

# JOKABIDE-NEUROZIENTZIEN OINARRIAK

## 1. UNITATEA. Nerbio-sistemako zelulak. Egitura eta funtzioa

### Helburua

Unitate honen lehen helburua da Psikobiologiaren ezagutza-arloa aurkeztea, haren izaera plurala nabarmenduz eta haren kontzeptu zabal bat defendatuz, portaeraren edozein esplikazio-murrizketatik urrun. Jakintza-arlo horren barruan, jokabidearen oinarri biologikoak aztertzeke beharrezko lehen urrats gisa sortu zen Jokabide Neurozientziaren Oinarriak irakasgaia. Bigarrenik, unitate honen beste helburu bat da nerbio-sistema osatzen duten zelulak ezagutzea, neuronaren morfologia deskribatuz eta, oro har, nerbio-sistema osatzen duen atal bakoitzaren funtzioa deskribatuz. Era berean, gliako zelulen egitura eta funtzioa aztertuko dira.

### Edukia

1. gaia. Psikobiologiaren hastapenak
2. gaia. Neuronaren egitura orokorra

### Irakasleak

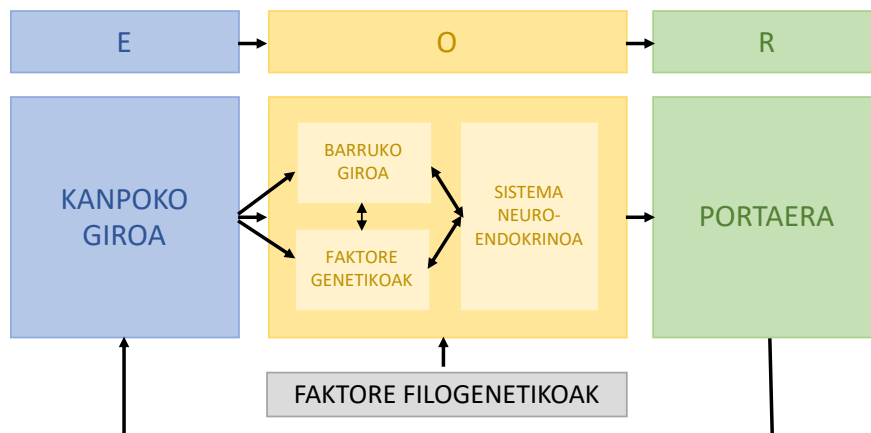
Garikoitz Azkona Mendoza  
Garikoitz Beitia Oyarzabal  
Maider Muñoz Culla  
Eider Pascual Sagastizabal  
Oscar Vegas Moreno

## 1. gaia. Psikobiologiaren hastapenak

### 1. Zer da Psikobiologia, eta zein da haren aztergaia?

Psikobiologia, gaur egun, Psikologiaren funtsezko jakintza-arlotzat hartzen da, eta, beraz, unibertsitateko ikasketa-plan guztien parte da. Psikobiologiak Psikologiarekin partekatzen du bere aztergaia: jokabidea, eta jokabidearen oinarri biologikoak aztertzen dituen Psikologiaren zati gisa definitu ohi da. Portaera ulertzeko, alderdi biologiko horiei erreparatu behar zaie, eta, gaur egun, Psikobiologiak aztertzen du jokabidea, metodo zientifikoari jarraituz eta hartzen dituen diziplina ugarien bidez: Etologia, Psikofisiologia, Jokabidearen Genetika, Psikofarmakologia, Neuropsikologia, etab.

Psikobiologiak, beraz, ikuspegi biologikotik heltzen dio jokabidearen azterketari, haren funtsezko interesa portaeraren oinarri biologikoak baitira. Portaeraren oinarri biologikoetan, sistema neuroendokrinoaz gain, organismoa beste antolamendu-maila batzuetan murgilduta dago; autore batzuek, oro har, sistema konplexu moldagarria deritze horri (1. irudia). Robert Woodworth-ek proposatutako paradigmatari jarraituz (estimulua-organismoa-erantzuna (E-O-R)), esan genezake Psikobiologiak publikoki beha daitezkeen adierazpenak (R) aztertzen dituela, bai eta animalia baten (O) egokitzapen-sistema konplexua garatzen den ingurunearekin aktiboki erlazionatzen denean gertatzen diren azpiko prozesu mentalak ere (E).



1. irudia. Sistema konplexu egokitzailearen irudikapen eskematikoa. Egileen irudia.

### 2. Psikobiologia, diziplina anitzeko arloa

Psikobiologia osatzen duen ezaugarrietako bat diziplina anitzekoa izatea da, diziplina askotatik heltzen baitzaio aztergaiari. Egoera horrek ahalbidetzen du Psikobiologian genetikako, biologia molekularreko, neurofisiologiako, etologiako, psikologiako edo antropologiako ezagutzak bateratzea, eta erakusten du Psikobiologia diziplinarteko lankidetzak horretatik aberasten den zientzia bat dela, Morgadok *Psicobiología: de los genes a la cognición y al comportamiento* (Ignacio Morgado Bernal, 2005) liburuaren aurkezpenean adierazten duen bezala. Hala, Psikobiologiak diziplina espezifikoak biltzen ditu metodologia espezifikoekin.

Pinelek bere *Biopsikologia* eskuliburuan (Pinel, 2007) adierazten du, adibidez, Psikobiologiaren adar nagusiak sei direla: Psikologia Fisiologikoa, Psikofarmakologia, Neuropsikologia, Psikofisiologia, Neurozientzia Kognitiboa eta Psikologia Konparatua. Hala ere, sailkapen konplexuagoak aurki ditzakegu, hala nola Rosenzweig-ek bere *Psikologia Biologikoa* eskuliburuan aurkezten duena (Rosenzweig, Breedlove, & Watson, 2005).

Zenbait kasutan, Psikobiologiak hartzen dituen diziplina horiek gainjartze-mailaren bat badute ere, pentsa dezakegu berezko garapen nahikoa lortu dutela, diziplina independentetzat hartzeko modukoa.

## 2. gaia. Neuronaren egitura orokorra

### 1.- Makromolekula organikoak

Materia bizia lau elementuk osatzen dute nagusiki: hidrogenoa (H), karbonoa (C), nitrogenoa (N) eta oxigenoa (O). Elementu sinpleak elkartzean, molekulak/konposatuak sortzen dira. Materia biziaren oinarriko konposatuak bi multzo handitan sailkatzen dira: konposatu ez-organikoak eta organikoak.

<p><b>Inorganikoak:</b> konposatu sinpleak, nahiko txikiak, elementu gehienek osatzen dituztenak.</p>	<p><b>Organikoak:</b> osaeran karbonoak eta hidrogenoak parte hartzen dute, lotura kobalenteen bidez elkartuta. Konposatu handiak eta egitura konplexukoak.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ura: H<sub>2</sub>O; gure gorputzeko likido intrazelularra (%65) eta extrazelularra (%35)</li> <li>• Gasak: O<sub>2</sub> eta CO<sub>2</sub></li> <li>• Gatz mineralak: NaCl (gatz arrunta)</li> <li>• ioak: hidrogenoa (H<sup>+</sup>), sodioa (Na<sup>+</sup>), potasioa (K<sup>+</sup>), kaltzioa (Ca<sup>++</sup>), kloroa (Cl<sup>-</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gluzidoak</li> <li>• Lipidoak</li> <li>• Proteinak</li> <li>• Azido nukleikoak</li> </ul>

Jarraian, lau makromolekula organiko horien ezaugarri nagusiak deskribatzen dira, zelulari egitura eta funtzioa eskaintzen dizkietenak.

#### 1.1. Gluzidoak (edo karbohidratoak)

C-z, H-z eta O-z osaturiko konposatu biomolekularrak.

Sailkapena:

- monosakaridoak
- oligosakaridoak
- polisakaridoak

### Monosakaridoak

Egoera solidoan, zapore gozoko, kristal-itxurako eta uretan disolbagarriak diren substantzia zuriak dira. Karbono-atomo (C) eta ur-molekula (H<sub>2</sub>O) kopuru berberak ditu, eta, horregatik, *karbohidratoak* ere esaten zaie.

Formula enpirikoa: (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> (n = 3 edo n > 3)

Izendatzeko modua: aurrizkiak karbono kopurua adierazten digu, eta bukaera -osa.

Adibidez: triosa (n = 3) edo hexosa (n = 6)

Biologikoki interesgarriak diren zenbait monosakarido:

Erribosa, pentosa, RNA molekularen osagaia eta metabolismoaren bitarteko garrantzitsua.

Glukosa, izaki bizidunen energia-iturri garrantzitsua.

Fruktosa, landareetan agertzen den azukrea.

Galaktosa, esnean dagoen laktosa disakaridoaren parte.

### Oligosakaridoak

Bi monosakarido edo gehiagoz, baino hamar baino gutxiagoz, osaturiko gluzidoak. Naturan, normalki, disakaridoak bi hexosen loturaz sortzen dira. Zapore gozokoak, kristal-itxurakoak eta uretan disolbagarriak dira.

Biologikoki interesgarriak diren zenbait oligosakarido:

Sakarosa, glukosa + fruktosa. Erremolatxa eta kanaberako azukrea. Azukre arrunta da, eta janariak gozatzeko karbohidrato erabiliena.

Maltosa, glukosa + glukosa. Maltako azukrea.

Laktosa, glukosa + galaktosa. Esnean dagoen azukre garrantzitsua da.

### Polisakaridoak

Monosakaridoen polimerizazioz sortzen dira. Normalean, hexosen polimeroak izaten dira.

Polisakaridoak ez dira kristal-itxurakoak, ez dira uretan disolbagarriak, eta, askotan, almidoi erara landareetan eta glukogeno bezala animalietan metatzen dira.

### *Gluzidoen funtzio garrantzitsuenak*

1.- *Funtzio energetikoa*. Animaliek behar duten energia metaboliko gehiena gluzidoetatik lortzen dute. Metabolismoan, CO<sub>2</sub> eta H<sub>2</sub>O arte deskonposatzen dira. Deskonposaketa horretan, zelulek behar duten energia askatzen da.

2.- *Erreserba-funtzioa*. Glukosa glukogeno polisakarido eran gordetzen da. Era berean, gantz ere bihur daiteke.

3.- *Egitura-funtzioa*. Ehun mota batzuk osatzen dituzte. Mintzetan ere azaltzen dira, proteina eta lipidoekin batera.

4.- *Azido nukleikoen osagai*. Pentosak RNA eta DNA molekuletan azaltzen dira.

## **1.2. Lipidoak**

C-z, O-z eta H-z osaturiko biomolekulak, sarritan fosforoa (P) eta nitrogenoa (N) ere edukitzen dutenak. Nahiz eta egitura aldetik oso talde heterogeneoa izan, guztiek azaltzen dituzte zenbait propietate:

- Uretan disolbagarritasun txikia, baina disolbagarri organikoetan disolbagarriak.
- Ura baino dentsitate txikiagoa, eta itxura koipetsua.

Hain talde heterogeneoa denez, hainbat motatako sailkapenak egin dira. Guk honako hau erabiliko dugu:

a.- Gantz azidoak

b.-Saponifikagarriak:

b.1.- Lipido sinpleak

b.2.- Lipido konplexuak

c.- Ez-saponifikagarriak

*a.- Gantz azidoak*

Kate hidrokarbonatu lineal, luze eta bipolarrak. Urarekin kontaktuan, bere alde hidrofila (-COOH) jartzen da, eta, horrekiko perpendikularki, gantz azidoen alde hidrofoboa (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-).

### *b.- Saponifikagarriak*

Gantz azidoz osaturik.

b.1.-Sinpleak: C, O, eta H dute soilik.

Gantzak (trigliceridoak: glizerina + 3 gantz azido). Organismoak energia-iturri erara erabiltzen ditu, eta modu horretan metatzen dira gantz-ehunetan. Gantzen osieran parte hartzen duten gantz azidoek C atomo kopuru bikoitza izaten dute beti.

Ezkoak (gantz azido + kate luzeko alkohola)

b.2.- Konplexuak: C-z, O-z, eta H-z gain, N, P, S edo gluzidoen moduko beste konposatu batzuk azaltzen dira.

Fosfolipidoak (glizerina + 2 gantz azido + azido fosforikoa). Beste zenbait funtzioaren artean, egitura-funtzioa betetzen dute; neuronetako mielina eta mintz biologikoak.

Glukolipidoak. Ez dira fosfolipidoak bezain ugariak zelulen mintzetan, baina bertan funtzio espezifiko garrantzitsuak betetzen dituztela pentsatzen da.

### *c.- Ez-saponifikagarriak*

Ez dute gantz azidorik. Bipolarrak dira. Zeluletan eta ehunetan lipido konplexuak baino kantitate txikiagoetan agertzen dira, baina, beren artean, jarduera biologikoak dituztenak aurkitu daitezke; halaber, hormonak, bitaminak, etab.

Esteroidoak. Kolesterolaren deribatuak. Animalien esteroide ugariena kolesterola da. Horien zelula askotako mintz plasmaticoetan eta odol-plasmako lipoproteinetan aurkitu daiteke. Animalien ehunetako beste esteroide askoren aitzindaria da. Kolesterolaren deribatuak:

- Azido biliarrak: lipidoen emulzioan eta hesteko xurgapenean dute eragina.
- Androgenoak eta estrogenoak: sexu-hormonak.
- Progesterona: haurdunaldiko hormona.
- Hormona adrenokortikalak: kortisola.

Karotenoideak (terpenoak). Animalia- eta landare-zeluletan azaltzen diren koloredun konposatuak. Jatorria landareetan dute (tomatearen likopenoa, azenarioaren karotenoa). Terpenoen artean daude A, E eta K bitamina liposolugarriak eta erretinako rodopsina.

Prostaglandinak. Animalien ia ehun guztiek sorrarazten dituzten eta modulatuzaile-lana duten substantziak. Prostaglandinen ekintza nagusien oinarri molekularrak ez ezagutu arren, badakigu prozesu anitzetan parte hartzen dutela: hantura areagotzen, ehun batzuen odol-fluxua kontrolatzen, transmisio sinaptikoa modulatzeko...

### *Lipidoen funtzio garrantzitsuenak*

- 1.- Funtzio energetikoa: karbohidratoak baino erregai indartsuagoak dira.
- 2.- Erreserba funtzioa: ehun adiposoan (gantz ehuna) metatzen dira.
- 3.- Egitura funtzioa: mintz zelularrak osatzen parte hartzen dute.
- 4.- Funtzio dinamikoa: bitaminak eta hormonak.
- 5.- Isolatzaile termikoak.

## 1.3. Proteinak

Zeluletako osagai nagusiak, zelulen pisu hezearen % 50 edo gehiago osatzen dutenak. Zelulan edozein lekutan agertzen dira, eta beren egitura eta funtzioak bideratzeko ezinbestekoak dira. Hori dela eta, proteina mota ugari dago, eta horietako bakoitza funtzio edo betebeharr biologiko jakinean espezializaturik dago. Guztiek C, H, O eta N dute, eta gehienek S ere bai. Horiez gain, beste elementu batzuek osa ditzakete: fosforoa (P), burnia (Fe), zinka (Zn) eta kobrea (Cu) dira garrantzitsuenak.

Polimeroak dira, eta beren monomeroak aminoazidoak; beraz, proteinak aminoazidoz osaturik daudela esan dezakegu.

### *Aminoazidoak*

Karboxilo (-COOH; azido) eta amino (-NH<sub>2</sub>) taldeek osaturiko konposatu organikoak. Aminoazidoak lotura peptidikoek elkar elkartu daitezke, peptidoak sortuz. Bi aminoazido elkartzen direnean, dipeptidoak eratzen dira; hiru elkartzen badira, tripeptidoak, etab.; hamarreraino iristen ez bada, polimeroari *oligopeptido* deritza, eta hortik gorakoei *polipeptido* deitzen zaie (proteina gehienek 20 aminoazido baino gehiago izaten dituzte).

### *Proteinen egitura*

Lau egitura-maila bereiz ditzakegu:

Egitura primarioa. Kate polipeptidikoan, aminoazidoen ordena zehatza edo sekuentzia adierazten du. Aminoazidoen polimerizazioan, monomeroak ez dira denak berdinak edo homologoak, eta, hori dela eta, aminoazidoen kateetan sekuentzia izeneko kontzeptua agertzen zaigu. Kontzeptu hori ulertzeko, alfabetoarekiko analogia azaltzea izaten da errazena. Analogia horren bidez, aminoazido bakoitzari letra bat dagokiola suposatzen da, eta, era horretan, aminoazidoen polimerizazioa eta idazketa, maila bateraino, gauza bera izanen lirateke.

Egitura sekundarioa. Katea polipeptidikoek espazioan hartzen duten konformazioa.

Egitura tertziarioa. Egitura sekundarioa duten kateak tolestatzen direnean sortzen diren egitura espazialak (globularra, harikaria). Adibidez: albuminak, globulinak eta histonak.

Egitura kuaternarioa. Egitura honek kate polipeptidiko batzuen artean sortzen diren lotura ahulak adierazten dizkigu. Ondorioz, konplexu proteikoak sortzen dira. Adibidez: hemoglobina.

#### *Proteinen funtzio garrantzitsuenak*

1.- Egitura-funtzioa: mintz zelularren parte dira; egitura biologikoei sendotasuna eta forma ematen diete (kolagenoa, elastina, keratina).

2.- Garraioa: hemoglobinak oxigenoa, edo albuminak lipidoak.

3.- Funtzio katalitikoa (entzima bezala). Entzima guztiek izaera proteikoa dute. Entzimak dira bizidunetan gertatzen diren erreakzio kimikoak katalizatzen dituzten molekulak. Entzima bakoitza espezifikoa da erreakzio jakin baterako edo antzeko erreakzio multzo baterako. Bi fase bereiz daitezke: lehenengoan, substratua entzimarekin konbinatzen da, eta, bigarrean, substratua produktuetan eraldatzen da, entzima berreskuratuz.

4.- Funtzio hormonalak: hazkuntza-hormona, intsulina...

5.- Funtzio immunologikoa (babesa): gorputzak antigorputzak sintetizatzen ditu antigenoen aurka.

6.- Uzkurtze-funtzioa: giharren proteinei esker gertatzen da.

7.- Histonek (proteinak) kromosomen egituran parte hartzen dute.

## 1.4. Azido nukleikoak

Nukleotido izeneko monomeroen errepikapenez eratutako polimero handiak:

1. Base nitrogenatuak:

Purina: adenina (A) eta guanina (G).

Pirimidina: zitosina (C) eta timina (T; DNA) edo uraziloa (U; RNA).

2. Pentosa: desoxirribosa (DNA) edo erribosa (RNA).

3. Azido fosforikoa:  $H_3PO_4$ .



Pentosak eta base nitrogenatuak osatzen duten unitateari *nukleosido* deritzo; horrek, azido fosforiko molekula batekin elkartzen bada, *nukleotido* izena jasotzen du, eta ehunkada edo milaka nukleotido elkartuz azido nukleikoak osatzen dira.

Nukleosidoak base nitrogenatuari *-osina* atzizkia (purikoetan) eta *-idina* (pirimidikoetan) erantsiz izendatzen dira: adenosina, guanosina, timidina, uridina eta zitidina.

Edozein nukleotido izendatzeko, base nitrogenatuari *azido* hitza ipini eta *-iliko* atzizkia eranstean zaio. Sarritan, formula garatuaren siglak besterik ez dira ipintzen. Adibidez: AMP: adenosin monofosfatoa; ATP: adenosin trifosfatoa.

Ehunkada edo milaka nukleotido elkartuz azido nukleikoak osatzen dira; beraz, nukleotido unitateen errepikapenez osaturiko katea polinukleotidikoak dira. Polipeptidoetan monomeroak aminoazidoak ziren bezala, azido nukleikoetan nukleotidoek funtzio berbera betetzen dute. Makromolekula bien antzekotasuna sakonagoa da gainera. Azido nukleikoak nukleotidoen base-sekuentziaz bereizten dira.

Molekulan agertzen den pentosaren arabera, bi azido nukleiko bereizten dira: azido desoxirribonukleikoa (DNA) eta azido erribonukleikoa (RNA).

### DNA

Zelularen nukleoan azaltzen da batez ere. Zelula guztien informazio genetikoa DNA molekuletan metaturik dago. Base nitrogenatuen sekuentziak (adenina, guanina, zitosina eta timina) lehen mailako egitura osatzen du, eta bertan mezu genetikoa (proteinen sintesirako mezua, hain zuzen) dago jasorik. Bigarren mailako egitura helize bikoitza da, non base nitrogenatuak aurrez aurre kokaturik eta hidrogenozko zubien bidez loturik baitaude. Lotura hori beti A = T eta C = G artean gertatzen da (base osatzaileak). DNA kateek kromatina eratzen dute. Kromatinaren egitura aldakorra izan daiteke; trinko metafaseko kromosometan, adibidez.

### RNA

Zelularen nukleoan eta zitoplasman azaltzen da. RNAREN pentosa erribosa da, eta base nitrogenatuak: adenina, guanina, zitosina eta uraziloa. Katea bakarreko molekulak dira, eta funtzio nagusia proteinen sintesia dute. Motak: RNA-m (mezularia), -r (erribosomikoa), -t (garraiatzailea).

## 2. Zelularen egitura

Bizidun guztiok zelulaz osaturik gaude. Zelulak dira bizidunon unitate fisiologikoa. Kontzeptu hori garrantzitsua da, bizidun guztiok jatorri berbera dugula adierazten duelako. *Zelula* hitzak «gelatxo» esan nahi du, eta orain dela 300 urte hasi zen zentzu biologiko batean erabiltzen. Gaur egungo teoria zelularrak honako hau esaten du: 1) organismoak zelulaz osaturik gaude; 2) erreakzio kimiko guztiak, energia lortzekoak eta biosintesia, horien barnean gertatzen dira; 3)

zelulak beste zelula batetik datoz; eta 4) zelulek bizidunen informazio heredagarria daukate, eta informazio hori zelula amatik zelula umeetara pasatuko da.

*Deskribapen orokorra:*

Tamaina: zelulak behatzeko mikroskopioak behar dira; honako neurri edo unitate hauek erabiltzen dira zelula eta bere egituren tamaina adierazteko:

Mikra ( $\mu$ ) =  $10^{-6}$  m; Nanometroa (n) =  $10^{-9}$  m; Angstroma ( $\text{\AA}$ ) =  $10^{-10}$  m

Forma: zelula batzuek forma aldakorra izaten dute; beste batzuek, berriz, iraunkorragoa, funtzioaren arabera.

Egitura orokorra: zelula eukariotoan hiru zati nagusi bereiz daitezke:

1. Mintz plasmatikoa: zelula inguratzen eta banatzen duen geruza jarraitua.
2. Zitoplasma: ingurune urtsua, non organulu ugari murgilduta baitaude.
3. Nukleoa: material genetiko gehiena hemen agertzen da.

## 2.1. Mintz plasmatikoa (zelula-mintza)

Zelula osoa inguratu eta babesten duen egitura. Mintza oso mehea da; 7,5-10 nanometro bitarteko ( $10^{-9}$  m,  $75 \text{\AA}$ ) lodiera du. Zelula ez da erabat isolatua egoten, kanpo-ingurunearekiko komunikazioa ezinbestekoa baita zelularen funtzionamendu egokirako.

*Osagai kimikoak*

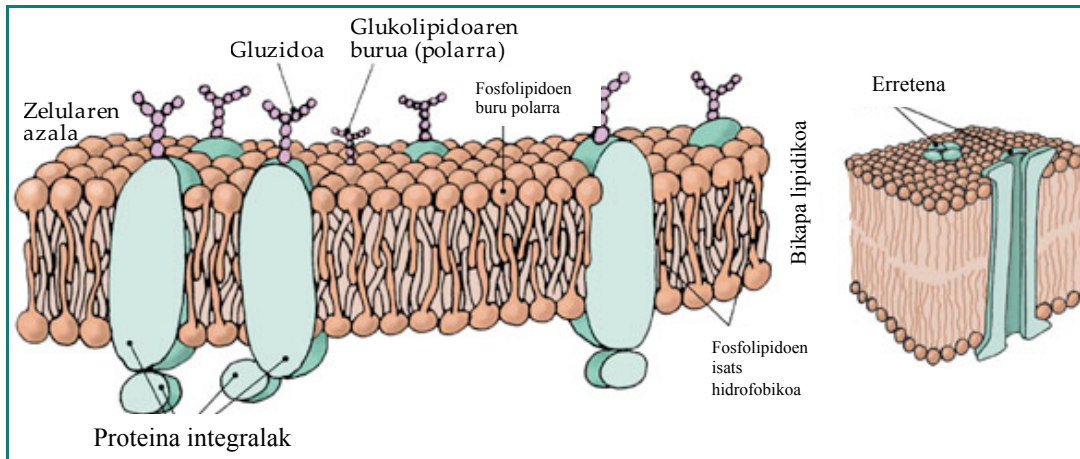
Proteinaz (proteina globularrak) eta lipidoz (gehienbat, fosfolipidoak eta kolesterola) osaturik dago gehienbat, nahiz eta karbohidratoak (glukoproteina eta glukolipidoak) ere badauden.

*Egitura*

Mintzaren oinarritzko egitura lipido-geruza bikoitza da (bikapa lipidikoa), eta tarteka globulu-proteinak daude (2. Irudia). Fosfolipido eta kolesterol-molekulen zati bat uretan disolagarria da. Ondorioz, lipido-molekulen atal horiek urari begira gelditzen dira. Molekulen atal hidrofoboek, aldiz, uretatik ihes egin nahian, elkar erakartzen dute. Lipido-geruza erabat iragazgaitza da ioi, glukosa eta urea gisako substantzia hidrosolugarriekiko. Bestalde, iragazkorra da oxigenoa, karbono oxidoa edo alkohola bezalako substantzia liposolugarriekiko.

Proteinei dagokienez, horietako batzuek mintz osoa zeharkatzen dute (proteina integralak); beste batzuk, aldiz, mintzaren alde batean soilik daude (proteina periferikoak). Proteina integral asko erretenak edo kanalak dira; hau da, haien baretik substantzia hidrosolugarriak pasa daitezke (ioiak, glukosa, urea...). Hala ere, proteina horiek ez diote edozein substantzia hidrosolugarri pasatzen uzten; izan ere, substantzia batzuekiko selektiboak dira. Beste proteina

integral batzuek proteina garraiatzaile modura jokatzen dute. Horien funtzioa da gradientearen aurkako norantzan substantzia jakin batzuk garraiatzea. Beste batzuek, aldiz, entzima-lana egiten dute. Zelula espezifiko batzuetan, neuronetan, mintzeko proteinak izango dira kinadaren aurrean erantzunari hasiera emateko arduradunak. Globulu gorrien azalean dauden proteinek (antigenoak) odol-taldea mugatzen dute.



## 2. irudia. Mintz plasmatikokoaren osagaien irudikapena. Egileen irudia.

### Funtzioak

Lehen esan dugun bezala, mintz plasmatikoa zelularen isolatzaile bat da neurri batean, baina bere funtzioa, batez ere, zelularen eta ingurunearen arteko gai-trukeak kontrolatzea da. Mintzak ez dio edozein substantziari igarotzen uzten; izan ere, mintzaren zeharreko iragazkortasun selektiboa gertatuko da.

Substantzien trukea edo, beste modu batera esan da, mintzaren zeharreko garraioa prozesu edo mekanismo desberdinez gerta daiteke:

- Barreiadura (difusioa):
  - Mintzaren zeharreko barreriadura sinplea.
  - Erreten zeharreko barreriadura.
  - Lagundutako barreriadura.
  - Osmosia.
- Garraio aktiboa.
- Xixku (besikula) bitarteko garraioa.
  - Makromolekula eta partikula garraioa

### Barreriadura

Disoluzio bateko molekulak eta ioiak aldi oro higitzen ari dira (higidura browndarra). Ingurunean, substantzia baten kontzentrazio desberdinek kontzentrazio-gradiente sortzen dute. Molekula

eta ioien higidura dela eta, kontzentrazio desberdin horiek berdintzera jotzen dute. Kontzentrazio handitik txikira molekulak eta ioiak higituko dira. Prozesu horri *barreiadura* edo *difusio* deritzogu. Higidura espontanea denez gero, ez dago energia-gasturik.

- Mintzaren zeharreko barreiadura sinplea.

Molekula liposolugarriek eta tamaina txikikoek ez dute eragozpenik mintza zeharkatzean. Urak, bere tamaina txikia dela eta, oso bizkor zeharkatzen du mintza (nahiz eta lipidoetan oso disolbagarritasun txikikoa izan). Ioiek, karga elektrikoa dutenez, ura baino miloi bat aldiz geldoago zeharkatzen dute mintza, eta, horretarako, erreten proteikoen (kanal proteikoen) bidea soilik erabil dezakete.

- Erreten proteikoetan zeharreko barreiadura.

Erreten hauek bi ezaugarri garrantzitsu dituzte:

- a. Substantzia batzuentzat soilik dira iragazkorak. Selektiboak dira. Adibidez, sodio ioiaren ( $\text{Na}^+$ ) erreten espezifikoek katioi hau igarotzen utziko dute soilik.
- b. Erretenak irekiak edo itxiak egon daitezke.

- Lagundutako barreiadura

Tamaina handi samarra duten molekulak garraiatzen dira horrela. Modu horretan garraiatzen diren substantziek proteina garraiatzaile baten bidez zeharkatzen dute zelula-mintza. Garraiatu behar den substantzia mintzaren proteina-garraiatzaile batekin elkartzen da; orduan, proteinaren konformazioa aldatu egiten da, eta, horren ondorioz, garraiatutako substantzia askatu eta mintzaren beste aldera pasatzen da. Mekanismo hori erabiltzen duten substantzien artean ditugu glukosa eta aminoazidoak.

- Osmosia.

Mintz batek substantzia batzuen iragana uzten duenean, beste batzuen berriz galaraziz, mintz erdiragazkorra dela esaten da. Ur molekulen mugimendua barreiaduraren kasu berezi bat da mintz horietan zehar: osmosia. Osmosia uraren mugimendua da, solutu-kontzentrazio txikia duen disoluzio batetik solutu-kontzentrazio handia duen beste batera.

Eman dezagun urez beteriko ontzi baten erdian mintz erdiragazkorra jarri dugula. Alde batean, 20 molekula solutu disolbatzen ditugu, eta, beste aldean, solutu beraren molekula bakarra. Bai solutuaren bai disolbatzailearen molekulak mugitzen direnez, bi aldeetan dauden kontzentrazioek berdintzera joko dute. Hala ere, erdian mintz erdiragazkorra dagoenez, solutua ezingo da beste aldera iragan. Beraz, ur molekulak zeharkatuko dute mintza bi aldeetan dauden kontzentrazioak berdintzeko.

Uraren fluxu osmotiko hori ezerezteko egin behar den presioari *presio osmotikoa* ( $\pi$ ) deritzogu. Bolumen unitate batean, partikula kopuru berdina duten bi edo disoluzio gehiago **isotonikoak** direla esaten da. Kasu honetan, ez da egongo uraren mugimendurik disoluzioen artean. Kontzentrazio desberdineko disoluzioak konparatzen ditugunean, solutu gutxiena duena **hipotonikoa** deitzen da, eta solutu gehiena duena **hipertonikoa**. Osmosia bitartean, ur molekulak barreiatzen dira mintz erdiiragazkorrean zehar disoluzio hipotoniko batetik disoluzio hipertoniko baterantz.

### ***Garraio aktiboa***

Orain artean, gradientearen alde gertatzen den barreiaduraz hitz egin dugu soilik. Hala ere, nahiz eta substantzia zelula barnean kontzentrazio handiagoan eduki, sarritan, substantzia hori kanpotik barnealdera garraiatu behar da. Horren adibidea potasioa dugu. Beste batzuetan, kontrakoa gertatzen da. Hau da, barnetik kanpoalderako garraioa interesatuko zaigu, nahiz eta substantzia kanpoaldean kontzentratuago egon. Beraz, mota horretako mugimenduak posible izan daitezten, energia-iturri baten beharra dago, prozesu hori maldaz gora bultzatzeko. Mintz zelular batek gradientearen aurka ioiak edo molekulak mugitzen dituenean, garraio aktiboaz ari gara. Proteina garraiatzaileen bidez gauzatzen da prozesua.

Garraio aktiboaren bidez mugitzen diren substantzien artean daude sodioa (Na), potasioa (K), burdina (Fe), hidrogenoa (H), kloroa (Cl), iodoa (I), zenbait azukre eta aminoazido gehientsuenak.

Sodio-potasio ponpa. Ponpak 3 Na<sup>+</sup> ioi zelularen kanpoaldera ponpatzen ditu, eta, aldi berean, 2 K<sup>+</sup> ioi barneratzen. Ponpa organismo osoko zelula guztietan dago. Mintzaren bi aldeetan diren Na<sup>+</sup> eta K<sup>+</sup> ioien kontzentrazio desberdinen eta neuronen barnean dagoen potentzial elektriko negatiboaren eragilea da ponpa hori. Zelularen barnealdera luzatzen den proteina zatian sodio molekulekin lotzeko hartzailleak daude, eta kanpoaldean potasio molekulekin lotzeko hartzailleak. Bestetik, hartzailleen lekutik gertu, proteinak ATPasa-jarduera du. Hau da, ATP apurtu, eta ADP, fosfato taldea eta energia lortuko ditu prozesu horren bidez. Barnealdean sodio ioiak eta kanpoaldean potasio ioiak hartzailleekin batzen direnean, proteinaren ATPasa funtzioa aktibatu egiten da, ATP apurtuz. Horrela, energia lortu eta proteinaren konformazio-aldaketa gertatuko da energia horri esker, sodio-ioiak kanpoaldera ateraz eta potasio ioiak barnera sartuz.

### ***Xisku-bitarteko garraioa***

Orain artean, molekula txikien zelula barnerako garraioaz arduratu gara. Hala ere, zelula gehienek molekula handiak ere berenganatzen dituzte. Molekula txikien garraioa mintzeko proteinen bidez gauzatzen da. Makromolekulekin, ostera, erabat desberdina da barneratzeko edo kanporatzeko erabiltzen den mekanismoa.

- Exozitosisia

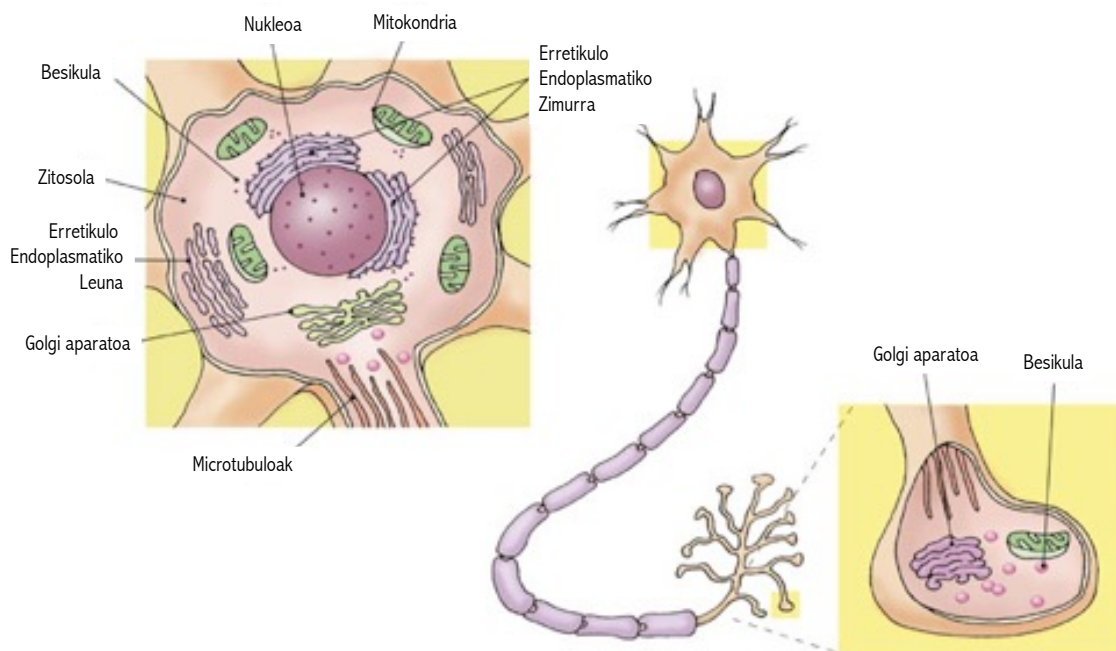
Molekula handiak kanporatzearen adibidea intsulina jariatzen duten zeluletan dugu. Intsulina, ekoitzi ondoren, xixku baten barnean sartzen da. Xixkua mintzez inguraturiko egitura da. Xixku horiek mintz zelularrekin bat egiten dute, barnean zegoen intsulina kanpoaldean jariatuz. Zelula askok Golgi aparatuko xixkuetan dauden gaiak jariatzen dituzte kanporantz, modu horretara.

- Endozitosisia

Makromolekulak eta partikulak barneratzeko prozesua; exozitosiaren aurkakoa. Kanpoan diren substantziak xixkuen bidez zelula barnera sartzen dira. Horretarako, zelularen mintzean inbaginazioak sortzen dira, substantzia jasoko duen xixku bat osatuz. Barneratutako xixkuen tamainaren arabera, endozitosisia bi motatan sailkatzen da: pinozitosisia (zelularen edana), likido eta solutu txikiak barneratzea; eta fagozitosisia (zelularen jana), partikula handiak barneratzea.

## 2.2. Zitoplasma

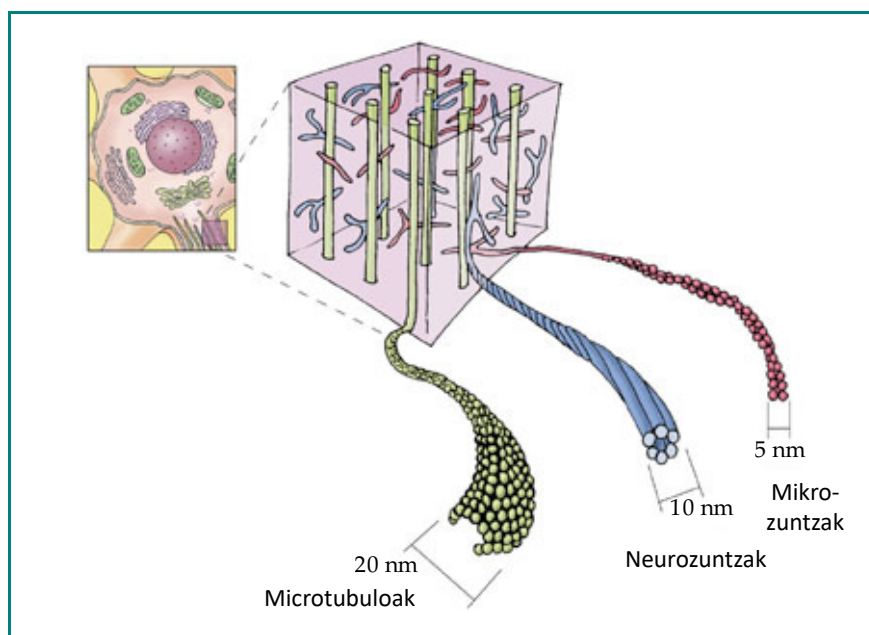
Zitoplasma mintz zitoplasmaticoak eta nukleo-mintzak mugatzen duten gunea da. **Zitosolez** edo hialoplasmaz (likidoa) eta **organulu zitoplasmaticoez** osatua dago (3. Irudia). Organuluak zuntz proteiko sare batez zitosolera loturik egoten dira. Mikrozuuntz horiek euskarri erdi-solidoa ematen diote zelulari, eta barneko **zitoeskeletoa** osatzen dute. Zitoeskeletoaren zuntzek forma ematen diote zelulari, molekulen garraioa zuzentzen dute, eta zelularen mugimenduaren arduradunak dira.



3. irudia. Neurona baten organuluaren irudikapena. Egileen irudia.

## Zitoeskeletoa

Hiru motatako zuntzak ezagutzen dira: (1) aktina-zuntzak, (2) erdibideko zuntzak eta (3) mikrotubuluak (4. Irudia). (1) Aktina-zuntzak aktina proteinaz osaturiko hari proteiko oso meheak dira. Askotan, hari horiek elkarri loturik azaltzen dira sorta bat osatuz, zitoplasma zeharkatzen duen kable baten antzera, edo elkarrekin nahasturik sareak osatuz. Zuntzak mintz zelularren azpian dagoen zitoplasma atalera (mintzaren proteinetara) lotzen dira. (2) Erdibideko zuntzen tamaina beste bien artekoa da. Zelula gehienetan erradioen itxuraz ezartzen dira, mintz nuklearretik abiatuz. Beren funtzioa ez da oraindik ondo ezagutzen, baina ugariago agertzen dira indar mekaniko bat jasan behar duten zeluletan (larruazaleko zeluletan). (3) Zitoeskeletoaren egitura handienak mikrotubuluak dira. Proteina globularrez osaturiko tubulu luze eta hutsak dira. Nukleotik ateratzen dira mintz zelularreraino. Mikrotubuluek organuluaren kokapena baldintzatzen dute, eta bidea ezartzen dute organulu horien eta xixkuen mugimendurako. Aktinazko zuntzen kasuan bezala, mikrotubuluak oso garrantzitsuak dira zelularen zatiketarako.



4. irudia. Neurona baten organuluaren irudikapena. Egileen irudia.

### 2.3. Erribosomak eta erretikulu endoplasmatikoa

Erribosometan, aminoazidoak elkarrekin lotzen dira proteinak osatzeko; beraz, proteinen biosintesiserako tokia dira. Zenbat eta proteina gehiago ekoitzi, orduan eta erribosoma kopuru handiagoa izango du zelulak. Zelula eukariotetan, erribosomak askeak egoten dira zitosoan, edo erretikulu endoplasmatikora loturik (barneko mintz-sistema konplexu bat).

Erretikulu endoplasmatikoa xixku-egituren sareska zapal eta luzez osaturik dago. Tubulu eta xixku guztiak elkarri konektaturik daude, eta xixkuen hormak bi lipido-geruzaz osatuak dira. Bi geruza horien barnean ere proteina ugari dago, zelula-mintzean bezala.

Zelulako hainbat tokitan ekoitziriko substantziak erretikulu endoplasmatikora sartzen dira. Handik zelulako beste atal batzuetara garraiatzen dira. Erretikuluak zelularen funtzio metaboliko askotan hartzen du parte.

Erretikulu endoplasmatikoan zehar forma desberdineko eremuak daude. Horrela, erretikulu endoplasmatiko bi forma bereizten dira: **zimirra edo bikortsua** (erretikuluko hormetan erribosomak atxikirik daudelako) eta **leuna** (erribosomarik gabekoa). Erretikulu endoplasmatiko bikortsua nukleoaren kanpoko geruzarekin kontaktuan dago (jarraipen bat da). Erretikulu bikortsuan dauden erribosometan sintetizatzen diren proteinak erretikuluaren barnealdera pasatzen dira. Beraz, proteina-kontzentrazio handia egongo da bertan, eta proteina horiek gero zelularen beste eremuetara abiatuko dira. Erretikulu endoplasmatiko leunak substantzia lipidikoen sintesian hartzen du parte.

## 2.4. Golgi aparatua

Golgi konplexuak edo aparatuek erlazio estua du erretikulu endoplasmatikoarekin. Mintzez inguraturiko barrunbe multzo bat ere bada. Golgi konplexu bakoitza 4tik 8rako geruza edo zakutxo multzoz osaturik egoten da. Nukleoaren alboan egoten da, eta xixku jariatzaile ugari ekoizten ditu.

Erretikulu endoplasmatikotik Golgi aparatuantz abiatzen dira xixku garraiatzaileak; horrekin batu eta bertan xixku horien edukia prozesatu eta gero, zelulak behar dituen hainbat konposatu edo jariatu behar diren hainbat proteina ateratzen dira bertatik (exozitosia).

Golgi aparatuan prozesatu, bildu eta banatzen diren produktuen artean, mintz plasmatikoko berria edo organuluaren mintzak osatzeko behar diren substantziak daude (erretikulu endoplasmatikoan sintetizatutako lipidoak eta proteinak). Golgi aparatuko zakuetan gertatzen da proteinen eta gluzidoen arteko azken lotura (glukoproteinak osatuz), eta gluzidoen eta lipidoen artekoa (glukolipidoak osatuz).

## 2.5. Bakuolak eta xixkuak

Zelula askok, batez ere landare-zelulek, **bakuola** izeneko organuluak dauzkate. Bakuola bat mintzez inguraturiko zati zitoplasmatikoko bat da. Barruan ura eta bertan disolbaturiko gaiak egongo dira.

**Xixkuak** bakuolaren antzeko egitura dauka, baina askoz txikiagoa izaten da. Xixkuen funtzio garrantzitsuenetariko bat garraioa da.



**Lisosomak** Golgi aparatuan sorturiko organuluak dira; sortu ondoren, zitoplasma osoan zehar barreiatzen dira, eta digestio-funtzioa betetzen dute. Elikagaiak, hondakinak edota gorputz arrotzak (bakterioak) digeritzeko baliagarriak dira egitura horiek. Bi lipido-geruzaz inguraturik dagoen egitura da, eta barrua multzo proteiko osaturik egoten da. Multzo proteiko horiek entzima hidrolitikoak dira. Lisosoma bakar batek 50 entzima hidrolitiko desberdin eduki ditzake.

## 2.6. Mitokondriak

Mitokondriak zelularen energia zentrala direla esan liteke. Organulu horiek gabe, zelulak ia ezingo luke elikagaietatik energiari lortu. Orokorrean, mitokondrietan elikagaiak oxigenoarekin konbinatzen dira, eta zelularentzat erabilgarria den energia lortu ahal izango da; hau da, ATP. Elikagaien oxidazioan askatzen den energia erabiltzen da ADP molekula ATP bihurtzeko.

Mitokondriak zitoplasma osoan hedaturik daude. Mitokondrien forma eta tamaina ere oso aldakorra da. Mitokondria bi lipido-geruzaz osaturik dago: kanpo-mintzaz eta barne-mintzaz. Barne-mintzak gangar-itxurako tolesturak ditu. Tolestura horiei atxikirik, fosforilazio oxidatiboa bideratzen duten entzima oxidatiboak daude. Horrez gain, mitokondriaren barnealdeak edo matrizeak entzima solteak ditu, elikagaietatik energia ateratzeko beharrezkoak direnak. Ekoitzi ondoren, ATP mitokondriatik kanpora doa, eta zelula osoan zehar barreiatzen da, edozein prozesutarako eskuragarri egon dadin.

Mitokondriak bere kabuz errepikatzen direla uste da (DNA eta RNA daukate). Bakterioen eta mitokondrien arteko antzekotasuna ikusiz, azken mendeko zitologoek hipotesi bat azaldu zuten. Hipotesi horren arabera, mitokondria zelularen barruan sinbiosian bizi den bakterio bat da. Bestetik, zelulak, mitokondrietan gertatzen diren erreakzio kimikoei esker (fosforilazio oxidatiboa), energia lortuko luke onura gisa.

## 2.7. Nukleoa

Zelula eukariotikoetan, DNA gehiena zelulen nukleoetan dago. Nukleoa zelularen beste atal guztietatik bereizten duen bi geruzako mintzaz inguraturik dago. Bi mintz kontzentriko horiek tarteka batu egiten dira, zulo edo **poro nuklearrak** osatuz. Zulo horietatik gaiak truka daitezke, nukleoaren eta zitoplasmaren artean.

Nukleoan dagoen informazio genetikoa modu desberdinean aurki dezakegu zelularen zikloaren unearan arabera. Hau da, zelula interfasean dagoenean (ez dagoenean zatitzen), DNAk, beste proteina batzuekin loturik, **kromatina** deritzan egitura eratzen du (hari izpiak bezala ikusten da). Zelularen zikloan aurrera egin ahala (zatitzerakoan), mitosira heltzen da, kromatina era berezian egituratzen da, eta, azkenik, kromosoma izeneko egiturak sortzen dira.

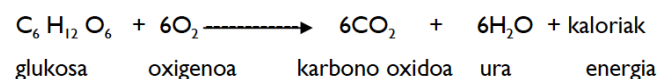
Nukleoaren barnean, garrantzi handia duen egitura bat dugu: **nukleoloa**; erribosomen eraketan garrantzi handia du nukleoloak.

Nukleoak bi funtzio oso garrantzitsu betetzen ditu. Batetik, informazio genetikoaren eramailea da, eta, bestetik, zelularen jarduera kontrolatzen du, une bakoitzean behar diren molekulen sintesia ziurtatuz.

## 2.8. ATPren ekoizketa: glukolisia eta arnasketa

Energia (ATP) lortzeko bide bat gluzidoen katabolismoa da. Izaki bizidunen zeluletan, gluzidoek deskonposaketa entzimatikoa jasaten dute. Deskonposaketa horren ondorioz, zelulek ATP eran behar duten energia lortzen dute. Monosakarido guztiak glukosa bihurtzen direnez, azter dezagun glukosaren katabolismoa.

Glukosaren katabolismoa, oro har, erreakzio honetara labur dezakegu:



## 2.9. Metabolismoa

Metabolismoaren barnean, bi prozesu metaboliko ditugu:

Anabolismoa: izaki bizidunen osagaiak eratzerazuzendurik dagoen erreakzio multzoa da; erreakzio horiek gertatu ahal izateko, energia behar da.

Katabolismoa: anabolismoan eta bizitzan zehar gertatzen diren ezinbesteko prozesuetan behar diren unitateak; energia lortzea helburu duten erreakzioen multzoa da.

## 3. Nerbio-sistemako zelulak

Nerbio-sisteman bi motatako zelulak daude: neuronak eta glia. Neuronak dira zelula garrantzitsuenak garunaren funtzio eksklusiboan. Neuronak inguruneko aldaketez jabetzen dira, aldaketa horiek beste neuronei komunikatzen dizkiete, eta, sentipen horien arabera, gorputzaren erantzun egokiak agintzen dituzte. Gliak, bestalde, garun-funtzioari laguntzen dio, jarduera neuronalari eutsiz, isolatuz, elikatuz eta neuronek beren funtzioa ahalik eta baldintza onenetan bete dezaten beharrezkoa den oreka neurokimikoa mantenduz.

Gaur egun, oraindik, gliaren funtzioaren gaineko ezjakintasun handia egon arren, esan dezakegu neuronei dagokiela garuneko informazioaren prozesamendua. Hau da, neurona (nerbio-zelula) da nerbio-sistemako informazioa prozesatzeko oinarrizko unitatea. Horregatik, neurona izango da gai honetako aztergai nagusia.

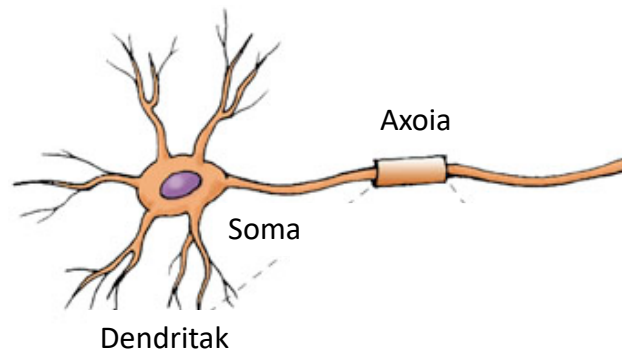
### 3.1. Neurona prototipikoa

Neurona batean, zenbait atal bereizten dira (5. Irudia):

- Soma (gorputz zelularra), nukleoa eta zitoplasma.

Bi luzapen mota (neurita):

- Dendritak ugariak izan ohi dira, gorputz zelularretik distantzia laburrera adarkatuak eta nahiko ibilbide motzekoak.
- Axoia; kono axonikoan sortzen den adar gutxiko eta ibilbide oso luzea izan dezakeen luzapen bakarra.



5. irudia. Neurona baten irudikapena. Egileen irudia.

#### Soma

Ereduzko neurona baten soma esferikoa izaten da, eta 20  $\mu\text{m}$ -ko diametroa du gutxi gorabehera. Neuronen zitosolean potasio ugari ager daiteke; mintz neuronala lipidoz eta proteinaz osaturik dago.

Mintzean tartekaturik dauden proteinek egitura aldakorra dute, eta hainbat funtzio betetzen dituzte. Hala, batzuek barruko gaiak kanporatzen dituzte; beste batzuek, aldiz, poroak osatzen dituzte, neuronaren barrura sar daitezkeen gaiak erregulatzeko. Mintza nongoa den (somakoa, dendritakoa edo axoikoa) aldatu egiten da haren konposizio proteikoa. Espezializazio proteiko hori neuronaren ezaugarri garrantzitsu bat da. Mintza eta hari loturiko proteinen egitura eta funtzioa ezagutzea beharrezkoa da neuronaren funtzioa ulertzeko.

#### Axoia

Orain arte deskribatu duguna ez da neuronekiko espezifikoa; zelula guztietan agertzen diren egiturak aipatu ditugu. Axoia, berriz, neuronetan bakarrik dagoen egitura da, eta nerbio-sisteman informazioa urrun hedatzeko espezializaturik dago.

Axoiak somatik irtetzen denean, zabalagoa da; **kono axonikoa** eratzen du, baina mehetu egiten da berehala, eta bide ematen dio axoiaren hasierako segmentuari. Aipatzekoak dira somarekiko bi ezberdintasun nagusi: batetik, axoiak ez dago ez erribosomarik, ez erretikulu endoplasmatikorik –beraz, ez da proteinaren sintesirik gertatuko–; bestetik, mintzak eduki proteiko espezifikoak du, bere funtzio hedatzailea ahalbidetzeko.

Axoiaren diametroa aldakorra da; gizakiaren kasuan, 1 µm-tik 25 µm-ra bitartekoa izan daiteke. Ezaugarri hori oso garrantzitsua da, nerbio-bultzada transmititzeko abiadura diametroarekin aldatu egiten baita. Zenbat eta lodiagoa, hainbat eta abiadura handiagoa. Axoiak 1 mm-tik 1 m-ra luza daiteke. Axoiaren inguruan, **mielina** izeneko estalki babesle bat dago. Lipidoz osaturiko zorro hori ez da jarraitua; aldizka etenuneak ditu, mielinarik gabeko tarte txiki batzuk baititu. Mielinarik gabeko tarteak **Ranvier-en noduluak** dira.

Adar bakoitzaren azken zatian **bukaerako botoi** deritza. Bertan, mitokondrioak eta neurotransmisorez beteriko besikula ugari ikus daitezke. Beste neuronekin edo beste zelulekin kontaktua egiten duen zatia da (kontaktu-puntuari **sinapsi** deritza), eta informazioa beste egitura horietara bidaltzen du. Informazioa jasotzen duen egitura beste neurona, muskulu edo guruin bat izan daiteke. Neurona egitura horiek inerbatzen dituela esaten da, edo, bestela, egitura horiei **inerbazioa** ematen diela.

### Garraio axoplasmikoa

Aurretik esan dugun bezala, erribosomarik ez izatea da axoiaren zitoplasmaren ezaugarri bat (bukaera axonikoa barne). Erribosomak proteina-fabrikak direnez, axoiak ez egoteak esan nahi du proteina axonikoak soman sintetizatu beharko direla, eta gero axoiaren zehar garraiatu. Materialaren mugimendu horri **garraio axoplasmiko** deritza, eta bi motatakoa izan daiteke: bizkorra eta motela.

- a) Bizkorra (100-1.000 mm/egun). Materiala besikula barruan garraiatzen da. Besikulak mikrotubuluei eutsiz mugitzen dira; horretarako, zinesina proteina eta ATP molekularik emandako energia behar dira. Zinesinak somatik bukaerara garraiatzen du materiala. Noranzko horretan egindako garraioari **aurreranzko garraio** (anterograde) deritza. Aurreranzko garraioaz gainera, badago beste mekanismo bat materialak bukaeratik somarantz eramateko. Uste da prozesu horren bitartez bidaltzen direla somara bukaera axonikoaren behar metabolikoen seinaleak. Noranzko horretako mugimenduari **atzeranzko garraio** (retrograde) deritza. Haren mekanismo molekularra aurreranzkoaren antzekoa da, baina, atzeranzko garraioan, *dineina* izeneko proteina erabiltzen da zinesinaren ordez.
- b) Motela (geldia) (1-10 mm/egun): besikulak ez dira erabiltzen, eta beti da aurreranzkoa.

### Dendrita

*Dendrita* terminoa *dendron* hitz grekotik dator; «zuhaitz» esan nahi du, eta neuritek zuhaitz baten adarren antza dutela islatzen du. Neurona bateko dendritek arboreszentzia dendritikoa

osatzen dute. Zuhaitz dendritiko horiek neuronak sailkatzeko erabiltzen diren oso forma eta tamaina aldakorrek har ditzakete. Atal hartzailea denez, mintzak proteina espezializatu asko ditu (geroago ikasiko ditugu hartzaileak). Neurona batzuetako dendritak arantza dendritiko izeneko egitura espezializatuz estalirik daude. Luzakin edo irtengune motzak dira, eta esperientziarekin aldatuz joaten dira (nerbio-sistemaren plastizitatea agerian utziz). Dendritak berak ere forma alda dezake esperientziaren arabera.

### *Neurona motak*

Ezaugarrietan oinarriturik egin daiteke sailkapena:

#### **Informazioaren noranzkoaren arabera** (konexioetan oinarriturik)

- a) Neurona aferenteak: informazioa nerbio-sistema zentralerantz eramaten dute; adibidez: neurona sentzorialak.
- b) Neurona eferenteak: informazioa nerbio-sistema zentraletik abiatuak kanporantz eramaten dute; adibidez: neurona motorrak.
- c) Interneuronak: konexioak beste neuronekin egiten dituzte.

#### **Dendritetan oinarriturik**

Dendriten arboreszentzia asko alda daiteke neurona batetik bestera, eta izen berezia hartzen dute neuronek, arboreszentziaren itxuraren arabera. Adibidez: garun-azaleko zelula piramidalak (piramide-itxurakoak) eta izar-antzeko zelulak (izar-itxurakoak).

#### **Neurita kopuruan oinarriturik**

- a) **Unipolarrak**. Neurita bakarra dute. Talde honetan, sasiunipolarrak sar daitezke. Neurona hauetan somatik adar bakarra zabaltzen da hasieran, baina laster bitan banatzen da adar bakar hori. Adar bat dendritikoa izango da, eta bestea axonikoa. Adibidez: ukimeneko neurona sentzorialak.
- b) **Bipolarrak**. Somatik bi adar zabaltzen dira, bata dendritikoa eta bestea axonikoa. Adibidez: erretinako eta usaimeneko neurona sentzorialak.
- c) **Multipolarrak**. Hiru edo adar gehiago zabaltzen dira somatik abiatuak. Neurona gehienak talde honetakoak dira.

#### **Axoiaren luzeran oinarriturik**

- a) **I tipoko Golgi zelulak**. Axoi luzeak dira. Proiekzio-neurona ere baderitze. Adibidez, garun-azalean, zelula piramidalek garuneko beste tokietara zabaltzen diren axoi luzeak izaten dituzte.
- b) **II tipoko Golgi zelulak**. Axoi laburrekoak dira. Lehenago aipaturiko interneuronak edo zirkuitu lokaleko neuronak dira. Adibidez, izar-antzeko neuronek garun-azaletik ateratzen ez diren axoi motzak izaten dituzte.

## Neurotransmisoreetan oinarriturik

Neuronen kimikan oinarritzen da sailkapen hau. Adibidez: bukaera axonikoan azetilkolina askatzen dutenak neurona kolinergikoak dira.

## 3.2. Neuroglia

Nerbio-sisteman, neurona ez da azaltzen den zelula mota bakarra. Neuronaz gain beste zelula batzuk agertzen dira, glia izenekoak. Hasieran, euskarri-funtzioa besterik ez zutela pentsatu zen. Gaur egun, funtzio gehiago ezagutzen zaizkio, eta neurozientzialari askok uste dute, oraindik froga garbirik ez egon arren, informazioaren prozesamenduan parte hartzen duela.

### *Neuroglia motak*

#### **Astrozitoak**

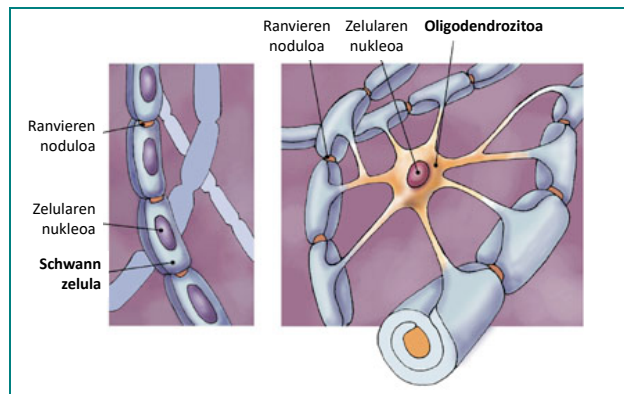
Garunean azaltzen diren gliako zelula ugariak dira. Izar-itxurakoak dira, eta haien luzakinek neuronak eta odol kapilarrak ukitzen dituzte. Neurona arteko tartea betetzen dituzte. Iragazki moduan funtzionatzen dute, garunera gai toxikoak hel ez daitezen. Barrera hematoentzefalikoaren oinarritzko elementuak dira. Astrozitoen funtsezko betekizun bat da neuronen zelulaz kanpoko espazioaren eduki kimikoa erregulatzea, eta, ondorioz, neuronei ingurune aproposa ematea. Hala, neurotransmisoreak erregulatzeaz gain, funtzio neuronal egoki bat oztoka dezaketen beste zenbait gairen zelulaz kanpoko kontzentrazioa ere kontrolatzen dute astrozitoek. Adibidez, potasio ioiek zelulaz kanpoko likidoan duten kontzentrazioa erregulatzen dute astrozitoek. Astrozito mota batek, glia erradialak, neuronen migrazioa eta dendriten eta axoien hazkuntza bideratzen du garapen enbriologikoan.

#### **Mikroglia**

Zelula horiek fagozito moduan funtzionatzen dute, neuronek eta beste zelula hilek nahiz endekatzen ari direnek uzten dituzten hondakinak deuseztatzeko.

#### **Glia mielinizatailea: oligodendrozitoak eta Schwann zelulak**

Zelula horien funtzioa argia da: axoiak inguratuko dituzten mintz-geruzak eratzea, hau da, mielina osatzea (6. Irudia). Schwann zelulek nerbio-sistema periferikoan osatzen dute mielina-zorroa. Horretarako, zelulak axoiaren inguruan bueltak emanez biribilkatzen dira, geruza edo zorro bat osatuz. Oligodendrozitoek, berriz, nerbio-sistema zentralean osatzen dute mielina, eta ez da zelula osoa axoia inguratzen eta biltzen duena, adarrak baizik.



6. irudia. Glia mielinizatzaileak. Egileen irudia.

### Ependimozitoak

Garuneko bentrikuluen hormak estaltzen dituzte.