen da; aldi berean, aldatu egiten da testikuluen tamaina eta kokapena. Emakumeetan, dilatatu egiten da bagina, eta fluido labaingarri bat hasten da jariatzen (baginaren jarioa). Bulbaren eta bularren bolumena eta forma aldatzen dira, eta tentetu egiten dira titiburuak eta klitoria.

Merezi du aipatzea kitzikapena eta desira ez direla gauza bera. Posiblea da kitzikatzea eta orgasmora iristea beste pertsona bati bideratutako desirarik gabe; bestela esanda, desira erotikorik gabe ere kitzikatu gaitzke, “jolasteko” desiragatik.

- **Ordokia**

Fase honen iraupena aldakorra da, eta, aurreko fasean bezala, faktore hauen mende dago: adina, sexua, egoera fisikoa, sexu-esperientzia, egoera psikoemozionala... Muskuluen tentsioa eta eszitazioa areagotu egiten da. Gizonetan, handitu egiten da zakilaren eta testikuluen bolumena, eta espermatozoideak dituen likido tantak isuri daitezke. Emakumeetan, baginaren dilatazioa eta isurketa maximora iristen da, eta gorantz egiten du uteroak –esperma jasotzeko prest–.

- **Orgasmoa**

Gorputzak bat-batean askatzen du metatutako tentsio-sexuala; gizonetan eiakulazioarekin bat dator, eta, emakumeetan, aldiz, bagina eta uteroaren uzkurdura erritmikoekin batera gertatzen da. Emakume batzuek orgasmo gehiago izan ditzakete jarraian, eta gizonek, ordea, aldi errefraktarioa izaten dute.

- **Ebazpena**

Sexu-organoek berreskuratu egiten dute hasierako tamaina, erlaxatu egiten da gorputza, eta, oro har, ohiko egoerara itzultzen da. Orgasmoaren ostean, oxitozina hormona jariatzen da, eta horrek atxikimendu efektua eragiten du, bai emakumetan, bai gizonetan.

Sexu-harremanak, pertsonen arteko harreman guztiak bezala, aldakorrak eta sinergikoak izaten dira, eta, gainera, lekuaren, denboraren, eta bestelako egoeren eraginpean daude. Horregatik, lehenago deskribatu ditugun lau fase horiek ez dira jarraian eta ezinbestean gertatu behar. Dena dela, ezin ukatu fase horiek guztiak atsegingarriak direla eta horiez guztiez disfrutatzeko aukera dugula. Gainera, sexu-harremanek ez dute zertan genitaletan ardaztuta egon, eta, askotan, sentsazioek, emozioek, sentimenduek, elkarrekintzak eta atxikimenduak protagonismo handia hartzen dute.

# 7. DIGESTIO-APARATUAREN FISILOGIA

## 7.1. SARRERA

Gizakiak, animalia guztiak bezala, heterotrofoak gara, eta beste bizidunek sortutako materia organikotik –elikagaietatik– eskuratzen dugu bizitzeko behar dugun materia eta energia. Elikagai horiek, azken batean, gure zelulek erabiliko dituzte; baina, zelulek materia hori asimilatzeko, elikagaiak deskonposatu, eta molekula sinple –mantenugai– bihurtu behar dira, ondoren odolera pasatu eta gorputzeko zelula guztietara iristeko. Horixe da, hain zuzen ere, digestio-aparatuaren eginkizuna.

Digestio-funtzioan prozesu hauek gertatzen dira:

1. elikagaien **irensketa**
2. elikagaien **digestioa** –mekanikoa eta kimikoa–, elikagaietatik zelulek erabili dezaketen mantenugaiak lortzeko
3. mantenugaien **xurgapena**, hau da, digestio-hoditik mantenugaiak odol-hodietara pasatzea
4. digeritu gabeko **hondakinen kanporaketa** (egestioa)

Gorputzeko zelula guztiek erabiltzen dituzte mantenugaiak: batetik, arnasketa aerobioaren bidez energia lortzeko, eta, bestetik, une oro behar dituzten molekulak sintetizatzen. Horregatik, elikadura-motak eta digestio-funtzioak baldintzatu egiten dute gorputzeko aparatu eta sistema guztien funtzionamendua.

## 7.2. DIGESTIOAREN FISILOGIA

Digestioaren fisiologia azaltzeko, digestio-aparatuaren atal edo organo bakoitzean gertatzen diren prozesuak argituko ditugu.

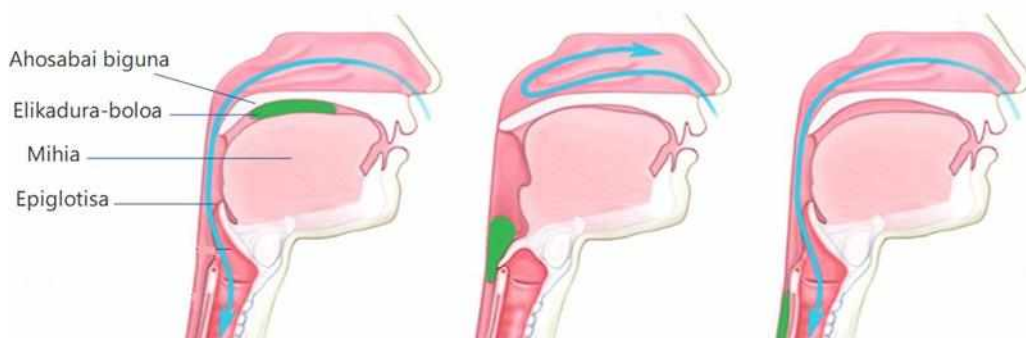
### 7.2.1 Ahoa eta faringea

Ahoan eta faringean, hiru prozesu nagusi gertatzen dira:

- **Murtxikapena** (digestio mekanikoa). Elikagaiak zatitu, eta birrindu egiten dira. Aldi berean, listuarekin nahasten dira, eta, horrela, erraztu egiten dira entzimen

bidezko digestio kimikoa eta irensketa. Murtxikatze-lana hortzek eta haginek egiten dute, eta lagundu egiten die mingainak elikagai-zatiak hortz-haginetara bideratuz eta listuarekin nahasiz.

- **Listuztatzea** (digestio kimikoa). Elikagaiak, listuarekin busti, eta nahasi egiten dira, eta elikadura-boloa sortzen da. Listuak digestio-entzimak ditu: listu-**amilasak**, ptialina izenekoak, almidoiaren eta glukogenoaren hidrolisi partziala eragiten du, eta listu-lipasak, lipidoen hidrolisia. Horretaz gain, listuak glikoproteina likatsu bat dauka, **muzina**, funtzio labaingarria duena. Urari (listuaren % 96-99) eta muzinari esker, elikadura-boloa, erraz irentsi, eta erraz irristatzen da faringe eta hestegorrian zehar. Aipatzekoa da listuak mikroorganismoen infekzioetatik babesteko substantziak ere badituela; besteak beste, lizozima entzima, estaterina, tiozianatoa eta immunoglobulina espezifikoak. Beraz, digestio-kimikoari hasiera emateaz gain, listuak babes-funtzioa ere betetzen du patogenoen aurrean.
- **Irensketa**. Elikadura-boloa hestegorrira pasatzeko prozesua da, faringea zeharkatuta. Borondatezko mugimenduek ahosabaiaren kontra eramaten dute elikadura-boloa, eta estimulu horrek eragiten du mugimendu erreflexuek irensketa gauzatzea. Ahosabai biguna gorantz bidaliz, itxi egiten da komunikazioa sudur-hobiekin. Mingainaren atzeko aldean, laringearen sarreran, epiglotis izeneko kartilagoak oztopatu egiten du elikadura-boloa arnas bideetara pasatzea. Faringea, digestio-hodiko atal guztiak bezala, mukosa labainkor batez dago estalita, eta horrek ere erraztu egiten du irensketa.

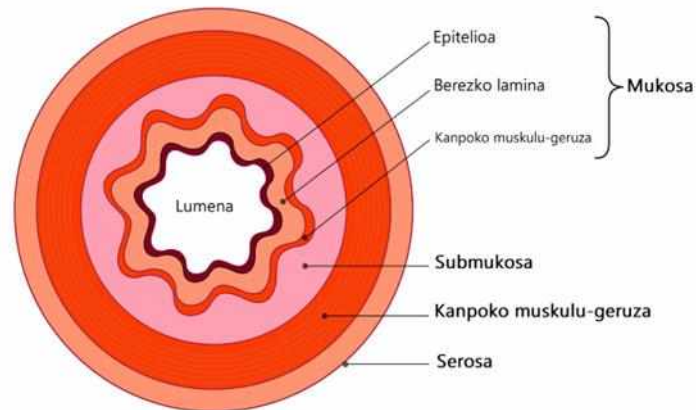


1. **irudia.** Irensketa prozesua. (urdinez airearen zirkulazioa adierazten da)

### 7.2.2. Hestegorria

Hestegorriaren paretan kokatutako guruinek mukia jariatzen dute, eta horrek erraztu egiten du elikadura-boloa labaintzea. Bestetik, hestegorriaren paretan muskulu leunak **mugimendu peristaltikoak** –nahi gabekoak– eragiten ditu. Mugimendu horiek, uhinen antzera, boloa urdailerantz bultzatzen dute. Hestegorriaren amaieran, urdailaren sarrera kontrolatzen duen **kardia** izeneko esfinterra dago: boloa bertara iristen denean,

kardia ireki egiten da, eta berehala itxi, eta, horrela, eragotzi egiten du urdailaren edukia hestegorrira bueltatzea.

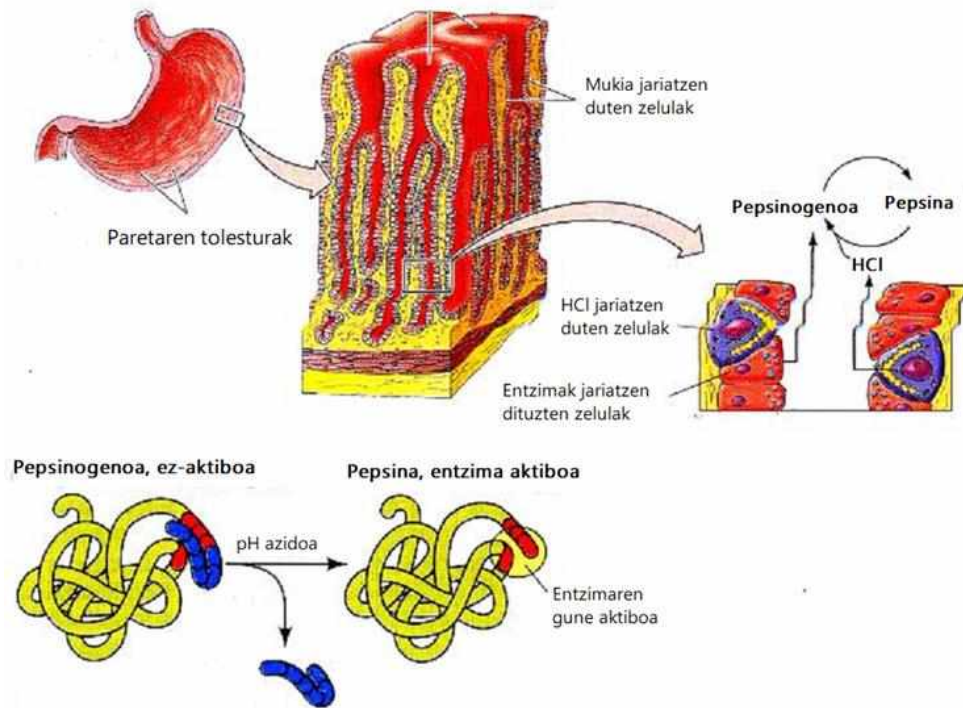


2. *irudia*. Digestio-hodiaren paretaren egitura sinplifikatua

### 7.2.3. Urdaila

Urdailaren paretaren mukosa tolestuta dago, eta sendoera handikoa da. Bertan, mukia (mukoproteinak) jariatzen duten zelulak, klorhidrikoa jariatzen duten zelulak eta entzimak jariatzen dituzten zelulak daude. Klorhidrikoaren eraginez, oso azidoa da **urin gastrikoa**, baina mukoproteinaz estalitako mukosa-geruza sendoak babestu egiten ditu urdailaren paretak azidotasun horretatik. Azido klorhidrikoak haragiaren proteinak eta kolagenoa biguntzen ditu. Gainera, ingurune azido horrek oztopatu egiten du elikagaiekin batera sar daitezkeen bakterioak ugaritzea, eta, horregatik, babes-kimikoaren funtzioa ere badauka.

Urdailaren guruinek entzimak sintetizatzen dituzte, batez ere pepsinogenoa, eta, pH azidoari esker, pepsinogenoa –entzima inaktiboa– **pepsina** bihurtzen da –entzima aktiboa–. Pepsinak proteina handiak peptido txikitan eta aminoazidotan deskonposatzen ditu. Neurri txikiagoan bada ere, lipasa gastrikoa ere sintetizatzen dute urdaileko guruinek. Aipatzekoa da esnearen proteinak hidrolizatzen dituen errenina entzima jariatzen dutela guruinok edoskitzaroan.



### 3. irudia. Urdailaren mukosaren zehaztapena, eta pepsinogenoaren aktibazioa

Urdailean ere gertatzen dira uzkurdua peristaltikoak. Mugimendu horien bidez, batetik, elikadura-boloa urin gastrikoarekin nahasten da, kimo izeneko ahi erdi-likidoa eratzeko, eta, bestetik, kimoa pilororantz –urdaila eta heste-meharra banatzen dituen esfinterra– bultzatzen da. Piloroak kontrolatzen du kimoaren duodenorako pasabidea.

Digestio gastrikoak, elikagai-motaren eta pertsonaren arabera, ordubete eta lau ordu bitarteko iraupena izan dezake. Digestio-prozesua urdailaren paretak berak jariatzen dituen hormonek erregulatzen dute. Elikadura-boloa sartutakoan, urdailak gastrina hormona jariatzen du, eta horrek areagotu egiten du HClaren jariaketa. Beste hormona batek, somatostatina hormonak, ordea, gutxitu egiten du HClaren ekoizpena. Bestetik, estres-egoeretan, nerbio-sistema sinpatikoak, urin gastrikoaren jariaketa inhibititu, eta mugimendu peristaltikoak moteltzen ditu; eta, parasinpatikoak, ostera, alderantziz jokatzen du.

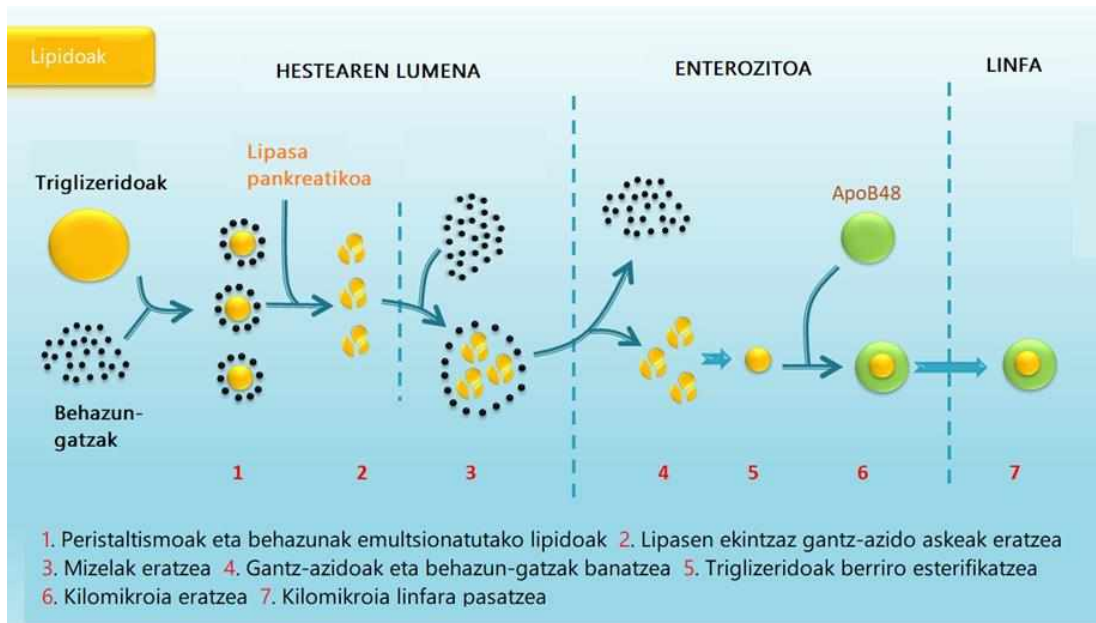
#### 7.2.4. Heste meharra

- **Digestioa heste meharrean**

Urdailetik datorren kimoa honako hiru urin hauekin nahasiko da **duodenoan**: heste-meharrak berak jariatzen duen heste-urinarekin; pankreak jariatzen duen pankrea-urinarekin; eta gibelak jariatzen duen behazunarekin. Horien guztien artean amaitzen da elikagaien digestioa, eta mantenugaiak prest izango dira heste meharrean zehar xurga daitezten. Heste meharrean dagoen ahi erdi-likidoari **kiloa** deritzo. Ikus dezagun urin bakoitzak betetzen duen eginkizuna:

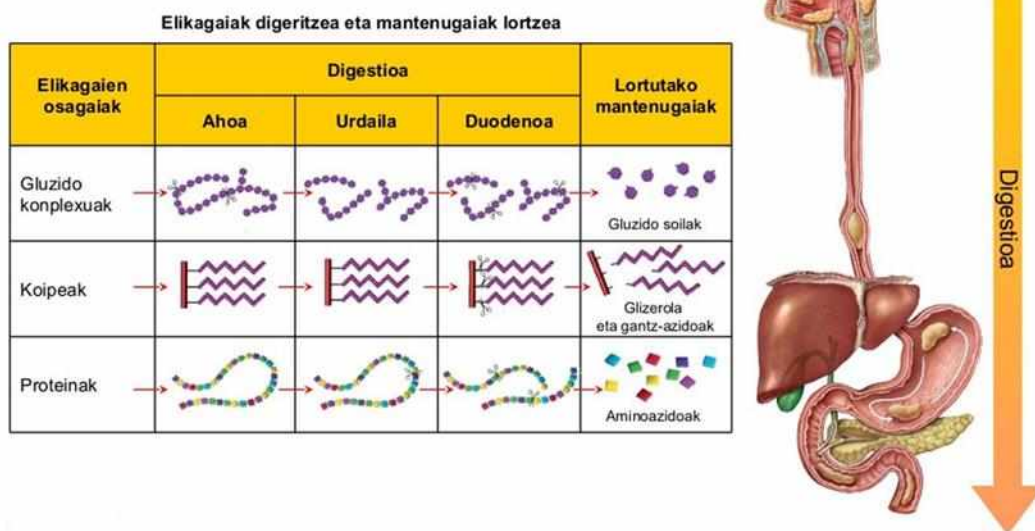


- **Heste-urina.** Heste meharraren paretan dauden guruinek jariatzen dute, eta, mukiarekin batera, hainbat entzima askatzen dituzte:
  - heste-amilasa, almidoia digeritzeko
  - disakaridoak hidrolizatzen dituzten maltasa, laktasa eta sakarasa
  - heste-lipasa, lipidoak deskonposatzeko
  - heste-peptidasak, lotura peptidikoak apurtu eta aminoazidoak askatzeko
  - enterokinasak, pankreak sortzen duen tripsinogenoa tripsina bihurtzeko
- **Pankrea-urina.** Pankrea guruin mistoa da, eta digestiorako pankrea-urina jariatzen du. Osagai hauek ditu pankrea-urinak:
  - bikarbonatoa, urdailetik datorren kimoaren azidotasuna neutralizatzen
  - lipasa pankreatikoak, gantzak digeritzeko
  - proteasak –tripsinogenoa, kasurako– proteinak eta peptidoak aminoazido bihurtzeko
  - are-amilasa
  - nukleasak, azido nukleikoak osagai sinpletan deskonposatzeko
- **Behazuna.** Gibelak etengabe ekoizten du behazuna, eta, duodenora jariatzen baino lehen, behazun-xixkuan biltzen da. Likido horrek gantzak emulsionatzen dituzten behazun-gantzak ditu, eta, gatz horien lanari esker, lipasek kontaktugainazal handiagoa izango dute gantzak deskonposatzeko. Behazunak baditu pigmentuak ere: bilirrubina eta biliberdina, hemoglobinarek degradatzen sortzen direnak; hain zuzen ere, osagai horiek ematen diote behazunari kolore berde-marroixka berezia. Gorotzekin batera kanporatzen dira.



**4. irudia.** Behazun gatzek eragindako emultsioak lipasaren lana eta xurgapena errazten dute.

Heste meharraren digestio-prozesua hormonek eta nerbio-sistemak kontrolatzen dute. Hain zuzen ere, duodenoaren mukosak hormona bi ekoizten ditu: sekretina eta kolezistokinina. Sekretinak pankrea-urinaren jariatzea estimulatzen du, eta kolezistokininak, berriz, heste-urina eta behazuna jariatzea.

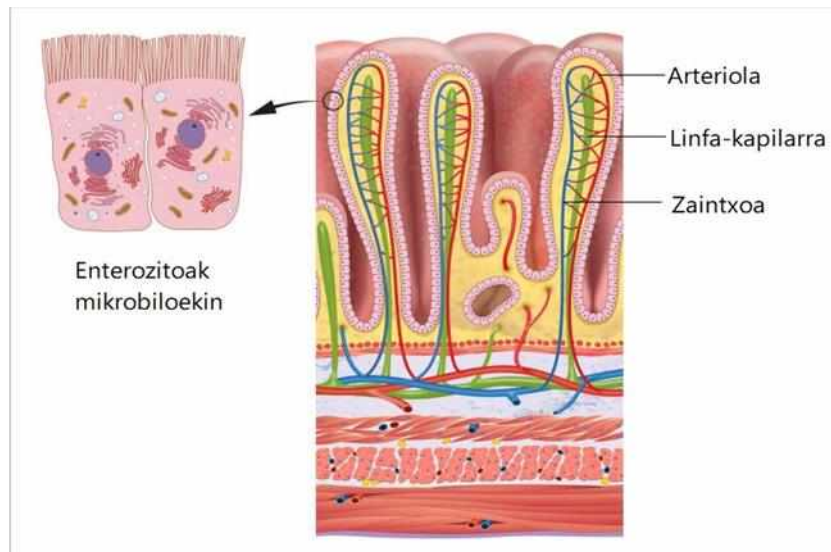


**5. irudia.** Elikagaien digestioaren laburpena

- **Xurgapena heste meharrean**

Ahoan hasitako elikagaien digestioa heste meharrean amaitzen da. Bertan, mantenugaiak prest gelditzen dira odolera edo linfara pasatzeko; hau da, gorputzak xurga ditzan. Heste meharraren paretak xurgapen-azalera handitzen duten tolesak,

bitoak eta mikrobiloak ditu. **Mikrobiloak** hestearen epitelioko estaltzen duten enterozitoen<sup>9</sup> mintz plasmatikokoaren tolesturak dira, eta bertatik pasatzen dira mantenugaiak zirkulazio-sistemara. Xurgapen-prozesua heste meharraren jeiunoan eta ileonean gertatzen da batez ere. Digeritu gabeko elikagaien osagaiak, urarekin batera, heste lodira pasatuko dira.



**6. irudia.** Heste meharraren paretaren zehaztapena: bitoak eta enterozitoen mikrobiloak

○ **Gluzidoen xurgapena**

Gluzidoen digestioaren emaitza monosakaridoak dira (glukosa, galaktosa eta fruktosa). Glukosa eta galaktosa,  $\text{Na}^+$  ioiaren mendeko garraio aktibo bidez xurgatu, eta arteriolan sartzen dira. Fruktosa, aldiz,  $\text{Na}^+$ -rik behar ez duen garraio aktiboaren bidez zeharkatzen ditu enterozitoaren mintza eta arteriolaren mintza. Bestalde, gizakion digestio-aparatuak ez du zenbait gluzido (zelulosa, errafinosa...) digeritzeko beharrezkoak diren entzimarik, eta, horregatik, deskonposatu gabe pasatuko dira heste lodira. Dena dela, landare-jatorriko gluzido horiek (dietaren zuntza) funtzio garrantzitsua dute digestioan; izan ere, ura atxikitzen dute, eta digestio-kimikoa eta xurgapena astiroago eta eraginkorrago gertatzea ahalbidetzen dute.

○ **Proteinen xurgapena**

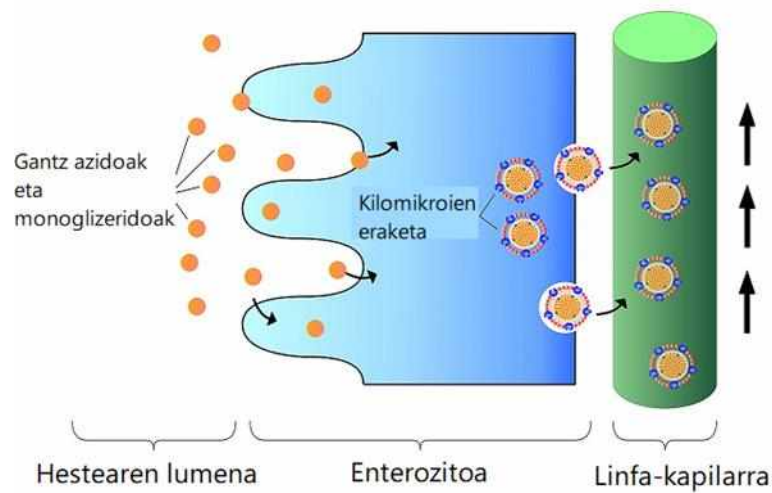
Proteinen digestioaren amaieran, peptido txikiak (dipeptidoak, tripeptidoak) eta aminoazidoak lortzen dira. Xurgapenerako mekanismoa aminoazido-motaren edo peptido-motaren araberakoa da. Adibidez, aminoazido neutroak eta azidoak  $\text{Na}^+$  ioiaren mendeko garraio bidez xurgatzen dira. Glizina eta hidroxiprolina dira azkarren xurgatzen diren aminoazidoak.

<sup>9</sup> Enterozitoa hestearen epitelioko zelula da.

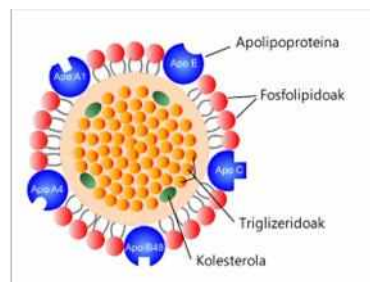
Monosakaridoak eta aminoazidoak, odol-kapilarretan sartu ondoren, porta zainera joaten dira, eta, handik, gibelera. Gibeletik abiatuta, gorputzeko zelula guztietara banatuko dira.

○ **Lipidoen xurgapena**

Lipido gehienek digestioa behazun-gatzek emultsioari esker eta pankrea-lipasari esker burutzen da. Hidrofoboak direnez, behazun-gatzek inguraturik iristen dira heste-meharraren epiteliora, eta, ondoren, enterozitoan, kilomikroi izeneko partikula esferikoak eratuz, linfa-kapilarretan (hodi kiliferoak) sartzen dira.<sup>10</sup> Prozesu hau ileonean gertatzen da gehienbat.



**7. irudia.** Kilomikroien eraketa enterozitoetan



**8.** Kilomikroien egitura: barruan, triglizeridoak eta kolesterola, eta, inguruan, kanpora begira, fosfolipido eta lipoproteinen atal hidrofiloak

Linfaren zirkulazio-sistemak odolera garraiatuko ditu kilomikroiak, eta, bihotzetik pasatu ostean, gibelera iritsiko dira, bertan prozesatu eta banatzeko.

<sup>10</sup> Begiratu 4. irudian.

### ○ **Uraren xurgapena**

Uraren xurgapena digestio-hodi osoan zehar gertatzen da, baina bolumenik handiena duodenoan eta jeiunoan xurgatzen da. Kontuan hartu behar dugu elikagaiekin sartzen den ur-kantitateaz gain ur asko pasatzen dela digestio-hodiaren lumenera digestio-urinekin, eta odolera bueltatu behar dela ur-kantitate horren zatirik handiena deshidratazioa saihesteko. Ideia bat izateko: egunero heste meharrera, gutxi gorabehera 9 litro ur (elikagaien 2 L eta urinen 7 L) sartzen dira, eta, % 98 birxurgatu ostean, 200 mL baino ez dira kanporatzen gorotzekin.

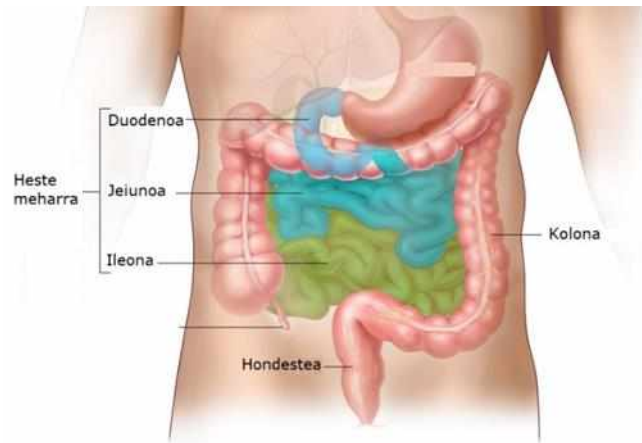
Ura bi modutan xurgatzen da digestio-hodian: batetik, epitelioko zelulen arteko espazio txikiak zeharkatuta, eta, bestetik, osmosi bidez –garraio pasiboa– enterozitoen mintzak eta odol-kapilarren mintzak zeharkatuta. Hartutako elikagai-motaren arabera, digestio-hodiaren ingurunea hipertonikoagoa edo hipotonikoagoa izan daiteke, baina, jeiunoaren amaierara iristen denerako, heste-hodiaren edukia plasmarekiko isotonikoa izaten da.

### ○ **Ioien xurgapena**

loi edo elektrolitoak, urarekin batera, etengabe ari dira plasmatik digestio-hodira eta alderantzizko bidaia egiten.  $\text{Na}^+$  ioiarena bereziki garrantzitsua da; izan ere, sodioak baldintzatu egiten du beste mantenugai batzuen xurgapena. Elektrolito-motaren eta kontzentrazioaren arabera, ioiak ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , bikarbonatoa ( $\text{HCO}_3^-$ ),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  eta bestelakoak) garraio-mekanismo pasiboen edo aktiboen bidez pasatuko dira plasmara.

### ○ **Bitaminen xurgapena**

- Bitamina liposolubleak (A, D, E eta K) gantzen antzera xurgatzen dira jeiunoan.
- C bitamina sodioaren mendeko garraio aktibo bidez xurgatzen da, gehienbat ileonean.
- B taldeko bitaminak ( $\text{B}_{12}$  izan ezik) jeiuno proximalean xurgatzen dira.
- $\text{B}_{12}$  bitamina, zenbait proteinaren laguntzaz, ileon terminalean eta kolonean xurgatzen da.



9. irudia. Heste mehararren atalak eta heste lodia

### 7.2.5. Heste lodia

Heste meharretik heste lodirako pasabidea balbula ileozekalak erregulatzen du; batetik, pixkanaka irekitzean, ileonaren bat-bateko hustuketa eragozten du, eta, bestetik, eragotzi egiten du heste meharretik datorren edukia heste lodian sartu ondoren atzera itzultzea. Kolonean, **ura xurgatzen da**, eta gorotzak sortzen dira mugimendu peristaltikoen laguntzaz. Ioiak ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ), gantz azidoak, K bitamina eta B bitaminak ( $\text{B}_{12}$ , erriboflabina, tiamina) ere kolonean xurgatzen dira.

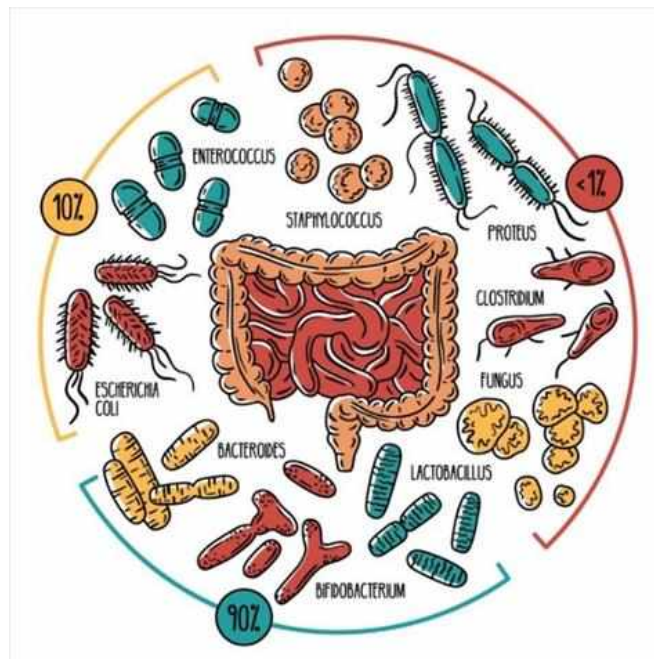
**Heste lodiaren** paretek **mugimendu peristaltiko** geldo eta indartsuak eragiten dituzte, eta, horiei esker, gorotzek aurrera egin dezakete kolonean zehar, grabitatearen kontra bada ere. Gainera, mugimendu horiek gorotzen bilketa eta deshidratazioa errazten dute. Kolonaren mugimendu peristaltikoak hormonon bidez eta nerbio-sistemaren bidez kontrolatzen dira. Sistema parasinpatikoak kolonaren mugimenduak areagotzen ditu, eta, sinpatikoak, aldiz, inhibitu, eta horrexegatik eragiten du sabel-hustea. Hormona batzuek (gastrinak, kolezistokinak, serotoninak) heste lodiaren pareten uzkurdura eragiten dute, eta beste batzuek (glukagoiak eta sekretinak), berriz, muskulu horiek erlaxatzea eragiten dute.

Kolonean ez da ia entzimarik ekoizten, baina mukia jariatzen duten zelula kaliziforme ugari daude. Mukiak gorotzak labainaraztea eragiten du, eta horrek erraztu egiten du garraioa, eta saihesti kolonaren pareten urradura.

Heste lodiaren bukaeran uzkia dago. **Uzkie esfinter bikoitza** da: barneko muskulua leuna da, eta kanpoko, eskeletikoa. Beraz, barneko esfinterra nerbio-sistema autonomoaren mende dago, eta kanpoko esfinterra nerbio-sistema somatikoak kontrolatzen du. Gorotzek, ondostean daudela, presioa edo bultzada eragiten dute. Estimulu horrek eragiten du libratzeko gogoia, baita barneko esfinterraren erlaxazioa eta zenbait muskulu abdominalen uzkurdura ere. Nerbio-sistema autonomoaren nahi gabeko erantzuna blokeatu egin daiteke kanpoko esfinterra borondatez itxiz, eta, orduan, desagertu egiten da libratzeko gogoia.



**Gorotzen konposizioan**, elikadura-motak eta beste faktore batzuek eraginda, aldatu egiten da ur-kantitatea; hala ere, gorotzen pisuaren proportzio handiena urari dagokio beti (% 75 inguru). Ura ez ezik, gorotzetan hauek ere kanporatzen dira: digeritu gabeko elikagaien osagaiak (zelulosa, zenbait gantz eta proteina), bilirrubina bezalako hondakin-gaiak, hestean bizi diren mikroorganismoak (mikrobiotakoak), gai ez-organikoak eta heste-epiteliotik askatutako zelulak. Heste loditik, bolumen aldakorrarekin, gasak ere kanporatzen dira. Gas horiek hiru jatorri dituzte: elikagaiekin irentsitakoak, hestean gertatzen diren erreakzioetan askatutakoak eta mikrobiotako metabolismoaren ondorioz sortutakoak.



**10. irudia.** Hestean mikrobiotaren konposizio ideala, sinplifikatuta

# 8. ARNAS APARATUAREN FISILOGIA

## 8.1. SARRERA

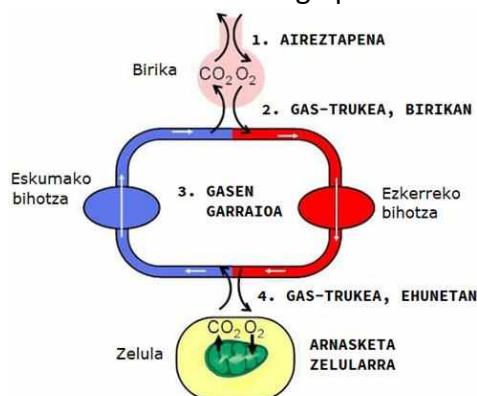
Gizakiak, animaliak garelako, **metabolismo aerobioa** daukagu; hau da, gure zelulek arnasketa aerobioaren bidez lortzen dute bizi-funtzioak egiteko behar duten energia. Lehorreko animaliak izateagatik, atmosferatik hartzen dugu oxigenoa. Zelulaniztunak izateagatik, kanpo-ingurunean –airean– dagoen oxigenoa arnas aparatuen bidez sartzen dugu barne-ingurunera –odolera–. Modu berean, katabolismoaren ondorioz zeluletan sortzen den karbono dioxidoa arnas aparatuen bidez kanporatzen dugu odoletik atmosferara.

**Arnas aparatua** osatzen dute arnasbideak –sudurra, laringea, trakea eta bronkioak– eta birrikak. Biriketako albeoloetan gertatzen da kanpo-ingurunearen eta barne-ingurunearen arteko gas-trukea. Arnasbideak, aldiz, atmosferako airea birikekin konektatzen duten pasabideak dira.

Azken batean, arnas aparatuen funtzioa da oxigenoa barneratzea eta karbono dioxidoa kanporatzea. Eginkizun horretarako, **arnasketa-funtzioan** prozesu hauek gertatu behar dira:

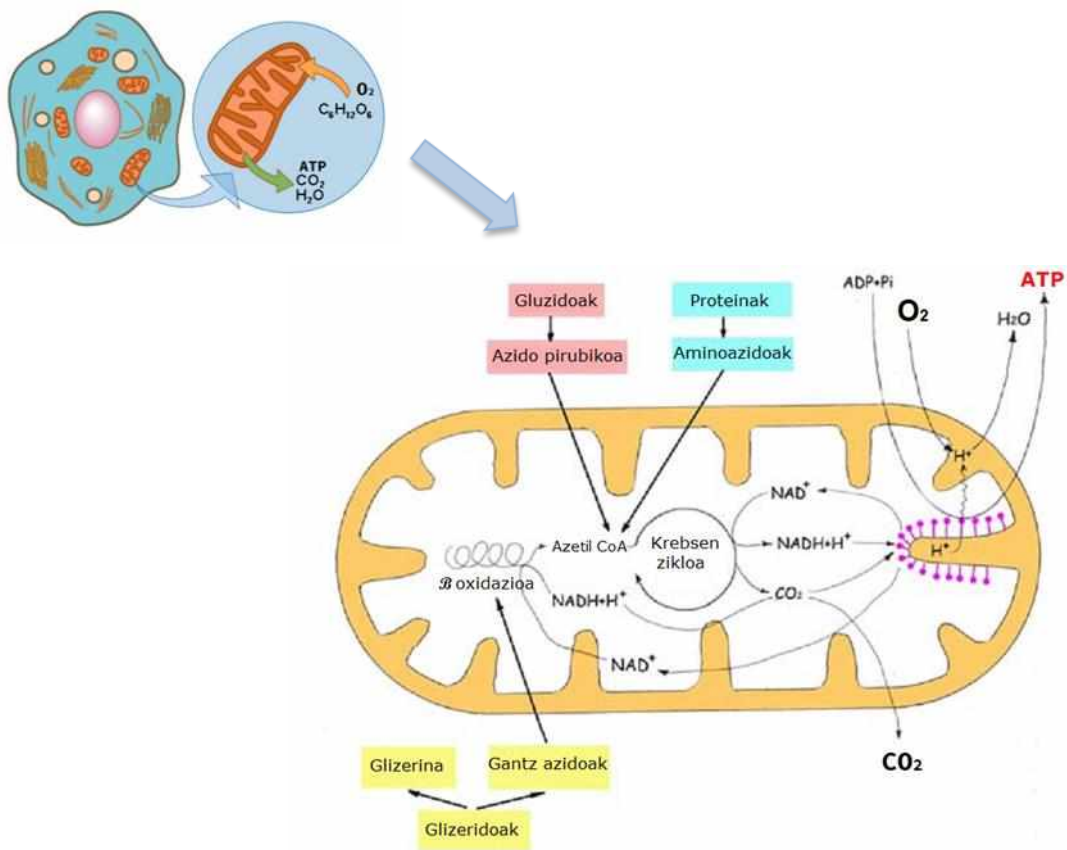
1. **Aireztatzea.** Airea atmosferatik biriketara sartzea eta airea ateratzea. Biriken aireztatze-prozesu horri, hizkuntza arruntean, arnasketa deritzogu.
2. Albeoloen eta odol-hodien arteko **gas-trukea birikan**. Oxigenoa albeolotik odol-kapilarrera pasatzen da, eta karbono dioxidoak alderantzizko bidea egiten du. Prozesu honi kanpo-arnasketa deritzo.
3. Odolaren bidez **gasak garraiatzea**.
4. Odolaren eta zelulen arteko **gas-trukea ehunetan**. Oxigenoa odoletik zelulara pasatzen da, eta karbono dioxidoak, berriz, alderantzizko bidea egiten du. Prozesu honi barne-arnasketa deritzo.

Hurrengo ataletan, banan-banan azalduko ditugu prozesu horiek.



### 1. irudia. Arnasketa-funtzioaren prozesuak

Oxigenoaren beharraz eta karbono dioxidoaren jatorriaz ohartzeko, gogora dezagun **arnasketa aerobioaren bide metabolikoa**. Katabolismo aerobioan, degradatu egiten dira molekula organikoak hainbat erreazio-multzoren bidez. Erreazio horietan, oxidatu egiten dira molekula organikoak, eta askatzen den elektroioak  $\text{NAD}^+$  koentzimak jasotzen ditu. Koentzima erreduzituak ( $\text{NADH}+\text{H}^+$ ) arnas katean sartzen dira, eta, bertan, aurretik jaso dituzten elektroioak molekula batetik bestera pasatzen dira. Elektroio-garraio horren azken hartzailea **oxigenoa** da, eta garraio horretan askatutako energia ATPa sortzeko erabiltzen da. Oxigenorik ezean, elektroien garraioa ezin da aurrera joan, eta, ondorioz, zelulak ezin du ATPa sortu. Energiarik gabe, hil egiten dira zelulak, eta izakia bera ere bai.



2. irudia. Katabolismo aerobioaren eta arnasketa zelularren eskema sinplifikatua

Bestetik, molekula organikoen degradazioan, **karbono dioxidoa** askatzen da, etengabe, eta, zelularen homeostasia mantentzeko, kanporatu egin behar da  $\text{CO}_2$ -a, odolera lehenengo, eta atmosferara gero. Zelularen mitokondrian gertatzen diren erreazio katabolikoen multzoari **arnasketa zelularra** deritzo.

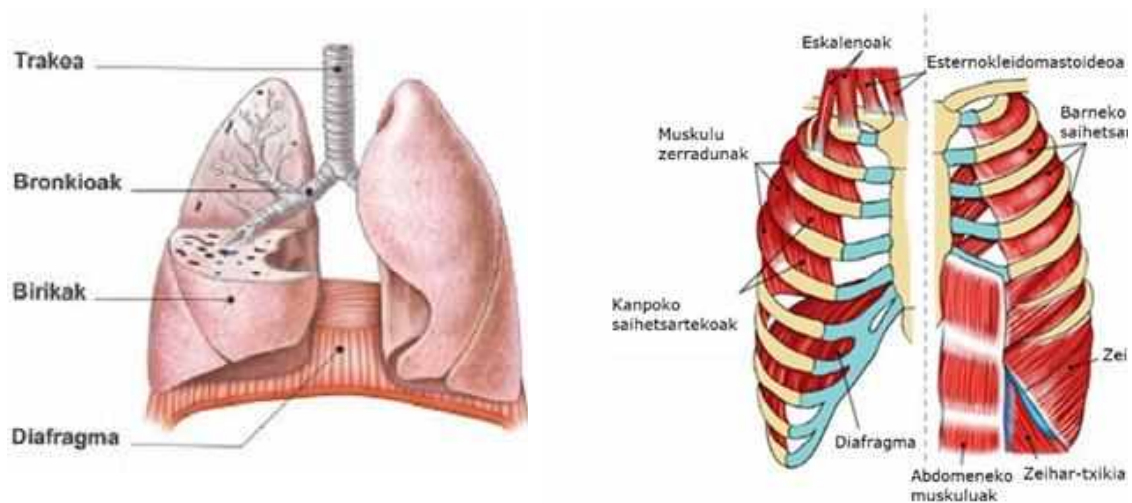
## 8.2. BIRIKA-AIREZTAPENA

Aireak etengabe ibili behar du biriketean sartu-irtenean. Horrela, etengabe berriztuko da albeolo-zakuetan dagoen airea oxigenoaren eta karbono dioxidoaren kontzentrazioak egokiak izan daitezen.

Aireztatzea, berez, prozesu mekanikoa da: kutxa torazikoaren bolumen-aldaketek presio-aldaketak eragiten dituzte, eta, presio-gradienteari jarraituz, airea sartu edo irten egiten da.

Aireztatzeak fase bi ditu: arnasgora (inspirazioa) eta arnasbehera (espirazioa). Eta fase horietan kutxa torazikoaren bolumena aldatzeko, hainbat muskuluk hartzen dute parte. Hauek dira arnasketa-mugimenduetan parte hartzen duten **muskulu nagusiak**:

- **Diafragma.** Muskulu zabal honek, enborra alderik alde zeharkatuz, kutxa torazikoa eta sabelaldea bereizten ditu. Erlaxatuta dagoela, kupula forma dauka. Diafragma loturik dago bizkarrezurrarekin eta saihetsekin. Muskulu-ehun zuntzez eta kartilago-ehun zuntzez dago osatuta.
- **Kanpoko saihetsarteko muskuluak.** Arnasgoran, saihetsak altxatzen dituzte, eta elkarri hurbildu.
- Abdomeneko muskuluak eta barneko saihetsarteko muskuluek behartutako arnasbehera sakonetan hartzen dute parte.



3. irudia. a) Diafragmaren kokapena

b) Aireztatzean parte hartzen duten muskuluk

### 8.2.1 Arnasgora

Arnasgora prozesu aktiboa da, eta honela gertatzen da:

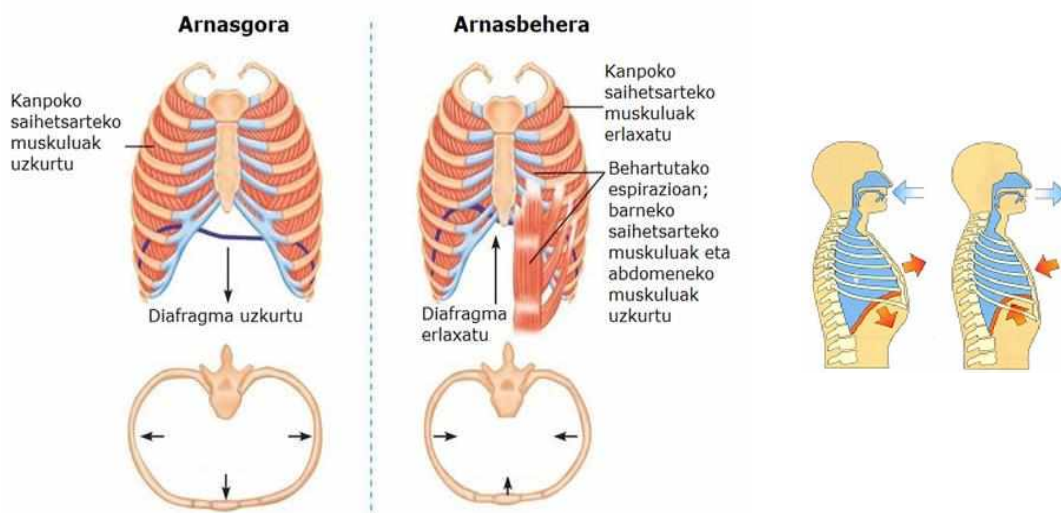
1. Kanpoko saihetsarteko muskuluak uzkuertzean, saihetsak eta bularrezurra gorantz mugitzen dira. Aldi berean, uzkuertu egiten da diafragma, eta, uzkuertzearen ondorioz zapalago jartzen denez, behera egiten du. Horrek guztiak toraxa zabaltzea eta edukiera handitzea eragiten du. Bolumen-gehikuntzaren % 70 diafragma uzkuertzearen ondorioz lortzen da. Arnasgoran, muskulu sinergista gisa, saihets-hezurren muskulu jasotzaileek eta eskalenoek ere hartzen dute parte.

2. Birikak, pleuren bidez, estuki daude lotuta kutxa torazikora, eta harekin batera mugitzen dira. Beraz, kutxa torazikoa zabalitzean, zabaldu egiten dira birikak ere; izan ere, birika-ehunean zuntz elastiko ugari daude, eta, gasez beterik daudela, hedatu edo zabaldu egin daitezke.
3. Birikaren bolumena handitzean, jaitsi egiten da birika betetzen duen airearen presioa, eta presio atmosferikoa baino baxuagoa izatera iristen da.
4. Atmosferako airearen presioa handiagoa denez albeoloetako presioa baino, presio-gradienteari jarraituz sartzen da airea birikan.

### 8.2.2. Arnasbehera

Espirazioa prozesu pasiboa da; izan ere, muskuluak ez dira uzurtu behar. Honela gertatzen da:

1. Saihetsarteko muskuluak erlaxatzean, saihetsak eta bularrezurrak beherantz eta barrurantz mugitzen dira. Diafragma, erlaxatzean, gora egiten du, eta bere forma kurbatua berreskuratzen du. Horren ondorioz, gutxitu egiten da kutxa torazikoaren bolumena.
2. Kutxa torazikoari jarraituz, birika-ehun elastikoak atzera egiten du, eta txikiagotu egiten da biriken edukiera.
3. Bolumena txikiagoa denez, albeolo barruko airearen presioak gora egiten du, eta atmosferako presioa baino handiagoa izatera iristen da.
4. Presio atmosferikoa albeolo barruko presioa baino baxuagoa denez, kanpora irteten da da airea gradientearen alde.



4. irudia. Arnasgoran eta arnasbeheran gertatzen diren bolumen aldaketak

Zenbait egoeratan, estutu egin daiteke arnasbideen diametroa –izan bronkioen uzkurdura nahigabeek eragiteagatik (asma), izan muki-fluidoa hodietan pilatzeagatik–, eta orduan, nahi gabe, arnasbehera prozesu aktibo bihurtzen da. **Behartutako espirazioan**, barneko saiheitsarteko muskuluek, uzkurtu, eta beherantz mugiarazten dituzte saiheitsak, eta, era berean, muskulu abdominalek gorantz bultzatzen dute diafragma. Horrek eragiten du kutxa torazikoaren bolumena gehiago gutxitzea, eta airea, egoera berezi horietan, irten ahal izatea. Behartutako espirazioa borondatez ere egin dezakegu, eta espirazio sakonak eraginez arnasbehera prozesu aktibo bihurtzen dugu.

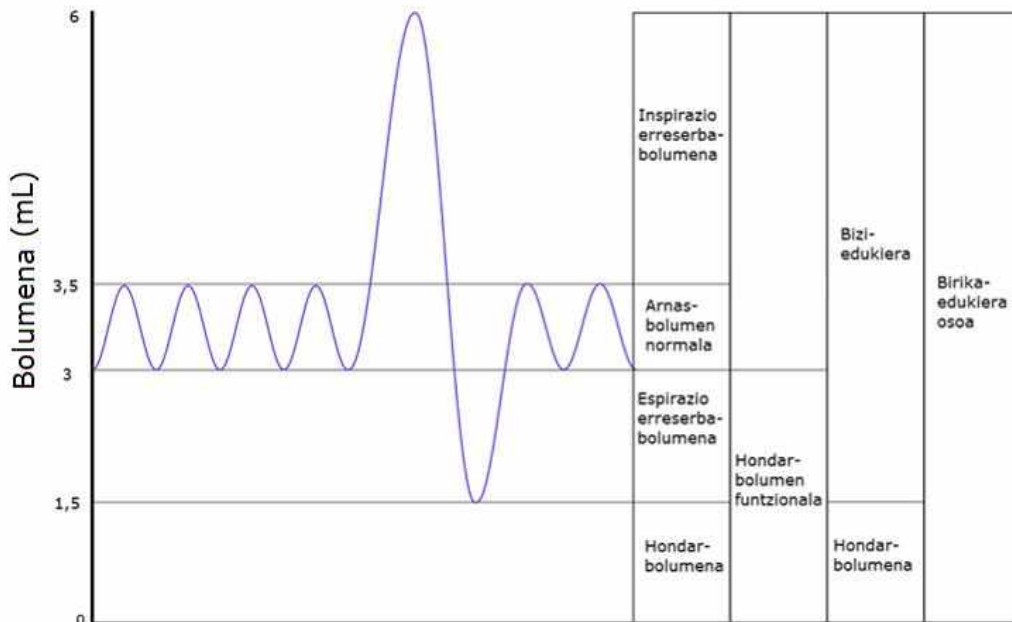
Aipatu beharra dago arnasketarako ez diren zenbait mugimendu modu erreflexuan ere gertatzen direla. Honako hauek dira egoera horien adibide batzuk: eztula, doministikua, zotina, aharrausia, negarra edo barrea.

### 8.2.3. Birika-aireztatzearen bolumenak eta edukierak

Biriken aireztatze-ahalmena aztertzeko, hainbat parametro edo aldagai definitzen dira. Aldagai horien balioak sexuaren eta gorputz-egituraren arabekoak dira, eta aldatu egiten dira adinarekin.

- **Birika-aireztapena.** Minutu batean sartu eta irteten den aire-bolumena da.
- **Arnasketa-maiztasuna.** Arnasketa-kopurua minutuko. Aldatu egiten da adinarekin, jarduera fisikoarekin, egoera emozionalarekin... Geldirik gaudela, helduek 12-18 arnasaldi egiten ditugu minutu batean; emakumeetan, kopuru hori handiagoa izaten da. Esfortzu bat egitean, maiztasunak gora egiten du (40-50 arnasaldira igo daiteke) oxigeno gehiago lortzeko. Umezaroan eta zahartzaroan, handiagoa izaten da arnasaldien maiztasuna.





##### 5. irudia. Arnas bolumenak eta edukierak

- **Arnas bolumen normala.** Arnasaldi normal batean pertsona geldirik dagoela biriketatik sartzen eta ateratzen den aire-bolumena da. 500 mL ingurukoa izaten da. Minutu batean batez beste 12 arnasaldi egiten badira, 6 L/min izango da birika-aireztapen normala.
- **Inspirazioko erreserba-bolumena.** Arnasaldi normal baten ostean har daitekeen aire-bolumen gehigarria da; hau da, arnasaldi sakon batean har daitekeen aire-bolumen gehigarria. Balio hau 2,5 L-3 L tartekoa izaten da.
- **Espirazioko erreserba-bolumena.** Biriketatik arnasa normal bota ondoren hasperen sakon bat eginez bota daitekeen aire-bolumen gehigarria da. 1,1 L-1,5 L tartekoa izaten da.
- **Hondar-bolumena (1,5 L).** Arnasbehera sakona egin ondoren biriketan geratzen den aire-bolumena da. Aire hori ezin dugu kanporatu, eta albeoloen kolapsoa eragozten du; izan ere, aire guztia irtengo balitz, albeoloen mintzak itsatsi egingo lirarteke.
- **Inspirazio-edukiera.** Espirazio normal baten ostean arnasaldi sakon batean har daitekeen aire-bolumena da.
- **Biriketako bizi-edukiera.** Arnasgora maximoaren eta arnasbehera sakon baten artean berritu daitekeen aire-bolumena da. Pertsona heldu baten bizi-edukiera 4,5 L-koa izan daiteke, eta, kirolari batena, berriz, 6 L-ko baliora irits daiteke. Pertsona batek airea hartzeko eta botatzeko duen ahalmenaren neurria da.

Honako bi faktore hauen mende dago: arnasketa-muskuluen indarra eta toraxaren eta biriken erresistentzia elastikoa.

- **Birika-edukiera osoa.** Birikek eduki dezaketen aire-bolumen maximoa da. Bizi-edukieraren eta hondar-bolumenaren arteko batura da (6 L inguru).
- **Hondar-bolumen funtzionala.** Arnasbeherako erreserba-bolumenaren eta hondar-bolumenaren arteko batura da (2,3 L – 3 L inguru). Aire honi esker, airearen eta odolaren arteko gas-trukea modu jarraituan gerta daiteke, hurrenez hurreneko arnasaldien artean ere.

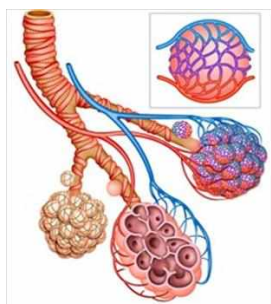
Balio horiek guztiak espirometro izeneko tresnaren bidez neurtzen dira, hondar-bolumena izan ezik.

Hartzen dugun airearen parte bat (150 mL) ez da albeoloetara iristen, arnasbideetan geratzen baita, eta kanporatu egiten da gero; hori dela eta, biriken **espazio anatomiko hila** esaten zaio horri. Horregatik, arnagora normal batean 500 mL-tik –arnas bolumen normala– 350 mL bakarrik iristen dira albeoloetara, eta aire-bolumen horrek hartzen du parte gas-trukean; **albeolo-aire** deritzo horri. Aipatzekoa da arnasaldi bakoitzean ez dela guztiz berritzen biriketako airea; aitzitik, hondar-edukiera funtzionala kontuan hartuta (2.300 mL), zazpiren bat besterik ez da berritzen (albeolo-airearen 350 mL).

## 8.3. GAS-TRUKEAK

### 8.3.1. Biriken eta odolaren arteko gas-trukea (kanpo-arnasketa)

Biriketan, bronkioak adarkatu egiten dira, eta gero eta diametro txikiagoa hartzen dute: adarkadura horiei bronkiolo deritze. Bukaerako bronkioloek albeolo-hodietan dute jarraipena, eta hodi horiek albeolo-zakuan –albeoloz osatuta baitaude– zabaltzen dira. Albeoloak odol-kapilarrez daude inguratuta, estuki, eta bertan gertatzen da gas-trukea. Heldu baten birikak 300–500 milioi albeolo inguru izan ditzake, eta, batez beste, albeoloen azalera osoa 70-80 m<sup>2</sup>-koa izaten da.



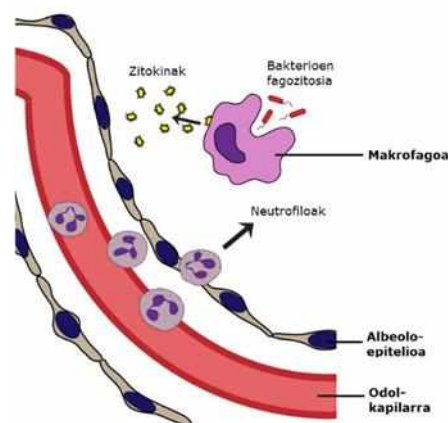
6. irudia. Bukaerako bronkioloak, albeolo-zakuak, albeoloak eta odol-kapilarren sarea

Albeoloetan gertatzen den gas-trukea **difusio bakunaz** gertatzen da. Gasen presio-partzialaren gradienteari jarraituz –kontzentrazio handia dagoen eremutik kontzentrazio txikienera mugituz–, oxigenoak eta karbono dioxidoak albeoloaren mintza eta odol-kapilarraren mintza zeharkatzen dituzte presioak berdindu arte.

Albeoloan sartzen den aireak oxigeno gehiago du ( $P_{O_2} = 100$  mmHg) ehunetatik datorren odolak baino ( $P_{O_2} = 40$  mmHg). Horregatik sartzen da oxigenoa odol-kapilarretara. Odolean sarturik, eritrozitoen mintza zeharkatu, eta hemoglobinarekin egiten du bat. Ehunetatik datorren odolak karbono dioxido gehiago dauka ( $P_{CO_2} = 46$  mm Hg) albeoloetara sartu den aireak baino ( $P_{CO_2} = 40$  mm Hg), eta , horregatik, albeoloetan sartu, eta kanporatu egingo da espirazioan.

Hala ere, gasen presio-partzialaz gain, badaude gasen difusioa mugatzen duten hainbat faktore: besteren artean, gasen trukerako kontaktu-gainazalaren eraginkortasuna, birika-zirkulazioaren abiadura eta mintzen iragazkortasuna oxigenoarentzat eta karbono dioxidoarentzat. Azken horrek baldintzatzen du airearen eta odolaren arteko kontaktudenbora.

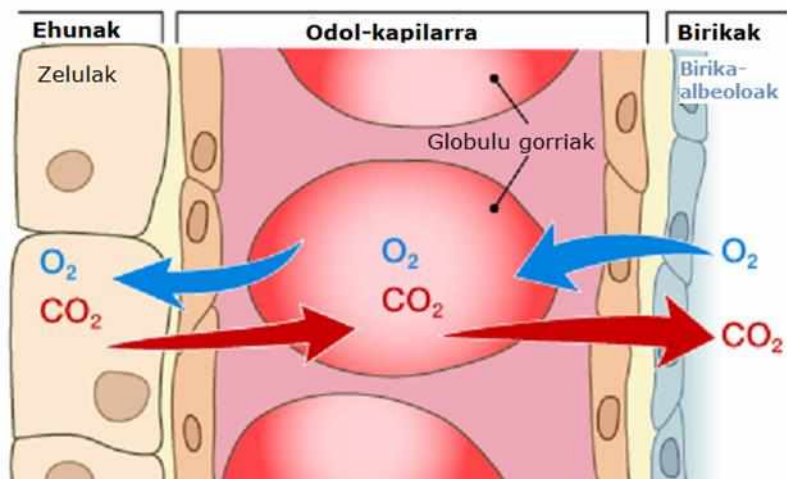
Aipatzekoa da albeolo barruan makrofagoak daudela eta airearekin batera sar daitezkeen mikroorganismoak deuseztatzea dela haien eginkizuna.



7. irudia. Albeoloetako makrofagoak

### 8.3.2. Odolaren eta zelulen arteko gas-trukea (barne-arnasketa)

Odolaren bidez, oxigenoa ehunetara iristen da, eta, bertan, difusioz, odol-kapilarraren mintza zeharkatu, likido interstizialera pasatu, eta zelulen mintzak zeharkatzen ditu. Zelulen mitokondriak kontsumitu egiten du oxigeno hori arnasketa aerobioan, eta horregatik izaten da oxigenoaren presio-partziala txikiagoa zelula barruan odolean baino. Karbono dioxidoak, aldiz, kontrako bidea egiten du: zelulen katabolismoan askatzen den  $CO_2$ a presio-gradientearen alde sartzen da odol-kapilarretan, eta, odolaren bidez albeoloetara iritsi ondoren, kanporatu egiten da.



8. *irudia.* Gas-trukeak, biriken eta odolaren artean, eta, odola eta zelulen artean

Zelularen metabolismoaren ondorioz eta gas-trukearen ondorioz, desberdinak dira sartutako eta irtendako airearen konposizioak.

|                  | SARTUTAKO AIREA | IRTENDAKO AIREA |
|------------------|-----------------|-----------------|
| Nitrogenoa       | % 79            | % 79            |
| Oxigenoa         | % 21            | % 16            |
| Karbono dioxidoa | % 0,03          | % 4             |
| Ura              | aldakorra       | asea            |
| Temperatura      | aldakorra       | 35 °C           |

9. *irudia.* Sartutako eta irtendako airearen alderaketa

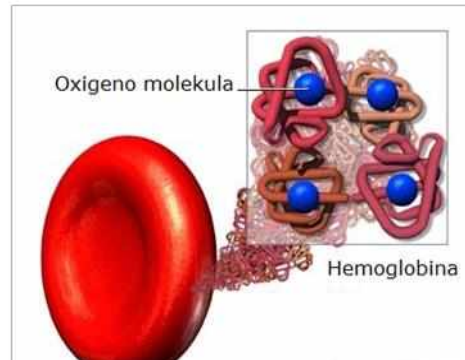
## 8.4. GASEN GARRAIOA

Oxigenoa eta karbono dioxidoa odolaren bidez garraiatzen dira gorputzeko ehunen eta birika-albeoloen artean.

**Oxigenoaren garraioa** bi eratan gerta daiteke:

- Odol-plasman disolbaturik, % 5 baino ez da garraiatzen; izan ere, txikia da oxigenoaren disolbagarritasuna.

- Hemoglobinare hemo taldeari lotuta, oxigenoaren % 95 garraiatzen da. Globulu gorriek hemoglobina molekula ugari dituzte, eta, oxigenoarekin konbinatzean, oxihemoglobina eratzen da. Modu horretan, odolak oxigenoa garraiatzen du biriketarik gorputzeko zelula guztietara.



10. irudia. Oxigenoa, hemo taldeari loturik, hemoglobina molekulan

**Karbono dioxidoaren garraiorako** hiru aukera daude:

- Odol-plasman disolbatuta, % 10 garraiatzen da.
- Bikarbonato eran, % 70 garraiatzen da. Eritrozitoen zitoplasman, CO<sub>2</sub>a urarekin konbinatzen da, eta azido karbonikoa eratzen da; jarraian, azido hori disoziatu, eta hidrogeno ioia eta bikarbonato ioia eratzen dira. Odol plasman, bikarbonatoa eratzeko erreakzioa oso geldoa da, baina, aldiz, eritrozitoek anhidrasa karbonikoa izeneko entzima dutenez, oso azkar gertatzen da erreakzio hori (13.000 aldiz azkarrago). Hidrogeno ioia askatzen denez, garraio-mota honek eragina izango du globulu gorrien pHan.



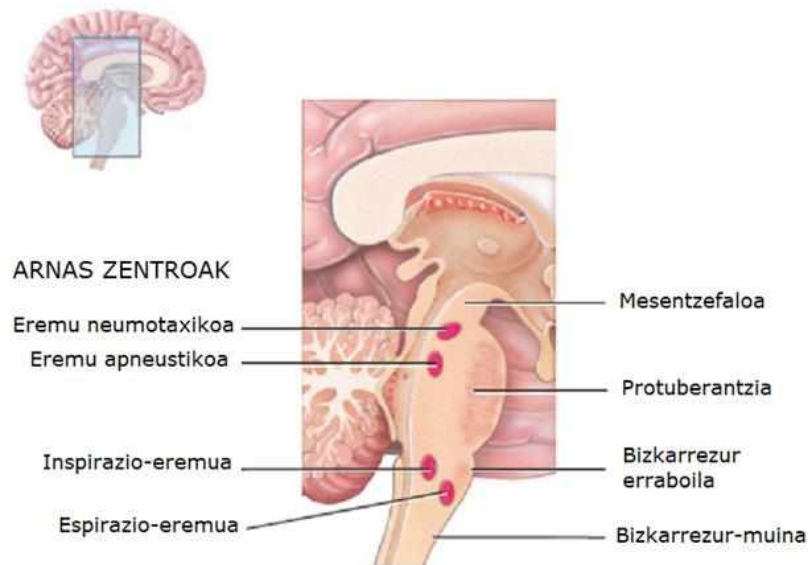
- Hemoglobinari lotuta, % 20 garraiatzen da. CO<sub>2</sub>-a hemoglobinare hemo taldearekin konbinatzen da –lau kate polipeptidikoetako bakoitzak libre duen muturreko amino taldearekin–.

Oxigenoak eta karbono dioxidoak leku desberdinetatik lotzen zaizkio hemoglobina molekulari, eta, horregatik, ez da arazorik sortzen gas horien garraioan. Karbono monoxidoak, ordea, oxigenoak baino afinitate askoz handiagoa dauka (250 aldiz handiagoa) hemo taldearekin lotzeko, eta horregatik da hain toxikoa eta arriskutsua gas hori arnastea.

## 8.5. ARNASKETAREN ERREGULAZIOA

Ondo ezaguna da arnasketa prozesu automatikoa eta erritmikoa dela, etengabe gertatzen dena, eta borondatez edo ez-borondatez alda daitekeela arnasketaren sakontasuna eta maiztasuna. Adibidez, arnasketa nahi gabe aldatzen dugu faktore

hauekin: jarduera fisikoarekin, egoera emozionalarekin, airearen oxigeno-kontzentrazioarekin edo airearen tenperaturarekin.



11. irudia. Garun-erborra eta arnas zentroak

Arnasketa, beraz, **nerbio-sistema autonomoak erregulatzen du**: hain zuzen ere, garun-erborrean kokatuta dauden lau eremuak –**arnas zentroek**– egiten dute kontrol hori. Alabaina, nahi izanez gero, arnasketaren erritmoa modu kontzientean alda dezakegu, eta arnasketa-maiztasuna arindu, gutxitu edo gelditu. Kasu horretan, garunaren kortexak bidaltzen ditu arnas mugimenduetarako beharrezkoak diren aginduak.

Aipatu bezala, arnasketa ez da beti prozesu erabat erregularra. Izan ere, etengabe egokitu behar da organismoaren beharretara; azken batean, zelulen energia-beharretara. Honako hauek dira arnasaren maiztasuna eta sakonera baldintzatzen dituzten faktoreak:

- **Faktore kimikoak.** Kimioerrezeptore batzuek pH aldaketak eta karbono dioxidoaren kontzentrazio-aldaketak hautematen dituzte, eta, horren arabera, nerbio-sistema autonomoak arnasketa-maiztasuna egokitzen du, oxigenoaren eta karbono dioxidoaren kontzentrazioak balio normaletara hurbil daitezten. Kimioerrezeptore horiek odol-hodi nagusietan eta erraboilaren kimioerrezeptore-eremuan daude kokatuta.
- **Faktore fisikoak.** Gorputz osotik datozen estimulu fisikoek ere alda dezakete arnasketa-maiztasuna; esaterako, dutxan sartu eta ur hotza hautematean edo kolpe bat hartzen dugunean, arin eta labur hartzen dugu arnasa.
- **Faktore emozionalak.** Urduri gaudenean, arinago hartzen dugu arnasa, eta, lasai gaudenean, aldiz, astiroago. Gainera, gertaera sinergikoa izaten da, eta, horregatik, urduri bagaude, arnasa sakon hartuta saia gaitzke lasaitzen.



Garun-enberraren arnas zentroek, informazio hori guztia jaso, eta arnas muskuluen uzkurdua eraginez erantzuten dute, betiere arnasketaren maiztasuna eta sakonera zehatzuz. Aurretik esan bezala, arnasketa borondatez aldatzen dugunean, garunaren kortexak ere hartzen du parte erantzuteko prozesuan.

# BIBLIOGRAFIA eta WEBGRAFIA

- FERNÁNDEZ, Jesús; MONTESINOS, Encarna; TEJERINA, Fernando; VIDAL Vicenta (2014). *Biología humana. Introducción a las ciencias de la salud*, 3. argit., Tilde.
- MARIEB, Elaine N. (2008). *Anatomía y fisiología humana*, 9. argit., Pearson.
- RODRÍGUEZ, Sonia (2020): *Giza Anatomia eta Fisiologia (Interneteko baliabidea)*, [www.irale.hezkuntza.net](http://www.irale.hezkuntza.net), Donostia.
- GALLEGO, Mónica; ZARATE, Jon; CASIS, Oscar (2014). *Osasun-zientzietako ikasleentzako giza-fisiologiako apunteak*, EHU, Farmazia fakultatea, Editorial Gomylex.
- GARRO, Asier (1997). *Giza Fisiologia*, Elhuyar Fundazioa.
- ARANA, Eunate; CABALLERO, Amale; GÓMEZ, Sonia; GUTIÉRREZ, Iñaki (2000). *Giza Anatomia eta Fisiologia*, Ibaizabal argitaletxea.
- NAIZEN elkarte (2023). *Jaio aurreko sexuazio-prozesua*, <https://naizen.eus/eu/jaio-aurreko-sexuazio-prozesua/>
- MARTIN, Xabier (2011). «Dena sendatzea ez da irtenbide on bat; ezer ez da betiko». Elkarrizketa Sidney Brennerekin. [https://www.berria.eus/bizigiro/dena-sendatzea-ez-da-irtenbide-on-bat-ezer-ez-da-betiko\\_1121397\\_102.html](https://www.berria.eus/bizigiro/dena-sendatzea-ez-da-irtenbide-on-bat-ezer-ez-da-betiko_1121397_102.html)
- DÍAZ LANDALUCE, Ixone (2020). «La ciencia no resolverá el problema». Elkarrizketa Juan Luis Arsuagarekin. [Creando Futuro XLdesafío – BBVA – JUAN LUIS ARSUAGA – La ciencia no resolverá el problema. La única solución pasa por renunciar a cosas que nos gustan \(burgosconecta.es\)](https://www.burgosconecta.es/creando-futuro-xl-desafio-bbva-juan-luis-arsuaga-la-ciencia-no-resolvera-el-problema-la-unica-solucion-pasa-por-renunciar-a-cosas-que-nos-gustan)
- Irudi guztiak Wikimedia Commonsetik hartu dira: [https://commons.wikimedia.org/wiki/Main\\_Page](https://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page)