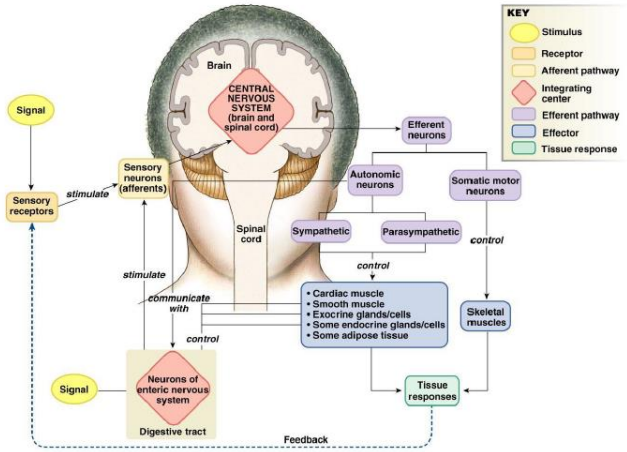
# 2. GAIA: Nerbio-sistema

Homeostasia: aldaketa baten aurrean gure organismoak oreka egoerara bueltatzeko mekanismoak pizteko duen ahalmena da. Nerbio-sistema, sistema endokrinoarekin batera, homeostasia mantentzeaz arduratzen da, milioika nerbio-zelulen arteko komunikazioen bidez.

Gorputzak kontrol sistema bizkor bat dauka, non, seinale elektrikoak garraiatu eta transmititu egiten diren sinapsi edo gap loturen bidez. Horrela, nerbio-sistemaren funtzio orokorra seinale edo estimuluei erantzunak ematea da.




**1. Seinale edo estimuluak jaso:** funtzio sentsoriala. Kanpotik zein barne-mediotik

**2. Funtzio integratzailea:** informazioak konbinatu eta erabakiak hartu

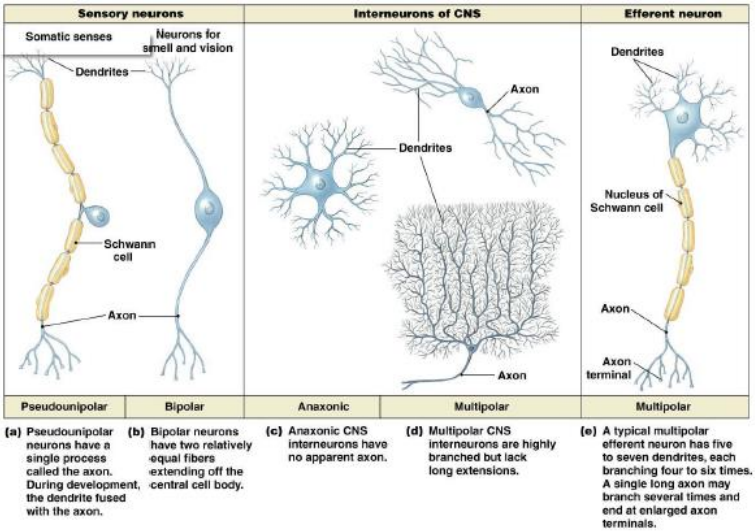
**3. Erantzun tisularra:** motorea, barne-medioaren kontrola … Batzuetan estimulurik gabeko erantzunak edo erantzun ez efektoreak sortu daitezke: pentsamenduak, ametsak, sentimenduak…

Anatomikoki nerbio sistema bitan banatzen da: Nerbio Sistema Zentrala (NSZ) eta Nerbio Sistema Periferikoa (NSP). Lehena entzefalo eta bizkar muinez osatua dago eta batez ere, funtzio nagusia integratzailea da. Bigarrenaren kasuan, aldiz, neurona aferenteak eta eferenteak bereizten dira, azkeneko honetan dibisio motore somatikoa eta dibisio autonomoa edo begtatiboa bereizten direlarik. Organismoan neurona aferenteak organismoko toki guztietatik datorren seinalea NSZ-ra eramaten dute; eferenteek aldiz, kontrako bidean aurkitzen dira.

## Zelula motak

### Neuronak

Nerbio sistemaren unitate funtzionalak dira. Funtzio nagusia seinale elektrikoak garraiatzea eta transmititzea da. Nahiz eta itxura aldakorra izan, atal zehatz batzuk bereizten dira.




**1. Dendritak.** Luzapen fin eta adarkatuak. Informazio aferentea jasotzen dute, aurreko neuronak bidalitako seinalea hain zuzen ere.

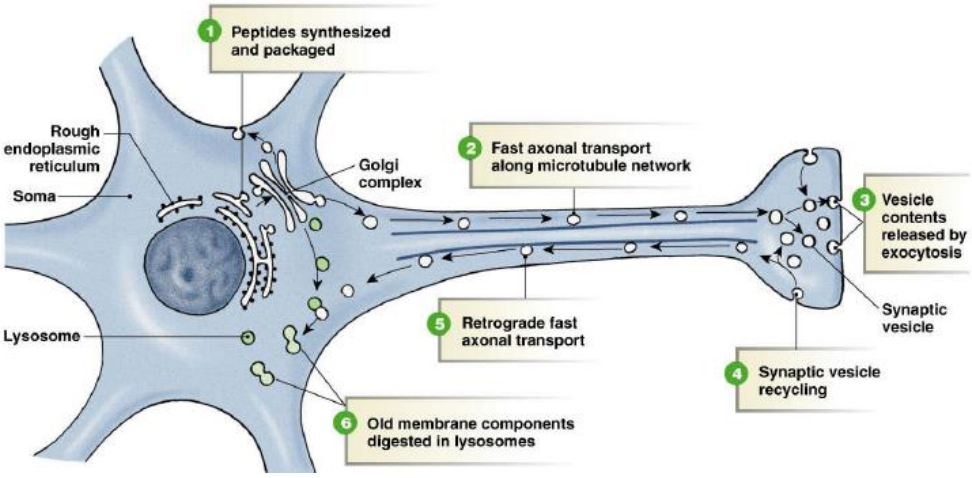
**2. Gorputz zelularra edo soma.** Nukleo eta organuluak daude bertan

**3. Axoia.** Seinale elektriko eferenteak garraiatu. 1 µm – 1 m. Barnetik besikulak garraiatu

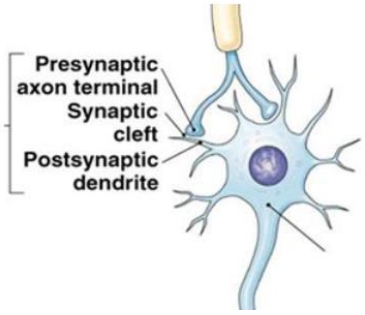
**4. Botoi sinaptikoa.** Axoiaren bukaera. Bertan exozitosi-besikulak, askotan NT-ekin

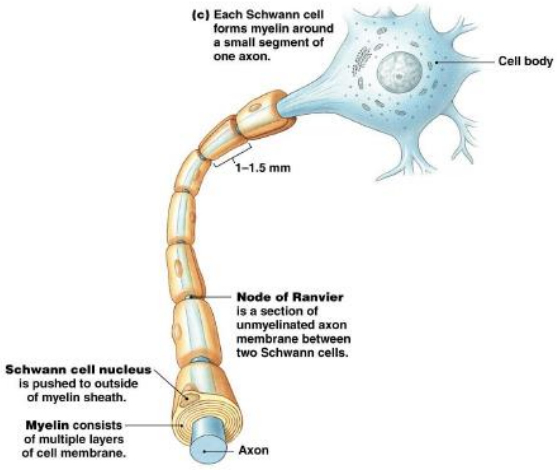
**5. Sinapsia.** Bi neuronen arteko lotura

**Gorputz zelularra (Soma):** Soma zelularen funtzio normala betetzeko gunea da, non organuluak dauden. **Neurotransmisore peptidikoak** hemen sintetizatzen dira eta horiek axoi bukaeraraino joaten dira gero. Gainera neuronak jasotzen duen informazioa soman integratzen da. Horrez gain, hemendik dendritak eta axoia ateratzen dira.




**Dendritak:** Luzakin fin eta adarkatuak dira, aurreko zelularen informazioa jasotzeko funtzioa dutenak, sinapsi bidez. Plastizitate handia dute, izan ere, informazio handia jasotzen duen neuronak dendrita gehiago izango ditu, komunikazioa indartzeko, informazio gutxiago jasotzen duen batekin alderatuz. Beraz ez da osagai estatikoa.



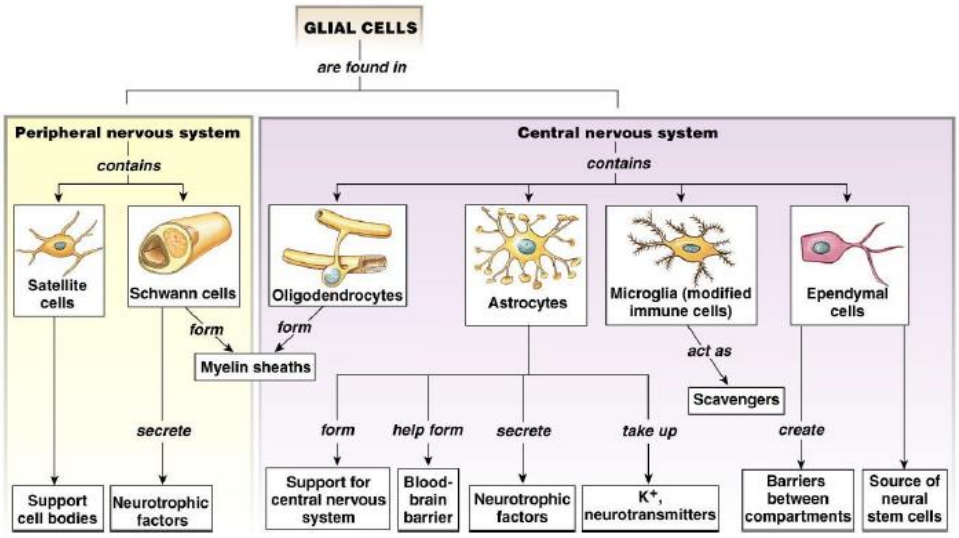

**Axoia:** Soka antzeko luzakin fina da; luzera handikoa izan daitekeena. Ekintza potentziala hemendik transmititzen da eta bukaeran adarkatu egiten da **botoi terminalean** amaituz. Bukaerako botoi sinaptiko bakoitzak informazioa transmititzeko ahalmena dauka sinapsi bidez.

Axoiak mielinizatuak egon daitezke edo ez. Mielina Schwann zelulak (NSP) edo oligodentrozitoek (NSZ) sortzen duten geruza da zelula horien mintzak axoiaren inguruan biratzen dute mielina zorro bat sortuz.

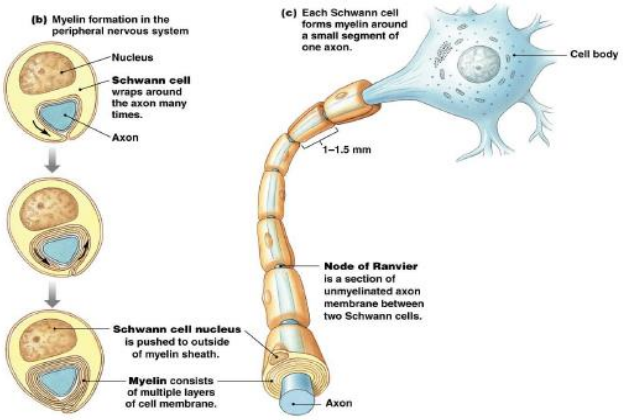
## Glia zelulak

**Funtzioa:** neuronak babestu, metabolismoan parte hartu, immunitatea, homeostasia, mielina sorkuntza, neuronen elikatzea eta euskarri eta sostengua (egiturak mantendu).

Zelula hauek NSZ eta NSP-an mota ezberdinekoak dira. Periferikoan zelula sateliteak eta Schwann zelulak daude. Zentralean aldiz, oligodentrozitoak, astorizotak, mikrogliak eta zelula ependimalak daude.




**Schwann zelulak eta oligoden-trozitoak:** Garrantzitsuenak dira axoiak inguratzeko mielina sortzen baitute. Nolabait mielina zelularen mintzaren luzakin bat da, zein axoiaren inguruan antolatzen den. Aingurapen hau batez ere esfingolipidoz osatuta dago eta axoi bakar batek glia zelula ezberdinen mielina zorroak izan ditzake.




Oligodentrozito bakoitzak axoi ezberdinak babestu ditzakete aldi berean, Schwann zelulak, aldiz, bakar baten inguruan antolatzen dira.

**Zelula sateliteak:** NSP-ko gongoiletan dauden zelulak dira, non neurona ezberdinen somak elkartzen dira eta inguruan zelula sateliteak kokatzen dira, egitura hori mantentzea lagunduz (sostengu biokimikoa).

**Astrozitoak:** Ugariak eta adarkatuak dira eta hainbat funtzio dituzte: Sinapsiak isolatu eta modulatu, zelulaz kanpoko likidoaren homeostasia mantendu… Gainera, barrera hematoentzefalikoa sortzen dute.

**Mikroglia zelulak:** NSZko zelula immune espezializatuak dira, fagozitoak hain zuzen ere.

**Zelula ependimalak:** NSZ-ko barrunbe likidoak konpartimentatzen dituzte, epitelio iragazgaitzeko barrerak sortuz.

## Mintz potentzialaren aldaketak

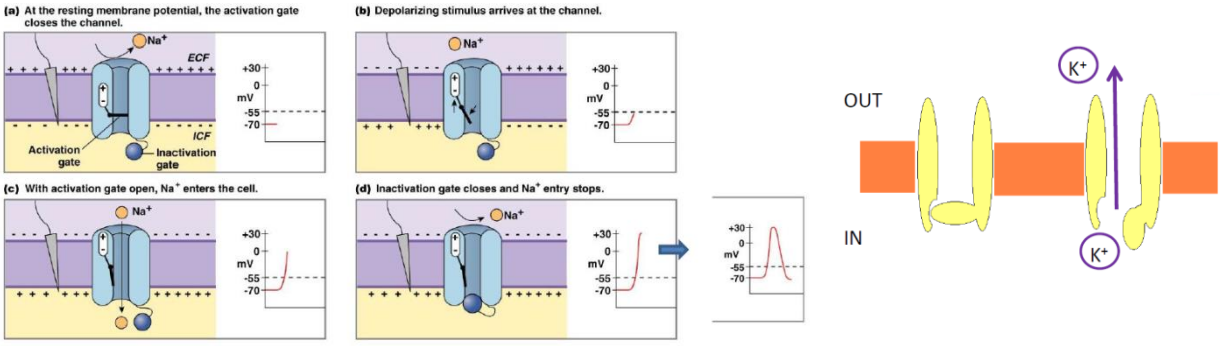
Hartzaileen bidez informazioa jasotzen da, hori integratu eta hartutako erabakiaren arabera erantzun bat sortu eta efektoreek hori egingo dute (muskuluak eta guruinak). Informazio horren transmisiorako beharrezkoa da nerbio eta muskulu zuntzetan zehar bidaiatzea, eta hori ekintza potentzialen bidez lortzen da.

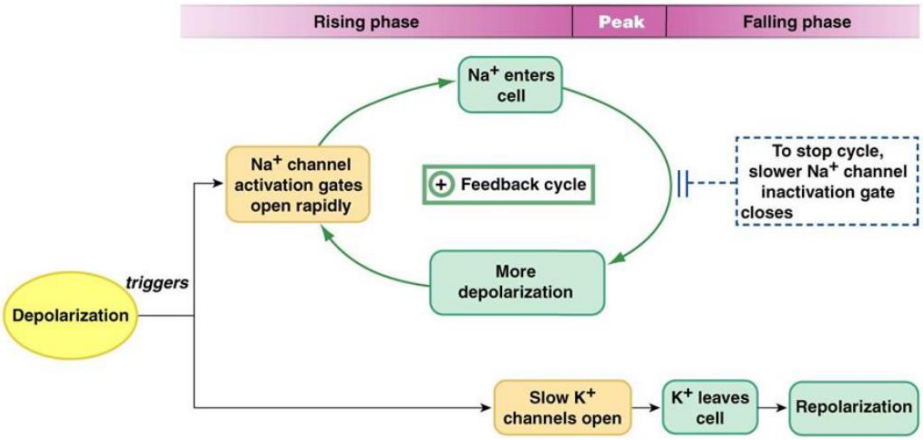
**Ekintza potentzialak:** zelula kitzikagarri baten mintzean zehar hedatzen diren seinale elektriko azkar eta uniformeak. Honek mintzaren potentzial aldaketa bortitzak eragiten ditu, zein boltai menpeko kanalei esker den posiblea.

Ekintza potentzialaren arrazoi nagusia mintzaren ioi bakoitzarekiko iragazkortasunaren aldaketa da, eta horren bidez sodioaren sarrera masiboa edo potasioaren irteera ematen dira.

## Boltai menpeko kanalak

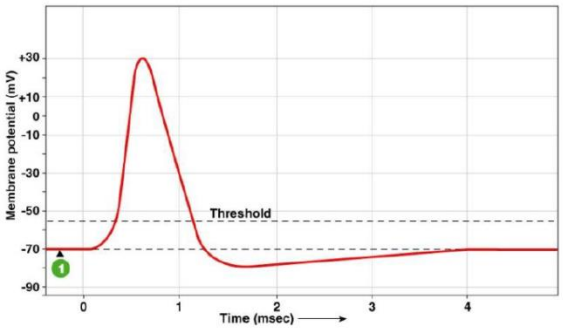
Bi boltai menpeko kanal dira garrantzitsuak ekintza potentzialean: sodio kanalak eta potasio kanalak. **Boltai menpeko sodio kanalak** bi ate ditu: aktibazio atea (irudiko marra beltza) eta inaktibazio atea (bola urdina). **Boltai menpeko potasio kanalak** aldiz ate bakarra dauka. Seinale bakar batek hiru ate horiek mugitzen ditu abiadura ezberdinetan; hau da, sodioaren aktibazio atea arin zabaldu egiten da eta sodio kanala zabalik denbora tarte labur batean zehar egon ondoren inaktibatu egiten da; hain zuzen ere, inaktibazio ateak hasierako seinale horri erantzuten dionean. Era berean, potasio kanalaren irekiera sodioarena baino beranduago ematen da, eta beraz, potasioaren irteera sodioaren sarrera baino geroago ematen da. Hori guztiak iragazkortasun aldaketa handiak sortuko ditu.

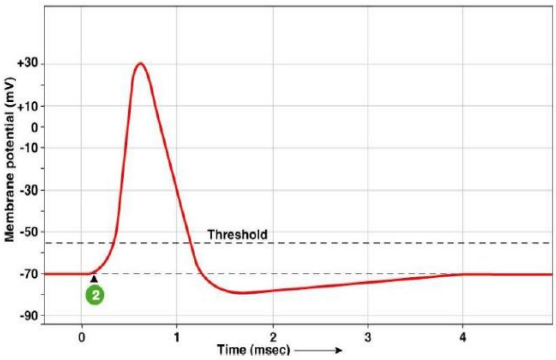



## Ekintza potentzialaren faseak

**1. Zelula atsedenean:** boltai menpeko sodio kanalen atsedenean inaktibazio atea irekita egongo da, aktibazio atea itxita eta boltai menpeko potasio kanalak itxita. Egoera horretan $K^+$ zein $Na^+$ kanal pasiboak irekita egongo dira eta kontuan izanik kanal horiek soilik kontuan hartuta potasioak hamar aldiz iragazkortasun handiagoa daukala, mintz potentziala -70 mV inguruan kokatuko da.



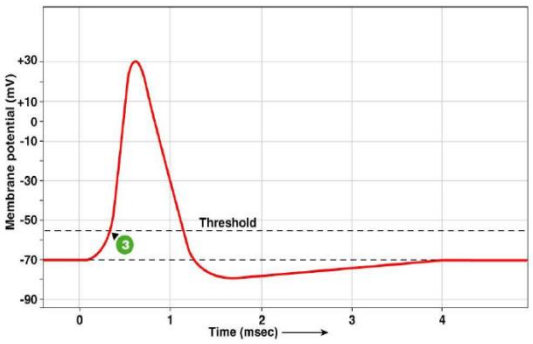



**2. Kinada:** seinale batek maila batean mintza despolarizatuko du eta honen ondorioz mintzaren ioi bakoitzaren iragazkortasuna aldatuko da. Seinale horiek honakoak izan daitezke:

- Ligandoak aktibatutako kanal ionikoak (neurotransmisoreak, hormonak)
- Boltaiak aktibatutako kanal ionikoak (hedapena)
- Mekanikoki aktibatutako kanal ionikoak (neurona sentsitiboetan)

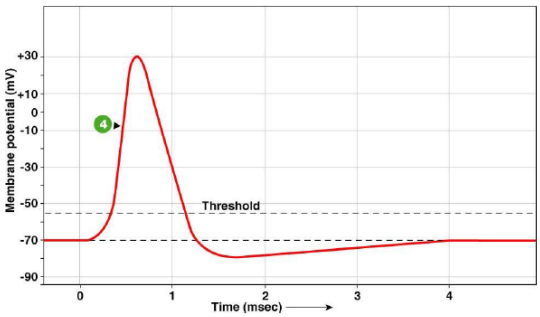
**3. Despolarizazioko 1. fasea:** 2. puntuko seinaleak eragindako despolarizazioak atari maila gainditzen badu (-50 mV) boltai menpeko kanalen irekiera emango da. Potasio kanalek beranduago erantzuten dutenez kinadarekiko, itxita jarraitzen dute. Horrek sodioarekiko iragazkortasun igoera bortitza egitea ahalbidetzen du.

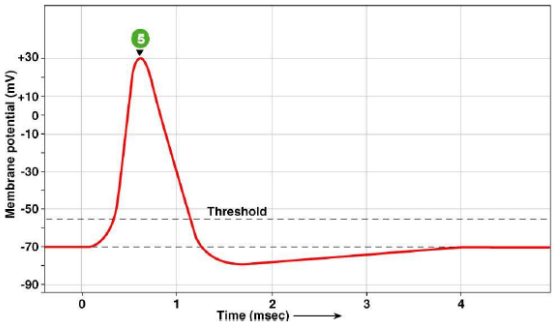
Despolarizazio atari maila gainditzen ez duten seinaleek ez dute ekintza potentzialik sortuko, izan ere, bai ala ez-aren legea jarraitzen baitu horrek.




**4. Despolarizazioko 2. fasea:** Boltai menpeko sodio kanalen irekierak ahalbidetzen duen sodioaren sarrera altuak mintzaren despolarizazio bortitza eragingo dute.

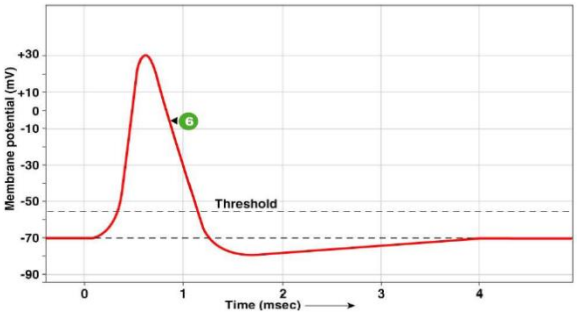
**5. Despolarizazio maximoa:** Puntu horretan sodioaren boltai menpeko kanalen inaktibazio atea itxi egingo da, sodioaren sarrera geldiaraziz. Era berean, boltai menpeko potasio kanalak zabaltzen hasiko dira.

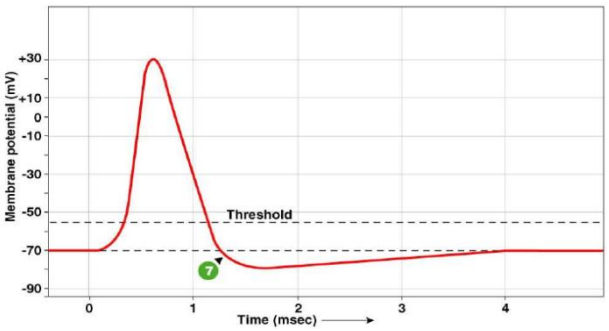



**6. Errepolarizazio:** sodioaren sarreraren amaieraren eta potasioaren irteeraren bidez altuak atseden potentzialerantz errepolarizatzen hasiko da mintza.

**7. Hiperpolarizazio:** Boltai menpeko K kanalak itxi egingo dira mintza errepolarizatzen denean, baina modu horretan erantzuteko denbora behar duenez, atseden potentzialetik behera joatea eragiten du, potasioaren oreka potentzialerantz bideratuz.

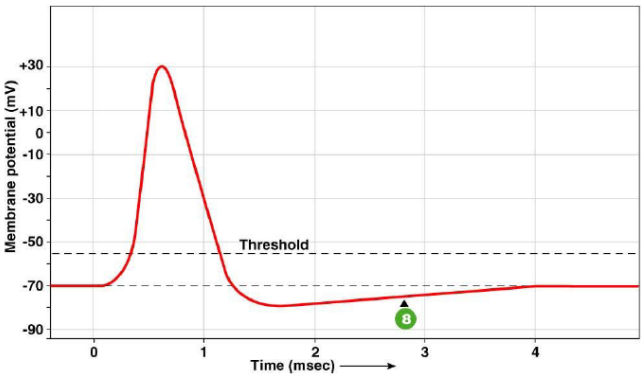


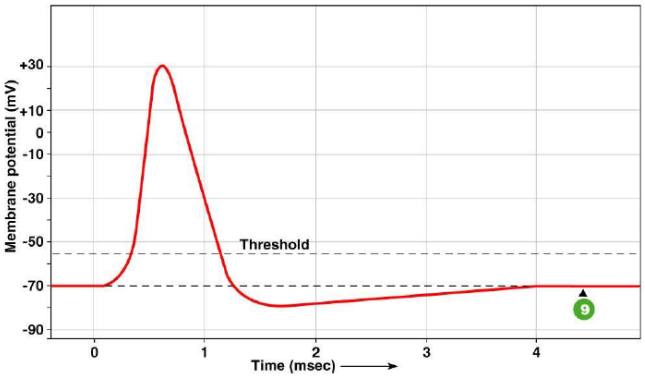



**8. Atseden potentzialerako bidea:** Boltai menpeko kanalak guztiak itxita egongo dira. Sodio kanaletan inaktibazio atea ireki arren aktibazio atea itxita egongo dira. Beraz, mintzaren potentzialean eragina duten kanal bakarrak difusiozkoak izango dira.

Tentsio menpeko sodio kanalen kasuan beharrezkoa da atsedenean aktibazio atea itxita eta inaktibaziokoa irekita egotea, izan ere, kinadaren aurrean aktibazio kanala da arin zabaltzen dena, sodioaren sarrera ahalbidetuz. Era berean, noranzko bakarrean hedatzea ahalbidetzen du, inaktibazio atea itxita dagoenean kanalak ezin duelako despolarizazioarekiko erantzunik eman.

**9. Atseden potentziala:** -70 mV-era bueltatuko da difusio kanalen menpe soilik egonda.



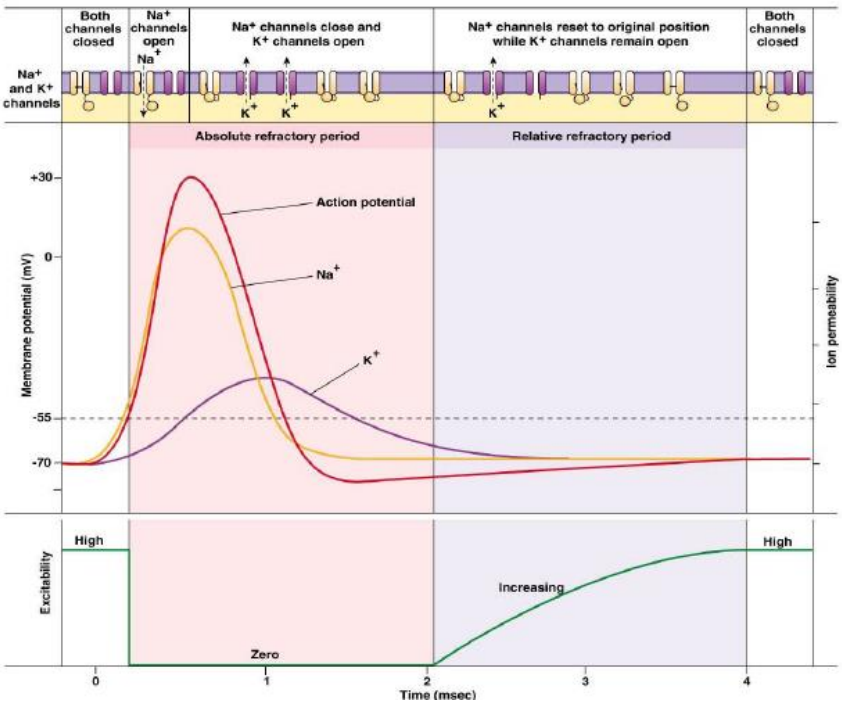




## Tarte errefraktarioa

Ezin dira ekintza potentzial normalik sortu, mintza egoera berezi batean baitago.

**Tarte errefraktario absolutua:** ez dira sortzen, sodio kanalak inaktibo daudenez, kinada bat heldu arren ez direlako boltai menpeko kanalak zabalduko. Beraz, kasu honetan estimuluaren tamainak ez du garrantzirik.

**Tarte errefraktario erlatiboa:** ekintza potentziala sortzeko kinada normalean baino altuagoa izan behar du. Tarte honetan hiperpolarizazio fasean dago mintza potasioaren iragazkortasun altua dela eta, horrek atari mailara heltzeko despolarizazio handiagoa behar izatea eragiten du. Denbora aurrera joan ahala ekintza potentziala emateko aukera handiagoak daude, izan ere, beharrezkoa den kinadaren intentsitatea txikiagoa da.



## Ekintza potentzialaren ezaugarriak

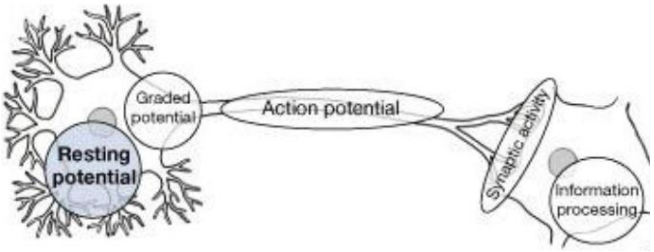
**Anplitudea:** zelula batean ematen diren ekintza potentzial guztiek itxura berdina dute, baina zelulen artean konparatuz itxura ezberdina izan dezakete.

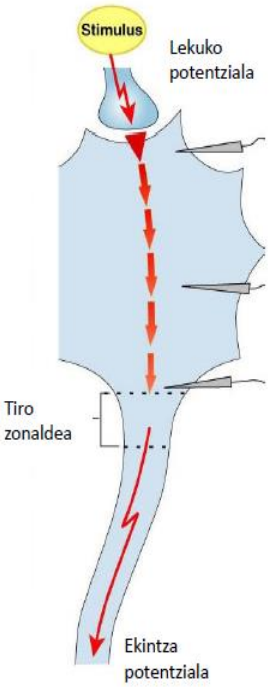
**Hedapena:** Despolarizazio bakoitzak inguruko guneak despolarizatzen ditu baina soilik aurrerantz hedatuko da, atzeko sodio kanalak egoera inaktiboan baitaude.

**Bai edo ez / dena edo ezer ez:** Badago despolarizazio atari bat (-50 mV), seinale horrek bi kanalen hiru ateak mugitzen ditu. Despolarizazio atari horretara heltzen ez bada kinadaren ondorioz, ez da ekintza potentziala sortuko. Baina puntu horretara heltzen denean, ekintza potentziala beti modu berean sortuko da, anplitude berdinarekin.

## Mintz potentzialaren aldaketak

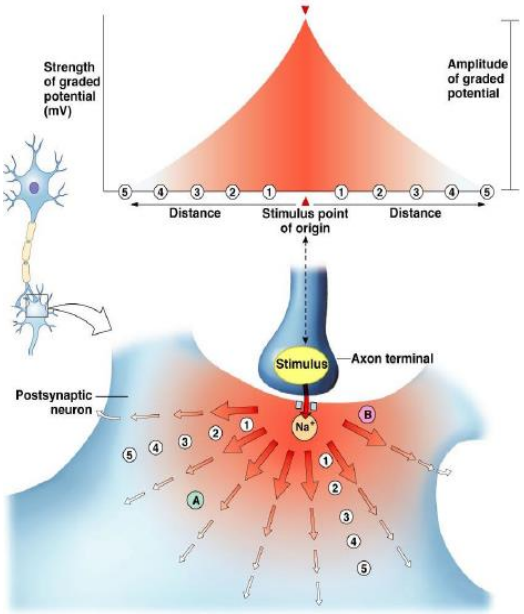
Mintzaren polarizazioaren aldaketa eragiten duten bi egoera daude: potentzial lokalak (soman eta dendritetan) eta ekintza potentzialak (axoiean).




**Potentzial lokalak:** Dendritetan eta soman hedatzen diren potentzialak dira. Hauek kinada jasotzean hedatzen joango dira axoiaren hasierara heldu arte. Puntu horretan boltai menpeko sodio kanal asko daude kokatuta.

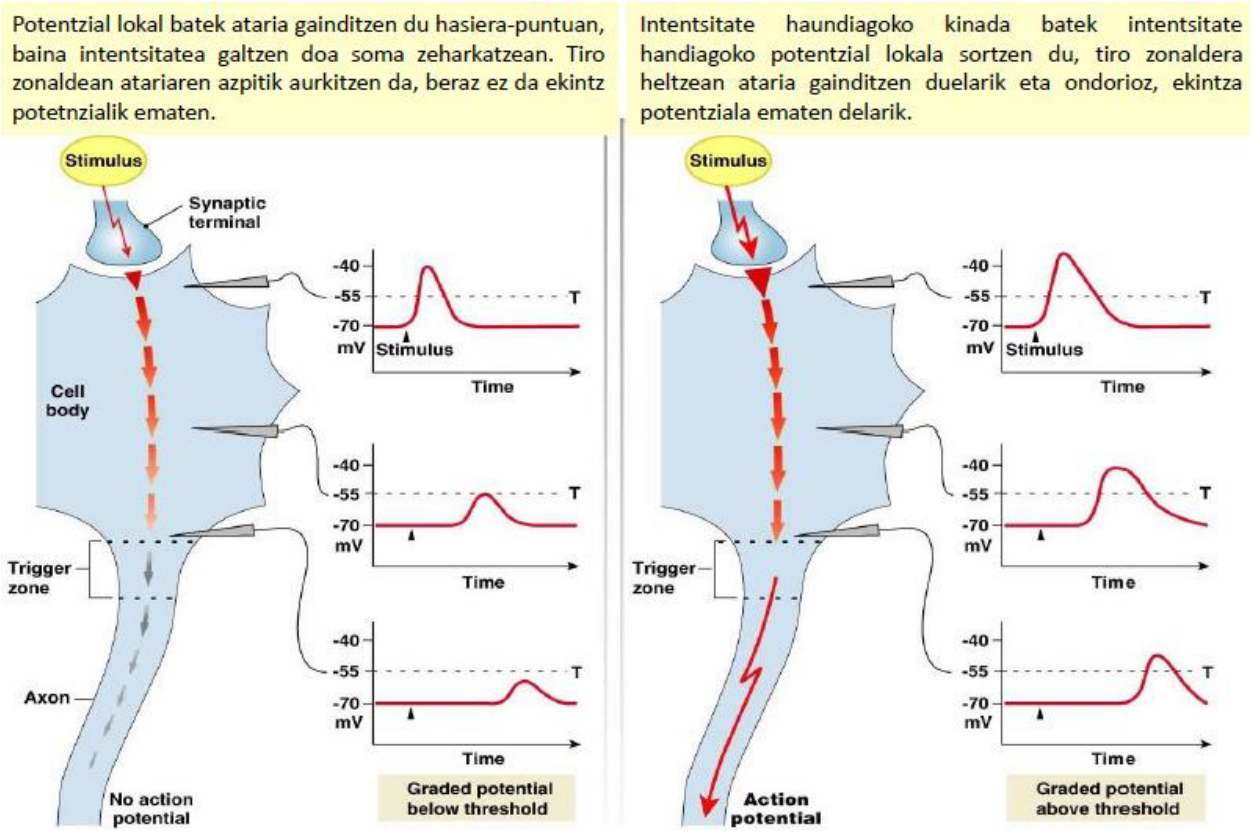
Hedatu heinean intentsitate galera jasaten du, ondorioz distantzia laburretarako erabilgarriak dira. Horren arrazoia kanpoko kargen erakarpena tea zitoplasman zeharreko ioien diluitzea da. Hori dela eta, beharrezkoa da era-gindako despolarizazioak axoiean atari maila gainditzea urrunera informazioa transmititzeko.




Soman estimuluek boltaiaren menpeko kanalak ireki ditzakete, baina kinada hauek despolarizatzaileak edo hiperpolarizatzaileak izan daitezke, aldatzen duten ioiaren iragazkortasunaren arabera. Despolarizatzaileak diren kasuetan $Na^+$ eta $Ca^{+2}$ kanalak irekitzen dira eta horiek gradiente elektrokimikoaren alde sartuko dira zelulan. Hiperpolarizatzailean, aldiz, $K^+$ eta $Cl^-$ kanalak dira aktibatzen direnak. Bigarren kasu horretan potasioa zelulatik irtengo da eta kloroa sartu. Hala ere, biek mintz potentziala negatiborantz mugituko dute.

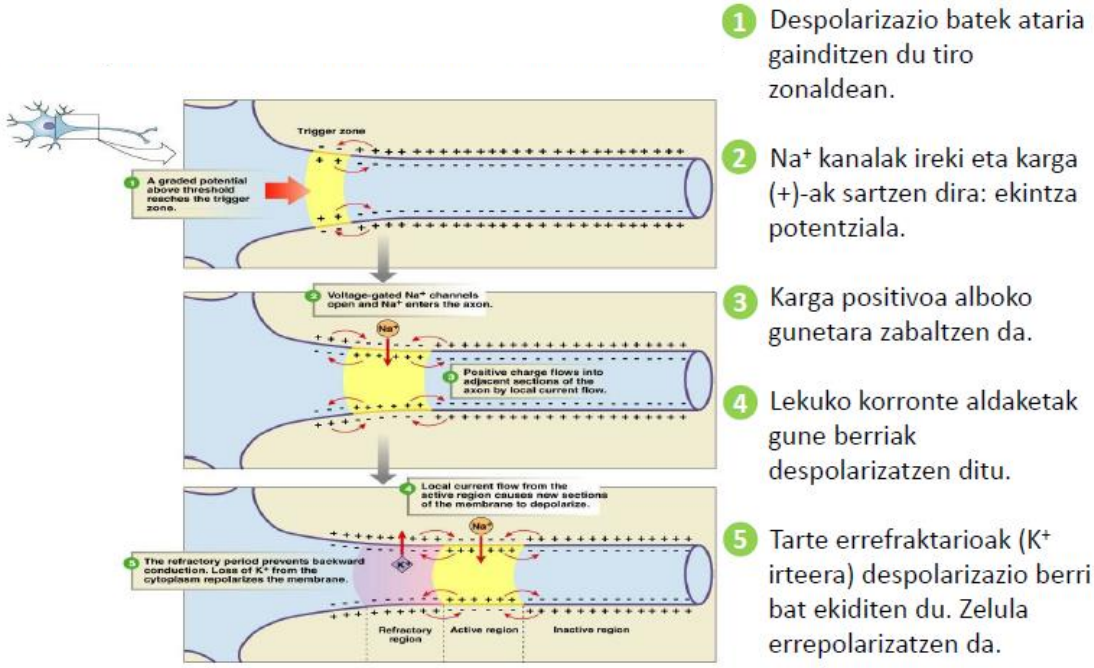
**Ekintza potentzialak:** Axoiaren tiro zonaldera heltzen den seinalea atari maila gainditzen duen despolarizazioa bada, aurretik azaldutako sistema aktibatuko da, zeinek intentsitate konstantea mantenduz distantzia handiak egin ditzakeen. Hauek ez dute intentsitate galerarik nahiz eta distantzia handitu.

Tiro zonalde hori neuronaren gune integratzailea da eta bertan tentsio menpeko sodio kanal ugari daude. Horrek ahalbidetzen du estimuluak sodioaren iragazkortasuna hainbeste handitzea ekintza potentzialari hasiera emanez.




## Eroapena

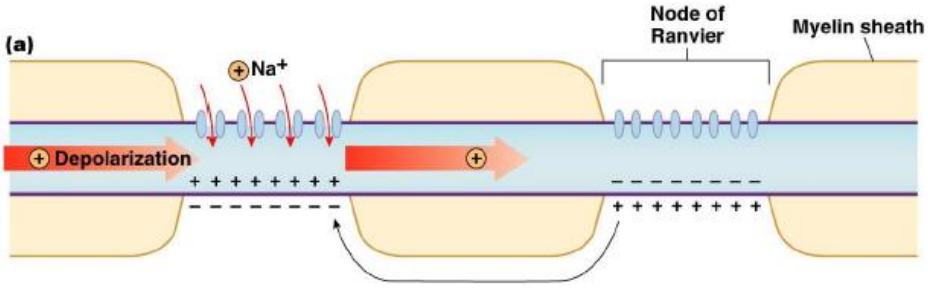
**Eroapen jarraia:** **Axoi amielinikoetan** ematen da hau. Tiro zonaldean hasiko da eta norabide bakarrean hedatuko da.



Eroapen abiadura nerbio sisteman bi faktoreren menpe dago: **axoiaren diametroa** eta **mintzaren erresistentzia**. Zenbat eta diametro handiagoa izan, eroapen azkarragoa izango du bulkadak. Bestalde, erresistentzia handiagoak ioien kargen galera murrizten lagunduko du, transmisio abiadura altuagoa ahalbidetuz. Hori da hain zuzen ere mielinaren funtzioa.

**Mielina**, beraz, hainbat neuronen axoiak estaltzen dituen lipoproteina geruza da, zeinek isolamendua eta babesa eskaintzen dion neuronari. Ez denez axoi osoan zehar uniformeki banatzen, mielina gabeko hutsuneak sortzen dira, **Ranvier nodulu** izena hartzen dutenak.

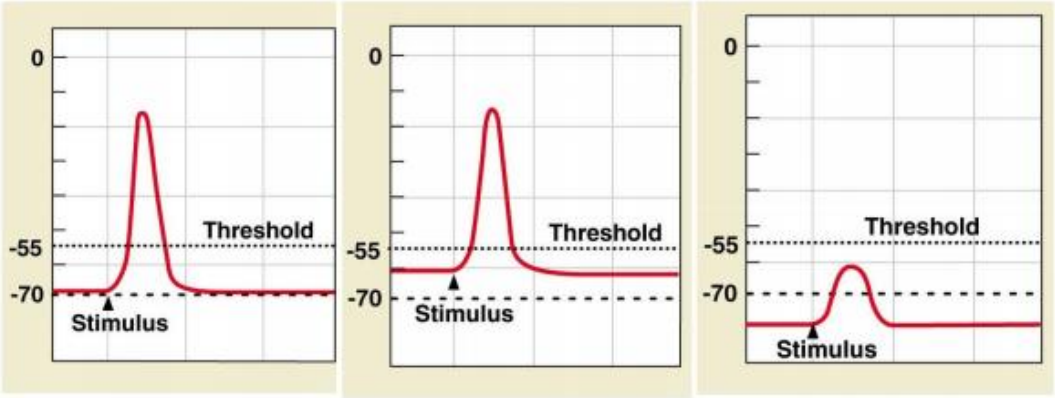
**Saltokako eroapena:** mielina duten axoietan ematen dena da. Ranvier nodoetan soilik gertatzen da ekintza potentzialaren pultsua, eta sortutako despolarizazioa mielinadun zatietan zehar hedatzen da, hurrengo nodoko aktibazioa eraginez. Modu honetan, kanal gutxiago erabiltzen dira eta arinago hedatzen da.




Potentzialak lokalak izan daitezke, ekintza potentziala beti sortzen ez dutelarik. Depolarizatzaileak edo polarizatzaileak izan daitezke, eta zelulan sortu eta diluitzen doaz, intentsitatea galduz. Gehitzerakoan atari mailara heltzen direnean, norabide bakarrean mugituko da, sodio kanalen inaktibazioa dela eta. Mielinak eragiten duen potentzialaren eroapena potentzial lokalak mantentzea eta elkartzea ahalbidetzen du.

Hori dela eta, mielina galtzearen ondoriozko gaixotasun bat esklesrosi anizkoitza da. Uste dute arrisku faktore genetiko baten ondoriozkoa dela, mielinaren galera autoimmunea eta hantura eragiten duena. 20-30 urte ingurutan diagnostikatu egiten da, emakumezkoetan ugariagoa delarik. Azkenean seinale elektrikoa moteldu edota galdu egiten da, sistema nerbioso zentrala eta periferikoaren arteko komunikazioa galduz, mielinak eragindako eroapena galtzen baita.

**$K^+$-aren zelulaz kanpoko kontzentrazioan aldaketak:** Potasio aldakortasunak daudenean, ekintza potentzialean eragin ditzakete. Hiperpotasemian, mintza atari potentzialetik gertuago egongo da, estimulu txikiago bat beharko duelarik, eta hipopotasemian, kontrakoa.

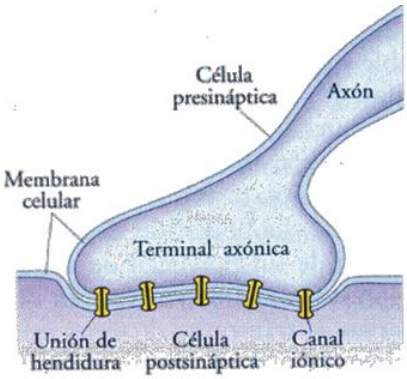


**Lekuko anestesikoak:** Ulertzeko anestesia lokala bi adibide dauzkagu, procaina eta tetracaina (novocaina). Hauek sodio kanalen konporten aktibazioa eragiten dute, hauen irekitzea oztopatuz eta kitzikagarritasuna murriztuz. Horrela, eragindako nerbioak ezin dira kitzikatu.

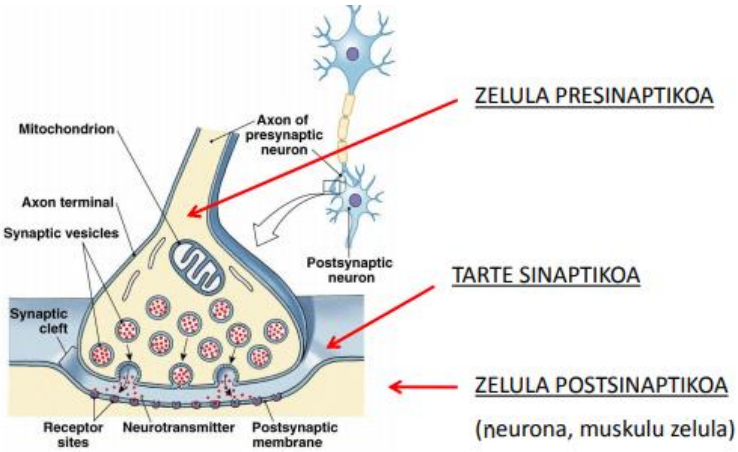
## Sinapsia

Bi zelulen arteko nerbio-bulkadaren transmisiorako lotura interzelularra da. Bi neuronen artekoa edo neurona bat eta zelula efektore baten artekoa. Zelulei dagokienez, 3 izen bakarrik erabiliko ditugu: neurona presinaptikoa, tarte sinaptikoa eta zelula post-sinaptikoa.

Izaeraren arabera 2 motatakoa izan daiteke: **kimikoa** edo **elektrikoa**:




**Sinapsi elektrikoa** gap loturen bidez konektatuta dago, non karga zuzenean transmititzen da zelula batetik bestera. Erregulazio konplexua dute, guztiz transmititu edo guztiz itzali daitezkeelako, ez dago erdiko punturik. Uzkurdura erritmikoa duten zeluletan behatzen da hau batez ere (bihotzeko zeluletan, umetokiko zeluletan, maskuriako zeluletan…), ez da oso ohikoa.




**Sinapsi kimikoa** garrantzitsuena da guretzat, neurotransmisoreen bidezkoa. Erregulazio zorrotzagoa du eta gune sinaptikoan ematen da, bi zelulen arteko gunean. Bertara, zelula presinaptikoak neurotransmisoreak kanporatu eta seinalea transmititzen diote zelula postsinaptikoari.

Molekula bat neurotransmisorea deitzeko baldintzak:

1. Zelula presinaptikoak sintetizatu behar dituzte.
2. Itu zeluletara lotu behar dira.
3. Exogenoki sartuz gero in vivoko erantzun bera lortu behar da.

Neurotransmisoreak neuronaren soman sintetizatu eta axoira garraiatzen dira besikuletan gordetzeko (besikula sinaptikoak). Gune sinaptikora askatu egiten direnean hurrengo zelulan erantzuna martxan jarriko dute. Kanporaketa hori gertatzeko, seinale baten beharra dago, kaltzioa zelularen barruan sartzen denean, adibidez. Aipatzekoa da besikula sinaptiko bakoitzaren barruan nurotransmisore mota bakarra egongo dela, ez dira inoiz nahastuko.

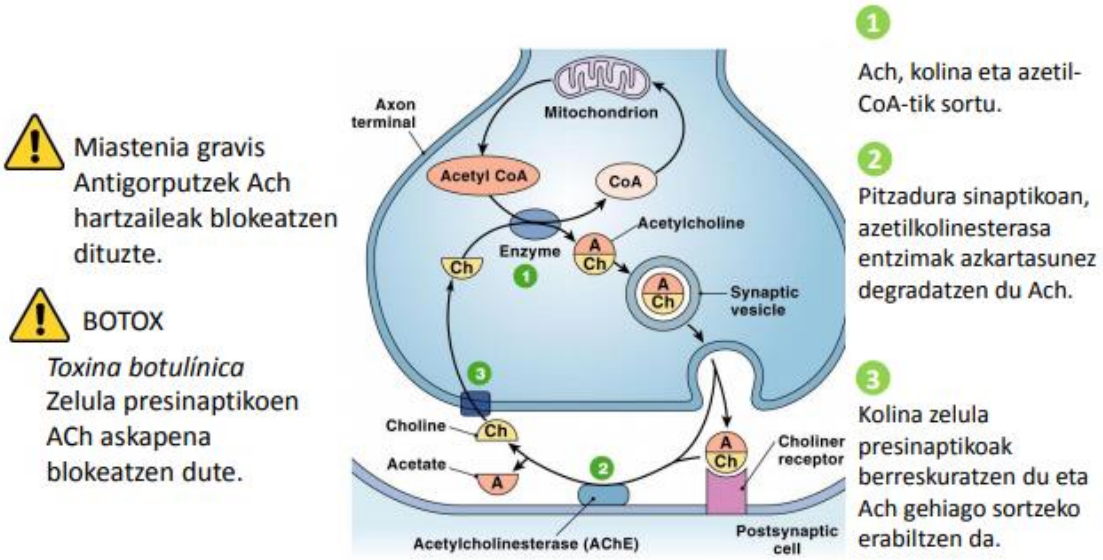
Ekintza potentzial bat axoira heltzen denean, despolarizatu egiten da eta boltaiaren menpeko kaltzio kanalak irekitzen dira. Kaltzioak besikulen exozitosia eragiten du, neurotransmisoreak tarte sinaptikora kanporatuz, zelula postsinaptikoaren hartzailetara lotzeko. Transmititzen den seinalea aktibatzailea edo inhibitzailea izan daiteke, baina beti eragingo du erantzun bat zelula postsinaptikoan, zuzena edo 2. mezularien bidezkoa izan daitekeena.

**Nola gelditu egiten da neurotransmisoreen bidez bidalitako seinalea?** 3 aukera daude: Axoira bueltatu edo glia zelulak jasotzen dituzte; entzima hidrolitikoak degradatzen dituzte, edo sinapsi gunetatik irten eta odolera sartu egiten dira. Horrela, nahiz eta ez degradatu %100ean, odolean zehar edo glia zelulek jaso ahal dituzte.

## Neurotransmisore motak:

| |
|---|
| - **Azetilkolina (ACh)** |
| - Amina biogenoak: **dopamina**<br>**noradrenalina**<br>**adrenalina**<br>**histamina**<br>**serotonina** |
| - Aminoazidoak: **GABA**<br>**glutamatoa**<br>**glizina** |
| - Neuropeptidoak |

## Azetilkolina (ACh):




Lotura muskularretan erabiltzen den neurotransmisore bakarra da, baina horretaz gain, NS parasinpatikoan (gongoil aurreko eta gongoil ondoko neurona guztietan) eta NS sinpatikoan (gongoil aurreko neurona guztietan) erabiltzen da.

Bere sintesia kolina azetiltransferasaren bidezkoa da (kolina + azetil-CoA), eta behin zelula postsinaptikoen hartzaile kolinergikoekin lotu direnean, azetilkolinesterasaren bidez berriro degradatuko dira. Azetilkolinesterasaren bidezko erreakzioan kolina eta azetato produktuak lortzen dira. Zelula presinaptikoak kolina molekulak berreskuratzeko gai dira, azetilkolinaren sintesian erabiltzeko.

Hartzaile kolinergikoak bi taldetan banatzen dira: Nikotinikoak eta muskarinikoak. Nikotinikoak muskulu eskeletikoan daude eta muskarinikoak muskulu leunean eta bihotzean.

Badaude funtzio neuromuskularrari kalte egiten dioten gaixotasunak. Miastemia gravis-ren kasuan, adibidez, ACh hartzaileaen kontrako antigorputzak daude, horiek blokeatu egiten dituztenak. Azetilkolinesterasaren inhibitzaileen bidez konponketa partziala ematen zaio.

Toxina botulinikoa gorputzean sartzen denean, zelula presinaptikoen ACh molekulen askapena blokeatzen da, besikulen exozitosian parte hartzen dituzten proteinetan eraginez. Curare-ren eratorri bat ere ACh inhibitzailea da, eta hori dela eta, muskuluen erlaxante gisa erabiltzen zen antzinaroan, anestesiko moduan.

### Neurotransmisore aminoaziodoak

**Glutamatoa:** garuneko neurotransmisore kitzikatzailerik ugariena da.

**Glizina:** Bizkar muineko zeluletan ekoizten den neurotransmisore inhibitzailea da. Zelula postsinaptikoaren hiperpolarizazioa eragiten du kloroaren iragazkortasuna handituz.

**GABA:** NSZ osoan oso hedatuta dagoen neurotransmisore inhibitzailea da. Zelula postsinaptikoetan bi hartzaile ditu ($GABA_A$ eta $GABA_B$ ), hiperpolarizazioa eragiten dutenak. A hartzaileak kloroaren iragazkortasuna handitu egiten du, eta B-k potasioarena.

GABAren sintesia glutamato deskarboxilasaren bidezkoa da (glutamato → GABA), eta degradazioa GABA transaminasaren bidezkoa. Bertatik sukzinatoa lortu eta zelula presinaptikoetan berreskuratzen da.

### Amina biogenoak

**Dopamina, noradrenalina eta adrenalia:** tirosinaren eratorriak dira, eta neurona bakoitzak duen entzimen arabera sortuko dira. Dena dela, ohikoena adrenalina izango da. Haien degradazioa 2 entzimen bitartez aurrera eramaten da: monoaminooxidasa (MAO) eta catecol-o-metiltransferasa (COMT). MAO zelula presinaptikora berreskuratu ondoren ekiten du (mitokondriaren kanpo-mintzean), eta COMT ehun guztietan dago, odolean garraiatzen baita.

**Serotonina:** melatoninaren aitzindaria da, eta bere degradazioa MAO-ren bidez ematen da neurona presinaptikoetan. Sintesia triptofano amino-azidotik burutzen da.

**Histamina:** Histidina amino.azidotik sintetizatzen den neurotransmisorea da. Behin gune sinaptikora kanporatu denean eta seinalea transmititu duenean, zelula presinaptikoak berreskuratu eta MAO entzimaren bidez degradatzen du.

Bereziki serotonina neurotransmisorearen falta depresioarekin erlazionatuta dago. Hori tratatzeko, hasiera batean MAO entzimaren inhibitzaileak hartzen ziren (iMAO), haien efektoa luzatzeko. Gaur egun ez dira gehiago erabiltzen arriskutsuak direlako.

### Neuropeptidoak

Seinaleak zelula batetik bestera transmititzeko gaitasuna duten peptidoak dira. Izaera peptidikoa dutenez, neurona presinaptikoaren soman sintetizatuko dira. Ondoko neuropeptido motak existitzen dira:

**Neurotransmisoreak:** Beste NT batzuekin batera jariatzen direnak (Vasoactive intestinal peptide, somatostatina, entzefalina….).

**Neuromodulatzaileak:** Hauek zelula presinaptikoetan eragiten dute, horiek askatzen dituzten NT-ak modulatuz. Emitituko den seinalean eragiten dute. NT-ekin batera jariatzen direnean, zelula postsinaptikoaren erantzuna aldatzen dute.

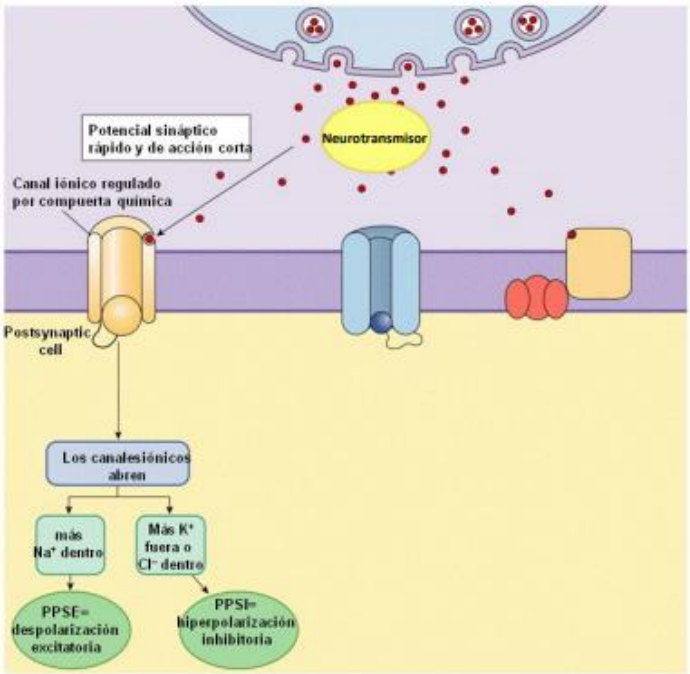
**Neurohormonak:** Neuronetatik odolera askatu eta urruneko erantzuna eragiten dute.

## Zelula postsinaptikoetako hartzaileak

2 motatakoak izan daitezke: Ionotropikoak edo metabotropikoak.

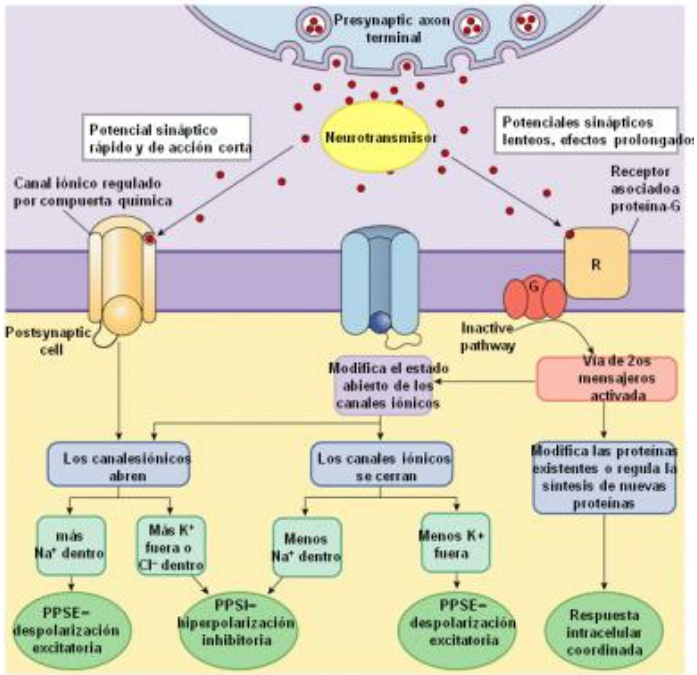
### Hartzaile ionotropikoak:

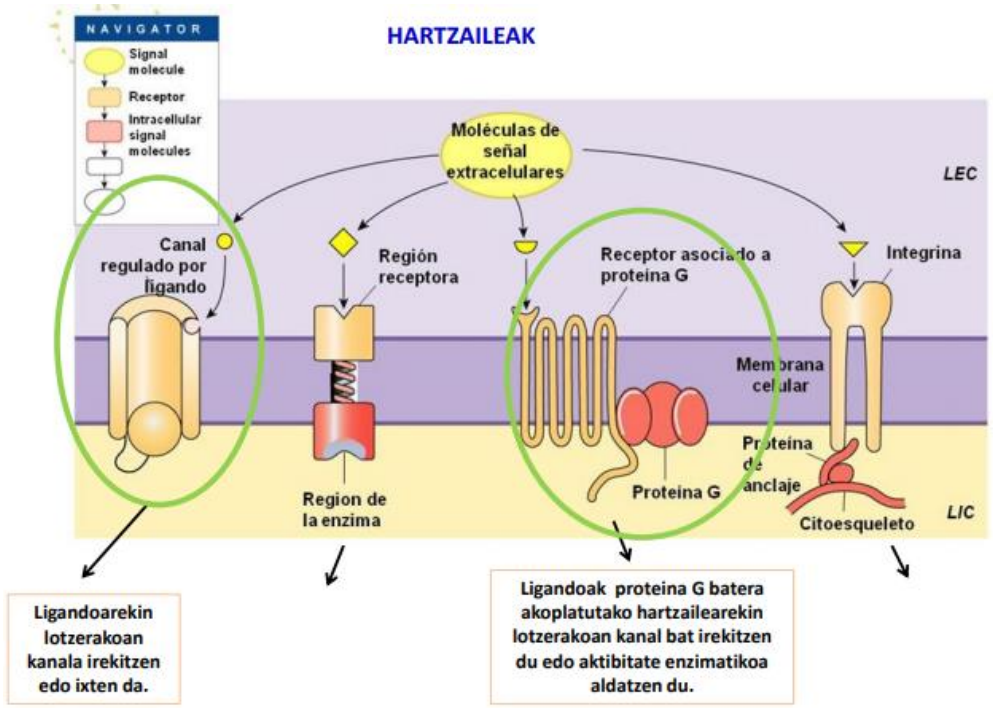
Kanal ionikoak dira. Neurotransmisoreak bertara zuzenean lotu eta irekiko dira. Hori gertatzen denean, mintzaren iragazkortasuna aldatu egiten dute zenbait ioiekiko eta potentzial postsinaptiko azkarrak eragiten dituzte. Potentzial aldaketa horiek kitzikatzaileak edo inhibitzaileak izan daitezke. Adibidez, potentzial kitzikatzaileak eragiten dituen hartzaile ionotropiko batek $Na^+$ kanalak ireki ditzake, mintzaren despolarizazioa eraginez. Aldiz, potentzial inhibitzaileak eragiten dituen hartzaile baten adibidea $K^+$ edo $Cl^-$ kanalak irekitzen dituena da, mintza hiperpolarizatuz. Noski, kanal batek eragingo dituen potentzialen izaera pasarazten duen ioi motaren araberakoak izango dira.




### Hartzaile metabotropikoak:

G proteinetara lotutak daude. Bertara lotzerakoan G proteina aktibatu eta zelularen barruan 2. mezularien bidezko ur jauzi metabolikoak eragiten dira. Zelula postsinaptikoetan eragiten dituzten erantzunak geldoak dira, luzarorako.






## Potentzial postsinaptikoak

### Kitzikatzailea (EPSP) :

Zelula postsinaptikoa despolarizatzen dute, ekintza potentziala eraginez. Hau sodio kanalen irekieraren ondoriozkoa da. Potentzial postsinaptiko kitzikatzaileak eragiteko NT kitzikatzaileak erabiltzen dira (azetilkolina, adrenalina, noradrenalina, dopamina... )

### Inhibitzaileak (IPSP) :

Zelula postsinaptikoa hiperpolarizatu egiten dute ekintza potentzialetik aldenduz. Kloro eta potasio kanalak irekiz gertatzen da hori. NT inhibitzaileen bidez lortzen da, adibidez, GABA eta glizina.

## Seinaleen integrazioa

Neurona batek ez du seinale bakarra jasotzen, erantzuna emateko seinaleak integratu behar ditu. Potentzial postsinaptiko kitzikatzaile eta inhibitzaileak integratuko dira potentzial neto bat emanez, kitzikatzailea edo inhibitzailea izan daitekeena.

| NEUROTRANSMISOREA | HARTZAILEA | MOTA | KOKAPENA | AGONISTAK | ANTAGONISTAK |
|---|---|---|---|---|---|
| Azetilkolina | Kolinergikoa: Nikotiniko | Kanal ionikoak ($Na^+$,$K^+$) | muskulu eskeletikoa NSP NSZ | nikotina | kurare α-bungarotoxina |
| | Kolinergikoa: Muskariniko | G Proteina | musk leuna eta bihotz musk. , guruin jariatzaileak, NSZ | muskarina | atropina |
| Dopamina | Dopamina (D) | G Proteina | NSZ | | antipsikotikoak |
| Noradrenalina | Adrenergikoa (α,β) | G Proteina | musk leuna eta bihotz musk., guruin jariatzaileak, NSZ | prazosin | propanolol |
| Serotonina | Serotoninergikoa (5-HT) | G Proteina Kanal ionikoak ($Na^+$,$K^+$) | NSZ | sumatriptan | LSD |
| Histamina | Histamina (H) | G Proteina | NSZ | | Ranitidina Cimetidina |

| NEUROTRANSMISOREA | HARTZAILEA | MOTA | KOKAPENA | AGONISTAK | ANTAGONISTAK |
|---|---|---|---|---|---|
| Glutamato | AMPA (ionotropikoa) | Kanal ionikoak ($Na^+$,$K^+$) | NSZ | | |
| | NMDA (ionotropikoa) | Kanal ionikoak ($Na^+$,$K^+$, $Ca^{2+}$) | NSZ | | |
| | Metabotropikoa glutaminergiko | G Proteina | NSZ | | |
| GABA | $GABA_A$ $GABA_B$ | Kanal ionikoak (Cl-,$K^+$) | NSZ | alkohola | |
| Glizina | glizina | Kanal ionikoak (Cl-) | NSZ (bizkarrezurreko muina) | | |

*Agonista: hartzaile batekin konbinatzen den eta erantzun berdina eragiten duen molekula.

Antagonista: substantzia bateko eraginaren kontra dagoen beste substantzia.

## Informazioaren integrazioa:

Neurona batek milaka seinale jaso ditzake, eta erantzuna emateko integratu behar ditu. Potentzial lokalak batugarriak dira. Baina batuketa horren emaitza axoira heltzerakoan threshold-ra heltzen ez bada ez da ekintza potentziala eragingo.

Bi potentzial batu ahal izateko zenbait ezaugarri izan behar dituzte. Alde batetik, espazio tarte txiki berera heldu behar dira (potentzial lokalen **espaziozko batuketa**). Bestetik, denbora tarte txiki batean heldu behar dira batu ahal izateko (potentzial lokalen **denborazko batuketa**). Laburbilduz, potentzial lokalak batu ahal izateko denbora tarte txiki batea tarte fisiko txiki batera heldu behar dira.

### Kitzikakortasuna

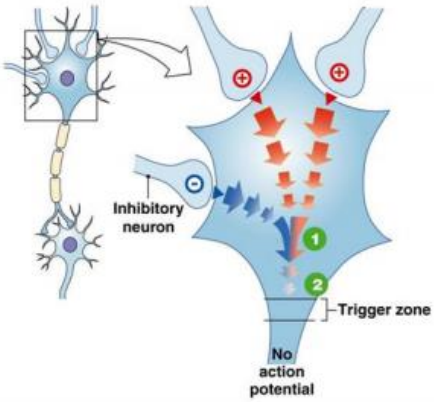
Hasi baino lehen, kontzeptu pare bat argi izatea komeni da:

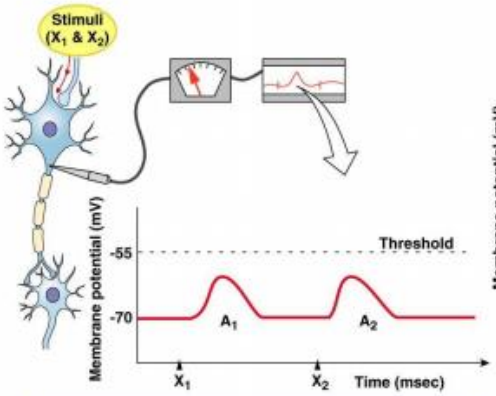
EP gertatzen denean zelula **kitzikatuta** dago

EP lortzeko gai bada zelula **kitzikakorra** da.

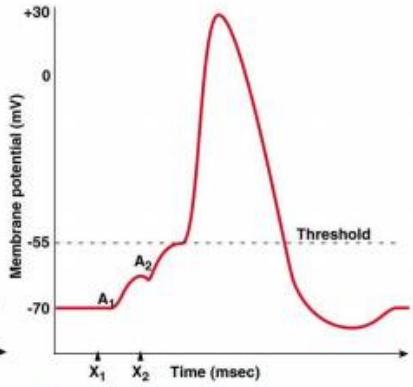
Potentzial lokalak kitzikatzileak edo inhibitzaileak izan daitezke, hau da, despolarizatzaileak edo polarizatzaileak. Seinale horiek jasotzerakoan, nahiz eta EP-a oraindik sortu ez izana, zelularen kitzikakortasuna atsedenean baino altuagoa edo baxuagoa izango da. Horrek eragingo du EP-a sortzetik aldendu edo hurbildu izana.

Espaziozko batuketa ematen denean, seinale bat baino gehiago heltzen dira, adibidez,hiru seinale despolarizatzailea. Nahiz eta bakarka ez izan EP eragiteko gai, elkartzerakoan bai, eta beraz EP-a sortuko dute, haien intentsitateak batu direlako. Beste adibide bat jarriz, bi kinada despolarizatzaile badira eta beste bat hiperpolarizatzailea, lehenengo bi kinadak eragingo luketeen ekintza potentziala blokeatu dezake, despolarizazioa murrizten duelako. Dena dela, batuketa hori emateko estimuluak denbora tarte txiki baten barruan heldu behar dira.






**Ez dago batuketarik.** Bi potentzial lokalek ez dute ekintza potentzialik sortzen oso banandutak badaude denboran zehar.




**Ekintza potentziala sortzen duen batuketak.** Atalasearen azpitik dauden bi potentzialak denbora tarte txikian heltzen badira, batu daitezke eta ekintza potentziala sortu.

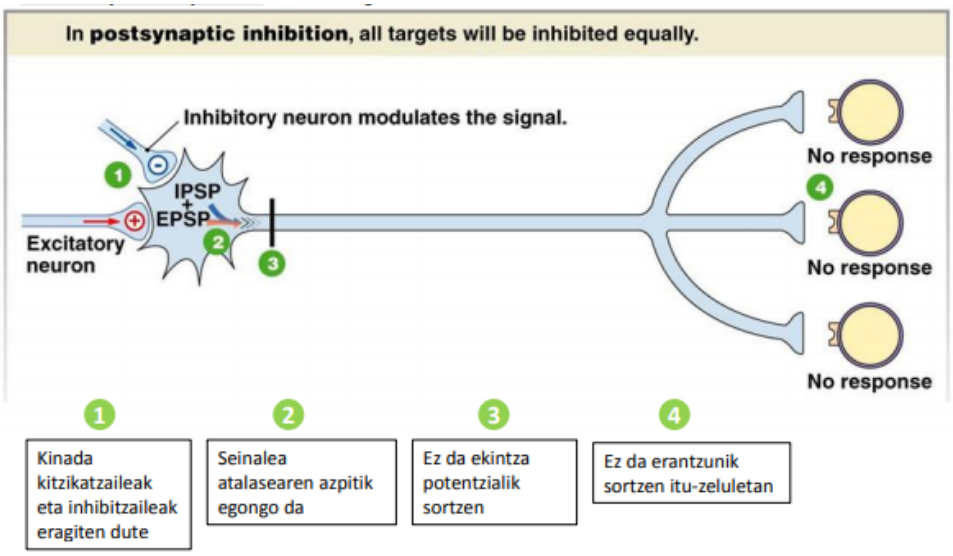
## Sinapsi ondoko modulazioa

Neurona sareak unitate funtzional bakar baten moduan funtzionatzen duten neurona multzoak dira . Zirkuitoak neurona sareen zatiak dira, norantza zehazten dutenak.

| SINAPSI ONDOKO MODULAZIOA | |
|---|---|
| Kinada kitzikatzailea | Kinada Inhibitzailea |
| $Na^+$, $Ca^{++}$ kanalak ireki | $K^+$, $Cl^-$ kanalak ireki |
| ad. Glutamato | ad. GABA |
| Despolarizazioa | Hiperpolarizazioa |
| **Neurona Postsinaptikoan (Pot. Lokalak)** | |
| Pot. lokalak denboran/espazioan batu ahal dira | |

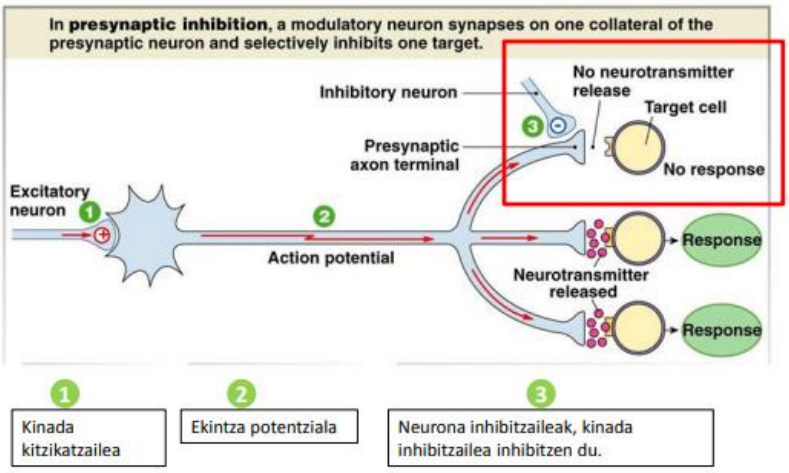
## Inhibizio postsinaptikoa

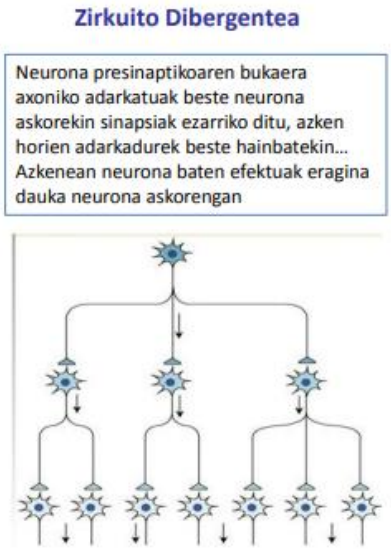
sinapsia gertatu eta gero ematen den neurona postsinaptikoen inhibizioa da.

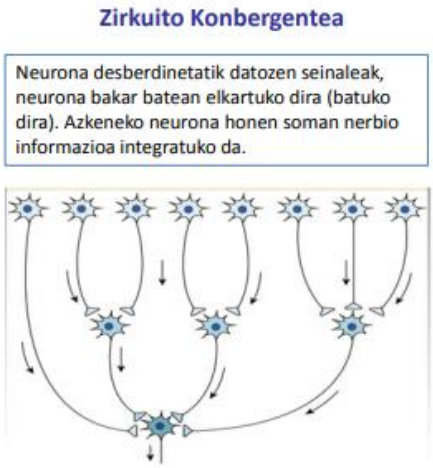


## Sinapsi aurreko modulazioa

Sinapsia gertatu baino lehen, neurona presinaptikoaren bukaera sinaptikoan beste sinapsia gerta daiteke, neurotransmisoreen askapena erregulatuko duena. Hau da, nahiz eta neurona presinaptikoak ekintza potentziala sortu eta ondorengoei seinalea transmitituko dion, axonaren terminalarekin beste neurona baten terminala konektatuta egon daiteke, seinale polarizatzailea emango diona, sinapsia inhibituz.



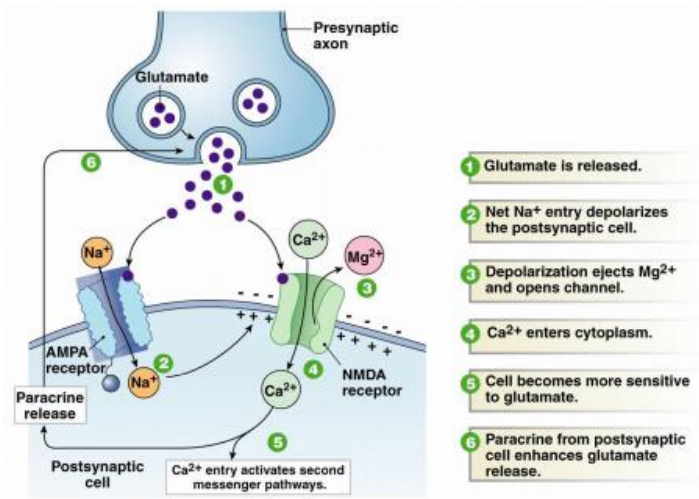

## Zirkuito neuronalak

Dibergenteak edo konbergentreak izan daitezke. Dibergenteetan, seinalea neurona bakar batetik beste askotara zabaltzen da. Aldiz, konbergenteean neurona askotatik lortutako seinaleak integratzen dira bakar batean, bide aferenteetan emanten den moduan.

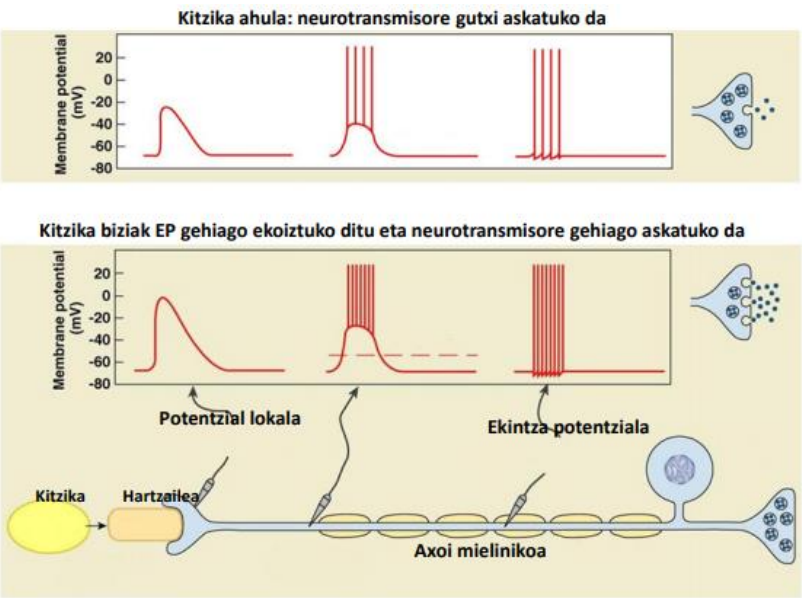
## Potentziazioa (LTP)

Zelulen arteko komunikazioa indartzeko bide bat da, informazioa edo kinadak areagotuz. Feedback positiboan datza, epe luzerako memorian eta ikasketan parte hartzen duena. Hasierako depolarizazioa bigarren kanal baten irekiera sustatu egiten du.

Ere gerta daiteke joera parakrinoa izatea, non neurona postsinaptikoa kitzikaterakoan horrek ere gune sinaptikora seinaleak igorriko dituen, zelula presinaptikoak neurotransmisore gehiago kanporatzeko. Sustatuko da ere zelula barruan besikulen fusioa mintzarekin, neurotransmisoreentzako hartzaile gehiago egoteko eskuragai.



Atari maila berdina bada, orduan ez da estimuluarekiko proportzionaltasuna egongo erantzunean. Intentsitate handiko seinaleak ekintza potentziala azkarrago sortuko dute. Ekintza potentzial guztien kurba berdina izango da, botoi sinaptikoan askatzen diren neurotransmisore kopuruarekin erlazionatuta dagoena. Ahalbidetzen diren ekintza potentzialen kopurua denboran kontuan izanda neurotransmisore kopuru desberdin askatzen dira sinapsira, seinale desberdinen intentsitateen artean desberdintzea ahalbidetuko duena.




## Nerbio sistema zentrala (NSZ)

### NSZren anatomia orokorra

Anatomikoki, NSZ eta NSP arteko desberdintasuna da lehenengoak informazioa integratu eta erantzuna sortzen duela eta bigarrenak informazioaren garraioa burutzen duela da. Funtzionalki, NSZ-ak borondatezko ekintzez arduratzen da eta NSP-ak oharkabeko ekintzez.

NSZ oso babestuta dago, Gune integratzaile nagusia da, zirkuitu neuronal konplexuenak dituena. Bertan pentsamendua, lengoaia, sentimenduak, ikasketa, memoria eta bestelako portaera konplexuak sortzen dira

NSZ neurona eta zelula glialez osatuta. Interneuronak NSZ-ko ia esklusiboak dira; neurona aferente eta eferenteek ehunekin konektatu.

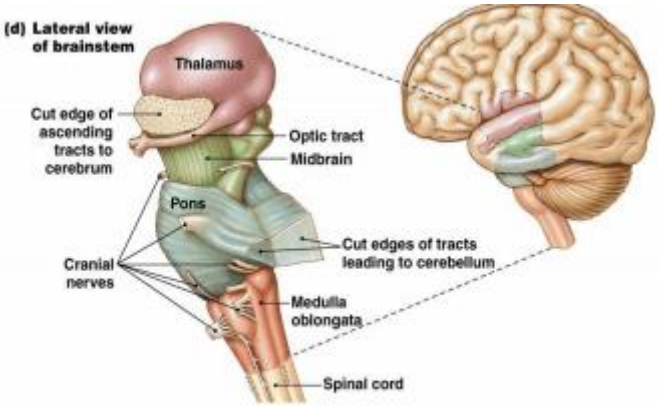
### Entzefaloa

#### Atalak

#### Entzefaloaren enborra

Bizkarmuina bukatzen den puntuan kokatzen da, horrekin antzekotasun anatomiko asko dituelarik. Oso garrantzitsua da, nerbioak aztertzerakoan, bertatik nerbio bikoteak ateratzen direla.

Entzefaloaren atal primitiboena, anatomikoki bizkar-muinaren antzekoa da. Hemendik nerbio-bikoteak irteten dira: 12 nerbio kranialetatik 11 (salbuespena: I nerbioa, usaimen-nerbioa, beste guztiak bizkarrezurretik datoz).




Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

3 atal dauzka:

Medulla oblongata (bizkarrezurerraboila): bizkarmuin-entzefalo trantsizioa. Bertan piramide izeneko egiturak (bide neuralak gurutzatu).

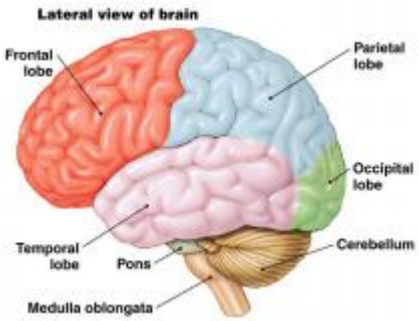
Zubia (pons): Zerebelo eta burmuinaren arteko komunikazioa koordinatu. Arnasketa kontrolatu

Erdiko entzefaloa (mesentzefaloa): Begien mugimendua kontrolatu.

---

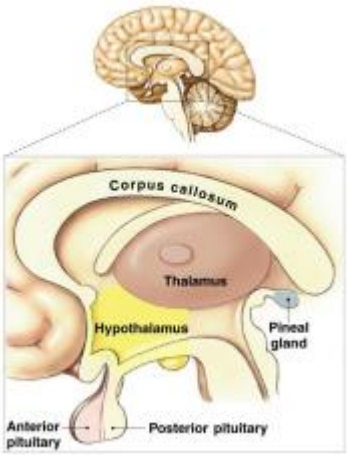
## Zerebeloa

Garunaren azpian dago, entzefalo enbrionariotik eratorria. Entzefaloko 2. egiturarik handiena da eta kontrol motoreaz arduratzen da, tono muskularraz. Bere bi funtzio nagusiak koordinazio muskularraren erregulazio sinergikoa (burmuinaren informazioa eta informazio sentsoriala integratu) eta orekari buruzko informazioa integratzea dira. Laburbilduz, informazioaren integrazioan aritzen da.




Meduloblastomak bertan ematen dira. Arazoetako bat da tratamenduak erantzuna lortzeko radioterapia eta kimioterapia oso intentsoak erabiltzen direla, epe luzerako arazo kognitiboak eragiten dituenak.

## Dientzefaloa




Burezurraren erdian dago, entzefaloaren enborraren eta burmuinaren artean. Ondoko atalak ditu:

Talamoa: Informazioen banatzailea, askotan modulatu egiten ditu.

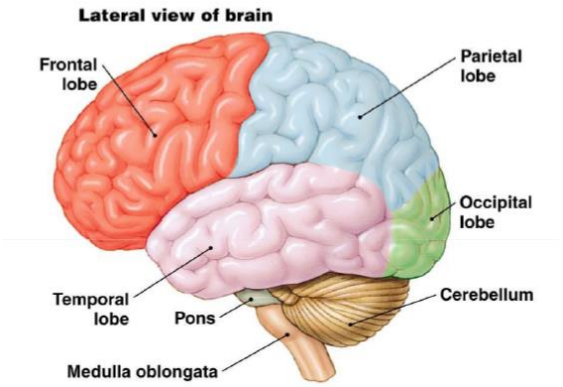
Hipotalamoa: Talamoaren azpiko egitura txikia. Homeostasiaren kontrol-gune nagusia da eta egarria eta gosea kontrolatzen ditu. NS autonomoaren funtzio asko eragin eta funtzio endokrinoak kontrolatzen ditu. - Hipofisia (pituitaria). Egitura neuroendokrinoa.

Guruin pineala: Egitura neuroendokrinoa. Melatonina homona sortzen du (Trp-ren eratorria). Honek erritmo zirkadiarren erregulazioan hartzen du parte.

---

## Burmuina (garuna edo telentzefaloa)

Entzefaloko atal handiena da. Bi hemisferio ditu, gorputz kailukarak banatuta (*corpus callosum*). Hemisferioak lobulutan banatzen dira, gainean duten hezur kranialaren arabera: frontala, parietala, tenporala (belarrien gainekoa) eta okzipitala.

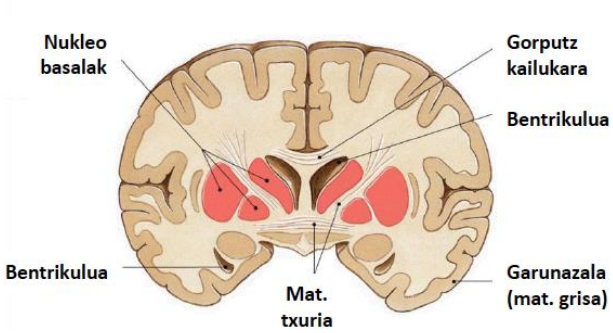


Burmuinaren azalera tolesduraz betea dago, azalera handitzeko asmotan eta materia grisa eta txuria topa daitezke bertan. Materia grisari dagokionez, 3 ataletan aurkitzen da (garunaren kanpoko aldean): cortex edo garunazala, gongoil edo nukleo basalak (islote zuriak) eta sistema linbikoan.

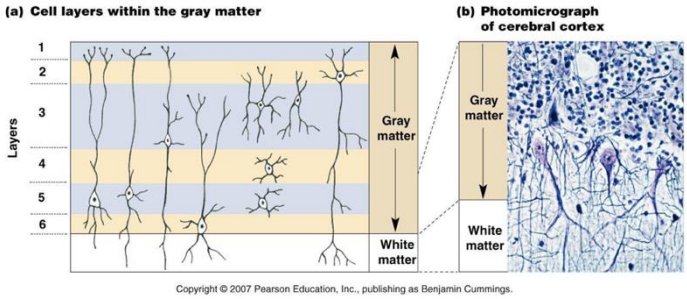
NSZ materia txuri eta materia grisetan banatzen da:

- **Materia grisa.** Mielinarik gabeko axoiak, somak, dendritak eta botoi sinaptikoak. Somak modu antolatuan kokatu: geruzaka edo nukleotan taldekatuta. Orokorrean, garunaren azalean kokatzen da.
- **Materia txuria.** Mielinizatutako axoiak eta oso soma gutxi. Taldekatutako axoiek kordoiak (NSZ) edo nerbioak (NSP) osatzen dituzte. Entzefaloan barneko aldean kokatzen da eta bizkar-muinean kanpoko aldean. Somak edo nukleo basalak daude tartekatuta.

**Garunazala** kanpoko azala da, milimetro gutxikoa. Entzefaloko funtzio gorenak betetzen dira bertan. Neuronak zutabetan eta geruzatan antolatzen dira

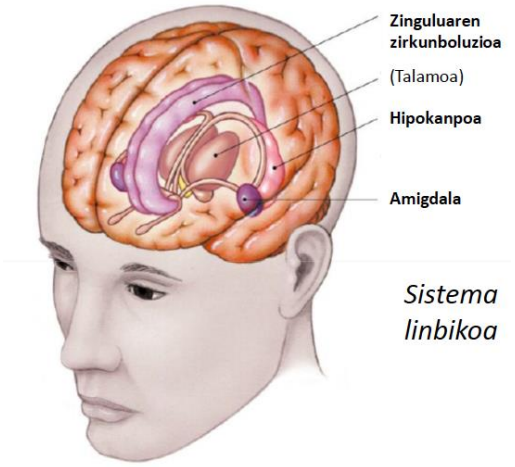



**Nukleo basalek** (neuronen soma aldeak) mugimenduaren kontrolean hartzen dute parte. Mugimendua egiteko beharreko informazioak koordinatzen ditu: ikusmena, tenperatura, memoria, mugimendua…




**Sistema linbikoa** burmuinaren atalik primitiboena da. Funtzio kognitibo gorenak (memoria, arrazoinamendua) oinarrizko erantzun emozionalekin (beldurra) lotzen ditu. Hemendik ateratzen dira giza-instintoak, hau da, erantzun fisiologikoak. Aldaketaren bat baldin badago eta horren aurrean erantzun bat eman behar bada, hemen sortuko da.

- Amigdala eta zinguluaren zirkonboluzioa emozio eta memoriarekin erlazionatzen dira.
- Hipokanpoa memoria eta ikasketarekin.




Burmuineko **materia txuria** barneko aldean dago. Axoi-taldeek lobulu eta hemisferioak konektatzen dituzte. Gorputz kailukarak banatzen ditu.

Burmuinera sartu edo burmuinetik ateratako informazio ia guztiak talamotik pasako dira. (Salbuespena: usaimenaren informazioa)

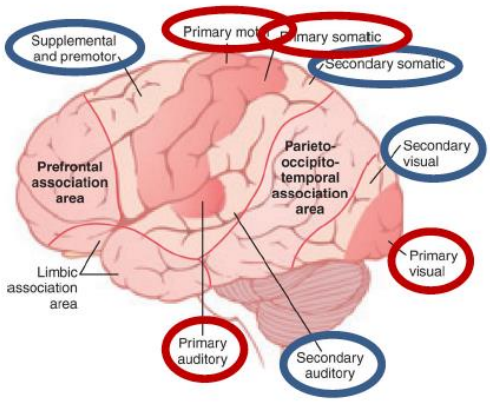
## Funtzio entzefalikoa

### Motore/sentsoriala

Garunazala area funtzionaletan antolatzen da: area sentsorialak, area motoreak eta asoziazio-areak.

**Area sentsorialak**

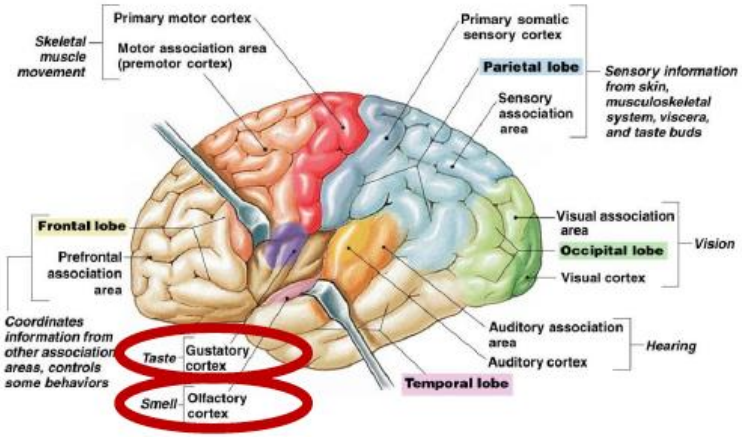
Jasotzen duten informazioarekin egongo dira erlazionatuta, organismotik NSZra heltzen da informazioa, beraz, aferentea.




- Area sentsorial primarioetara informazio sentsorial aferenteak heltzen dira.
- Area sentsorial sekundarioetan informazio sentsorialen esanahia analizatzen da, informazio hori integratzen da.

**Area motoreak**

Borondatezko mugimenduez arduratzen dira. Eferentea da, seinale bat jaso eta erantzuna emateko erabiltzen da.




- Area motore primarioak muskulu zehatzekin egiten ditu konexioak
- Area premotorean eta gehigarrian (suplementaria) jarduera motoreen "patroiak" eta sinergiak sortzen dira (primarioarekin eta nukleo basalekin batera). Hauek area motore sekundarioa osatzen dute. Konplexuena izango da.

Horietaz gain, zenbait asoziazio-area daude. Bertan informazio sentsorial eta motoreak jaso, integratu eta analizatzen dira. Horrela erabakiak hartzen dira, adibidez mugimendu bat egin: area motoreen bidez burutuko da.

### Asoziazio-areak

**Asoziazio-area parietookzipitotenporala (parietala+okzipitala+tenporala)**

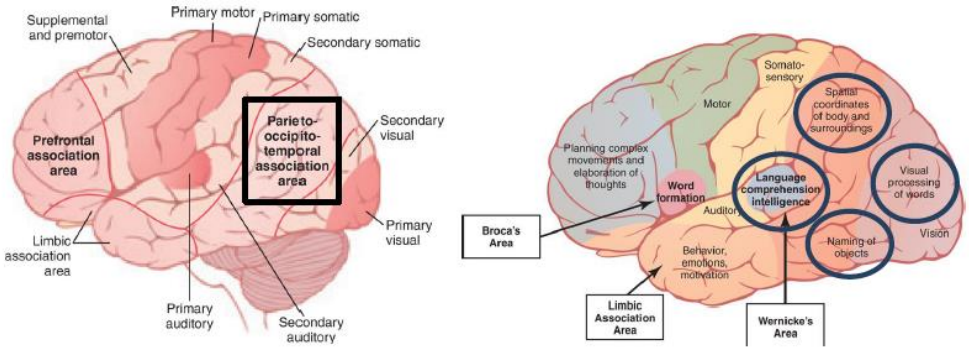
Area sentsorial ezberdinak konektatzen eta integratzen ditu. Gainera, zenbait azpiarea funtzional ditu:

-Gorputzaren koordenatu espazialak analizatzeko (ikusmena + somatosentsitibo + auditibo)

-Wernicke-ren area. Lengoaia ulertzeko eta analisi matematikorako area. Funtzio intelektual gorenak hemen egiten dira: lengoaian oinarritzen da inteligentzia; beraz, inteligentziaren area moduan ezagutzen da.

-Idatzizko hitzak ulertzeko area (ikusmena + Wernicke-ren area). Ikusmena eta entzumenaren erlazionatuta dago hizkuntza, hau da, zuk hitza entzuten duzunean ikusi ere egiten duzu.

-Objektuak izendatzeko area. Ikusitako objektuak + entzundako izenak + Wernicke




**Asoziazio-area prefrontala**

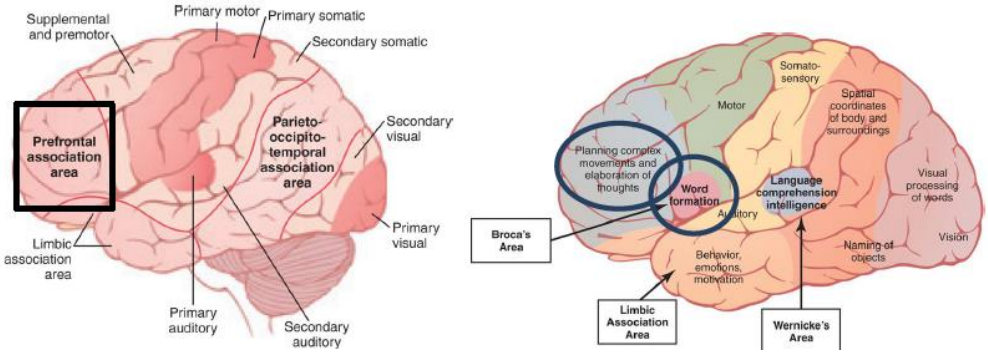
Gehienetan erantzun motoreak izaten dira. Funtzio nagusiak:

-Mugimenduen patroi konplexuak eta ekintza motoreen (mugimendua) segidak planifikatzea. Area motoreekin elkarlana. Asoziazio area parietookzipitotenporalak informazioa bidaltzen dio eta hemen erantzuna prestatzen da.

-Pentsamenduak sortzea (ez-motoreak). Memoria operatiboa gordetzen du: epe motzekoa, pentsamendu sortu-berriak.

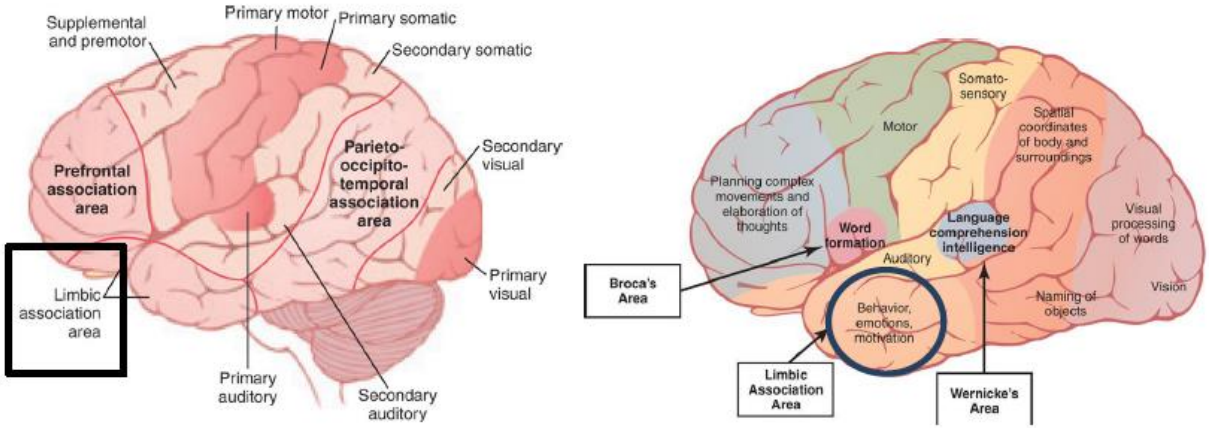
Azpiarea garrantzitsua hemen:

-Broca-ren area. Hitzak sortzen ditu. Wernicke (hizkuntza integratu eta itzultzen den gunea) + area motorea (Broca) erlazionatzen dira. Hitz egiteko bi area horiek elkarrekin behar dute.

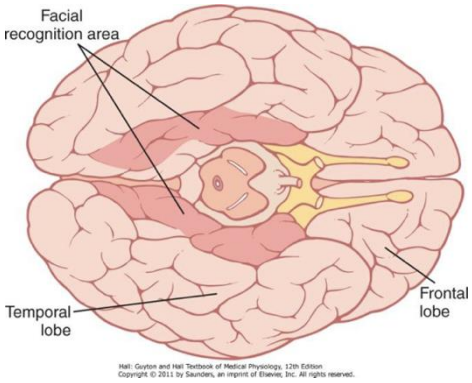



**Asoziazio-area linbikoa**

Sistema linbikoarekin dago kontaktuan: portaerak, emozioak eta motibazioa kontrolatzen ditu, instintu basikoak.



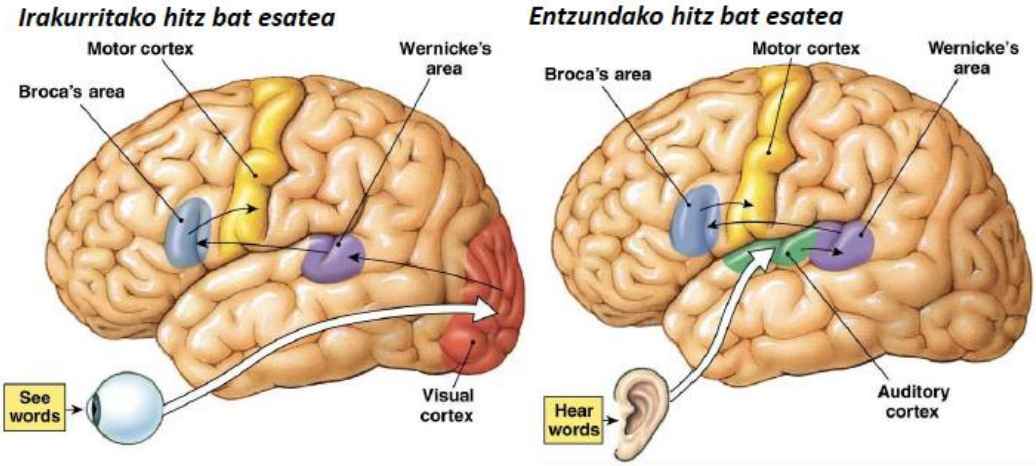
**Aurpegiak ezagutzeko area**




Sozializazioaren garrantzia da hau, izan ere, pertsona batzuek ezagunak dituzten aurpegiak ahazten dituzte, nahiz eta beste funtzio batzuk ondo garatu. Area honetan ematen diren kalteek *prosopagnosia* eragiten dute, aurretik ezagunak diren aurpegiak ezagutzeko ahalmena galtzea.

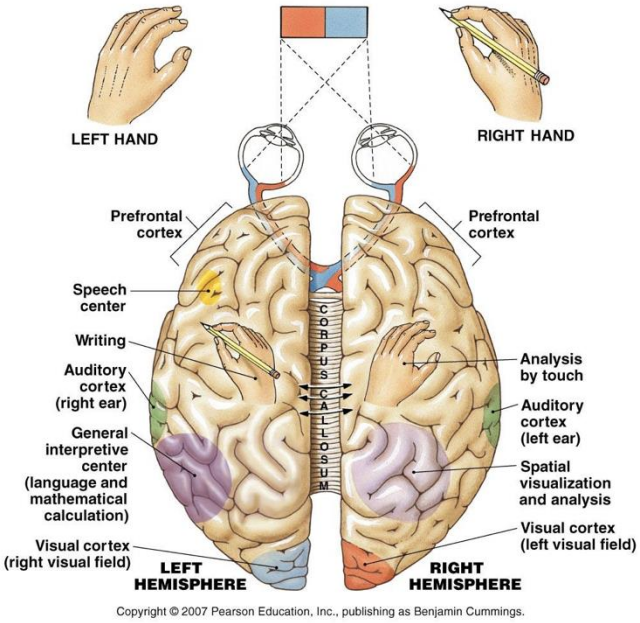
Ikusmena + sistema linbikoa-k dute eragina.

## Hitzak



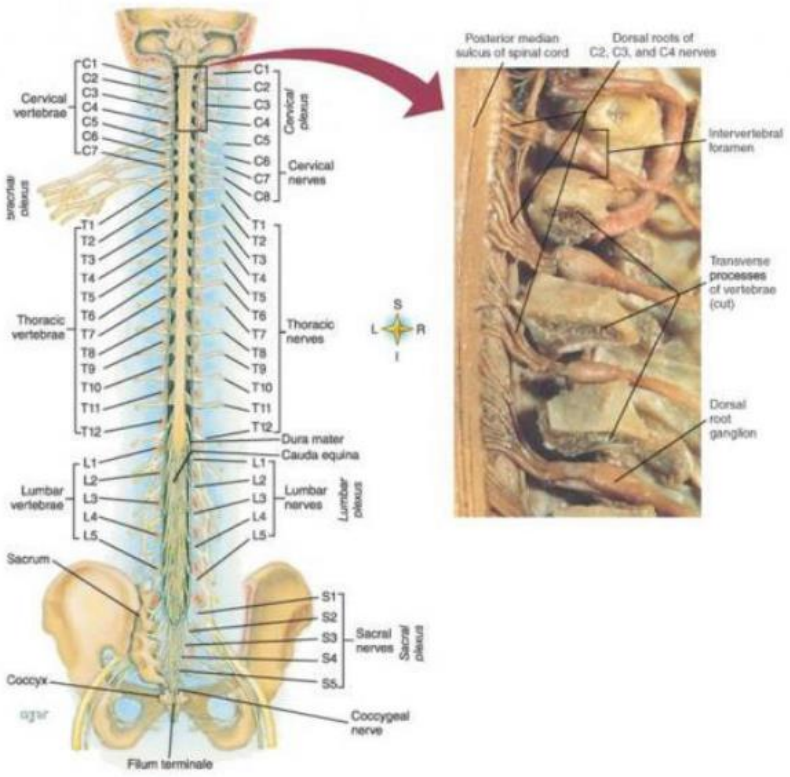

## Lateralizazioa

Normalean lateralizazio bat dago garunean, hemisferioen menderatzailea. Eskumatietan, ezkerreko hemisferioa da kasuen %100-ean menderatzailea. Ezkertiarretan, berriz, ezkerreko hemisferioa kasuen %70-ean da menderatzailea, kasuen %15-ean eskumako hemisferioa eta gainerakoetan ez dago hemisferio menderatzailerik. Bi hemisferioak haien artean osagarriak dira. Hemisferio batean edo bestean ematen diren ezberdintasunak gaixotasunen detekziorako baliagarriak dira.



## Bizkar-muina

Oso babestuta dago. Entzefalo ↔ ehunak arteko informazio gehiena bideratzen du; hau da, entzefaloa nerbio-sistema periferikoarekin konektatzen du. Gainera, lokomoziorako beharrezkoak diren sare neuronalak daude bertan. Kalteek ondorio latzak ekar ditzakete, izan ere, mugimenduaren neuronak bizkar-muinean kokatuta daude eta hauek kaltetuz gero paralisia eman daiteke.

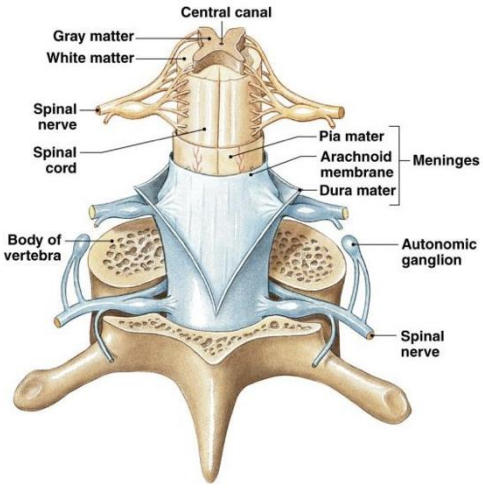


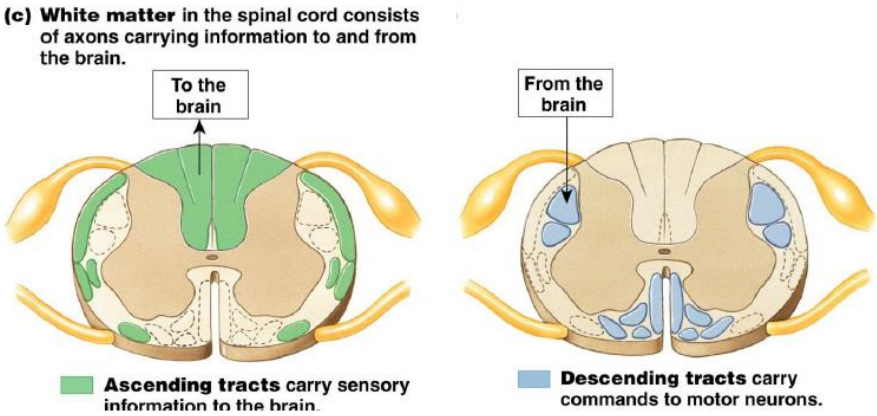

4 eskualdetan banatu, pareko ornoen izenen arabera (goitik behera): zerbikal, toraziko, lunbar eta sakro. Coxis-a sakroaren ondoan dagoen hezur txiki bat da, enbrioian 4. astean agertzen dena baino gero desagertzen joaten dena. Guk izango genuen buztanaren azken arrastoa kontsideratzen da.

Ornoen arteko segmentuetatik bizkarmuin-nerbioak irten, bikote bilateralak.

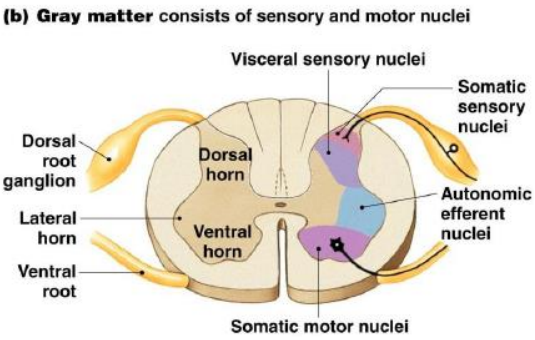
NSZ **materia txuri** eta **materia grisetan** banatzen da (materia grisa zuriaren barruan):

- **Materia grisa.** Mielinarik gabeko somak, dendritak eta botoi sinaptikoak. Somak modu antolatuan kokatu: geruzaka edo nukleotan taldekatuta. Kasu honetan barnealdean egongo da, tximeleta formarekin.
- **Materia txuria.** Mielinizatutako axoiak eta oso soma gutxi. Taldekatutako axoiek kordoiak (NSZ) edo nerbioak (NSP) osatzen dituzte. Entzefaloan barneko aldean kokatzen da eta bizkar-muinean kanpoko aldean. Gorputzaren zuntz optikoa. Informazioa burmuinera eraman eta burmuinetik garraiatzeaz arduratzen da. Materia txuria kordoitan antolatzen da: gorputzaren zuntz optikoa.



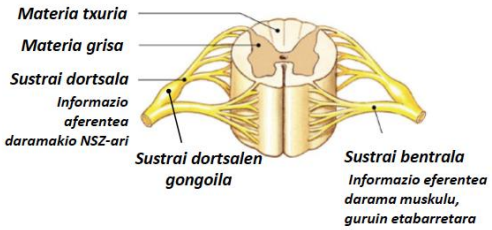




Bizkarmuin-nerbio

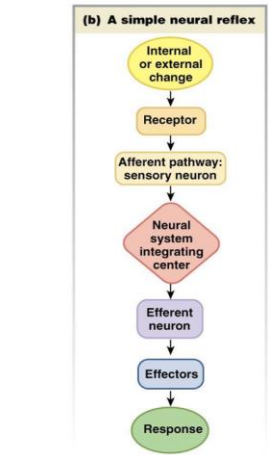


bakoitza bitan banatzen da bizkarmuinera heldu baino lehen:

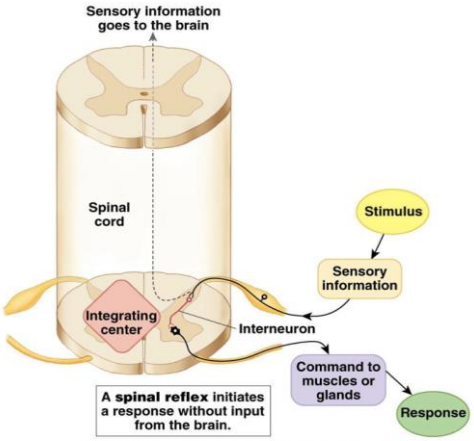
- **Sustrai dortsala** (bizkarraldera doana). Informazio sentsorial aferentea. Sustrai dortsalen gongoilean neurona sentsorialen somak daude.
- **Sustrai bentrala** (sabelaldera doana). NSZ-ko informazio eferentea darama ehunetara .
- **Sustrai laterala.** Sistema nerbioso begetatiboan dute eragina.




Seinaleak NSP-tik burmuinera eta erantzunak burmuinetik gorputz osora garraiatzeaz gain, bizkar-muina gune integratzaile autonomoa izan daiteke: **bizkarmuin-erreflexu** edo erantzun sinpleak egiten ditu eta seinaleak ez dira garunera arte garraiatu behar. Hemen interneuronak egon daitezke. Badaude gune integratzaile batzuk, eta hauen bidez erantzun sinpleak, erreflexuak direnak erregulatu daitezke. Izan daiteke informazioa bizkar-muinera iritsi, bertan integratu eta bizkar-muinean bertan erantzuna ematea (ez da garunean prozesatzen). Beraz, ez da beti garraiatzailea.




Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.




Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## Babes-sistemak

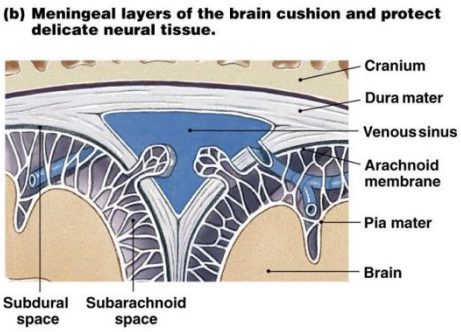
Nerbio-sistema zentrala kalteetatik babesteko ez dago zelulaz kanpoko matrizerik, baizik eta ondorengo egiturak edo babes-sistemak agertzen dira:

-Hezur gogorra: garezurra eta bizkar-hezurra

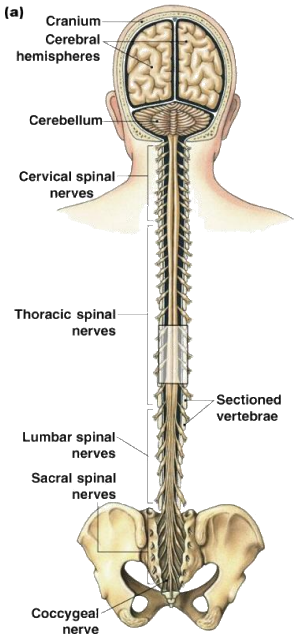
-Ehun konektiboko hiru geruza (meningeak)

-Fluidoa geruzen artean: **likido zefalorrakideoa.** Entzefaloan sortzen da eta NSZ guztian banatzen da. Konpartimendu guztiak eta zelulen arteko likidoa konektatuta daude.

-Muga funtzionala: **barrera hematoentzefalikoa**




Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



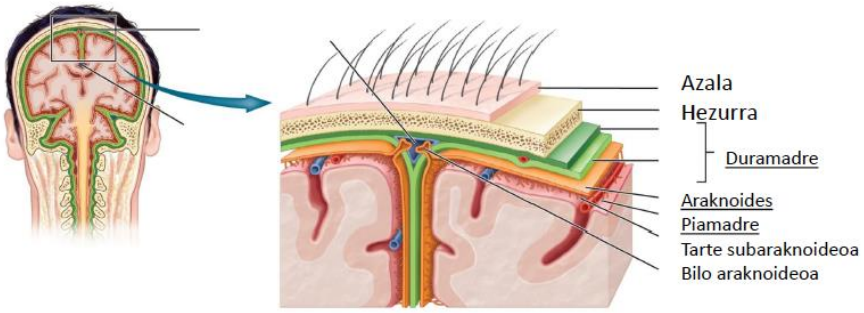

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## Meningeak

Garuna eta hezur-muina babesten dituzte. Hiru geruzaz osatuta daude:

- **Duramadrea**: hezurrarekin kontaktu zuzenean dagoen geruza
- **Araknoidesa:** tartekoa
- **Piamadrea**: barne gunearekin kontaktu zuzenean dagoen geruza

Duramadrearen gainean epidurala deritzon geruza egongo da. Tarte epidurala hezur-muinean soilik agertzen da, ez entzefaloan; horregatik, bizkarretik ziztatzen da. Duramadrea eta araknoidesaren artean geruza subdurala egongo da. Araknoides eta piamadre geruzen artean tarte subaraknoideoa aurkitzen da, likido zefalorrakideoz beteta dagoena.




Meningitis gaixotasuna birus edo bakterio (%15) infekzioen ondorioz garatzen da. Azken hauek oso arriskutsuak izan daitezke, batez ere antibiotikoen tratamendua jasotzen ez bada. Txertoak daude hauen kontra.

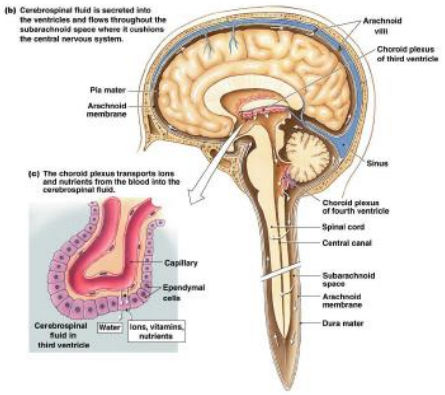
## Likido zefalorrakideoa

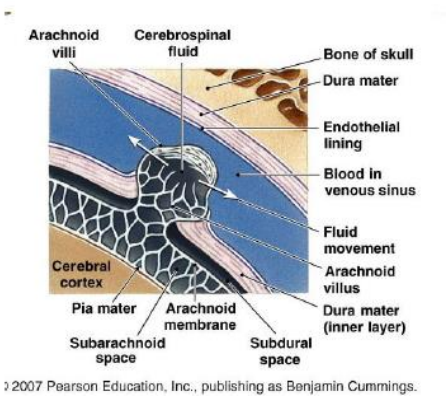
Entzefaloa eta hezur-muina babesten dituen soluzio salinoa da, egunean hiru aldiz berrizten dena. NSZ-ean zehar dago denbora osoan garraiatzen, honako zirkuitoa betez:

1. Plasmatik eratorria (ependimozitoak)
2. Plexu koroideotik bentrikulora etengabe jariatua.
   - Entzefaloan hutsune batzuk daude, zeintzuetan 4 bentrikulu kokatzen diren paraleloki bi hemisferioetan. Horietan, likido zefalorrakideoa sortzen da (plexu koroideoan) eta entzefaloko hutsuneetatik muinera joaten da.
3. Nerbio-ehunaren inguruan: araknoides-piamadre geruzen artean
4. Araknoideseko biloen bitartez plasmara berxurgatua

Bere funtzioa babes fisiko eta kimikoa ematea da. Likido batzuk ere garraiatu ditzake.

Metastasia baduzu burmuinera arte, likido zefalorrakideoan zelula tumoralak dauden edo ez aztertzeko, bizkar-muinean puntzio bat egiten da, entzefaloan egin beharrean.



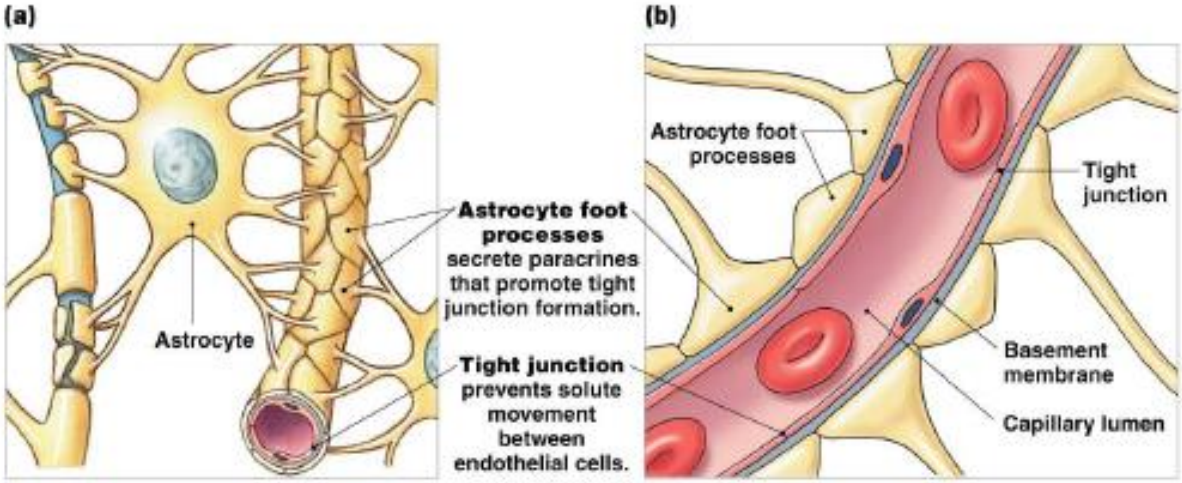
## Barrera hematoentzefalikoa

Nerbio-sistema zentralak daukan babes sistemetako bat da, patogeno eta substantzia toxikoengatik isolatzeko.

Likido interstizial eta odol-hodien arteko barrera funtzionala da. Zelula endotelialen arteko loturak: lotura hertsiak dira. Barrera honek iragazkortasun selektiboa dauka, hau da, barreraren alde patetik bestera molekula txikiak pasatzen dira, hidrofobikoak, nahiz eta molekula polar txikiak ere pasa daitezkeen. Astrozitoek odol-hodia inguratzen dute.

Entzefaloaren atal guztiak ez daude barrera hematoentzefalikoak babestuta, izan ere, guruin pineala ez du barrera hematoentzefalikoak babesten. Hala, NSZ-n ez dago hesi bat guztia babesten duenik.

Minbizia edo hantura dagoenean zein epilepsia dutenen kasuan, hesi honetako egiturak




deformatu eta funtzioa galtzen dute, iragazkorrago bihurtuz. Hau antibiotikoak sartzeko baliatu daiteke, baina bakterioak zein birusak ere sartzea gerta liteke.

Badaude mikroorganismo batzuk barrera hau zeharkatu dezaketenak, NSZ-n kalte ugari sortuz. Horien artean hiru adibide aztertuko dira.

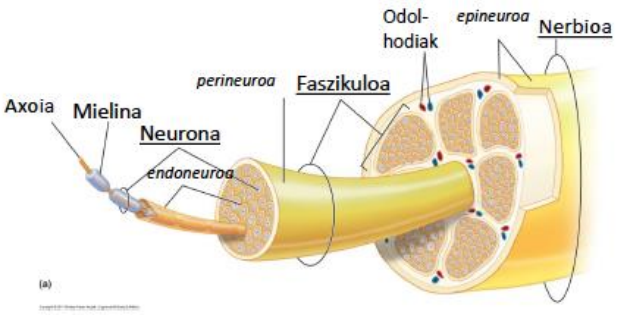
- **Toxoplasmosia:** Lurrean dagoen protozoo bat da, odol beroko animaliak infektatzen dituena. Populazioaren %50-a positiboak gara honekiko. Gripe antzeko sintomak dituen arren, haurdunaldian arriskutsua izan daiteke; lehen hiru hilabeteetan infektatu eta NSZ-era edo fetora badoa, umeak arazoak izan ditzake edo hil egin daiteke. Barrera hematoentzefalikoa zeharkatzeko mekanismoa ezezaguna da.
- **Meningitisa:** meningeak kaltetzen dira, baina txertoekin gero eta kasu gutxiago ematen dira.
- **Sifilisa:** ETS. Infektatu eta lehenengo urteetan soilik llagak agertzen dira, baina ez bada ondo tratatzen antibiotikoekin, entzefalora pasa daiteke eta entzumena zein erretinara badoa ikusmena gal daitezke, konbultsioak izan ditzake… Denbora bat pasata gurutzatzen du barrera.

Orokorrean, hantura sortzen duten mikroorganismoek barrera zeharkatzeko gaitasuna dute nolabait.

## Nerbio-sistema periferikoa

NSZren integrazio guneak gainontzeko organismoarekin edo ingurunearekin (barne zein kanpo) komunikatzen dituen nerbio-multzoa da. Nerbioek informazioa alde batetik bestera transmititzen dute. Sailkapen funtzionala:

- **Nerbio sensitiboak** (aferenteak): informazioa hartzaileetatik (ingurunetik) NSZera
- **Nerbio motoreak edo efektoreak** (eferenteak): informazioa NSZetik organismoruntz (organo eta egituretara)
- **Nerbio mixtoak**: zuntz sensitibo eta motoreak dituzte




### Nerbio motak

Nerbio sistema periferikoan gongoilak egongo dira baina garrantzitsuenak nerbioak (axoi multzoak) izango dira, informazioa garraiatuko dutenak. Bi nerbio mota daude:

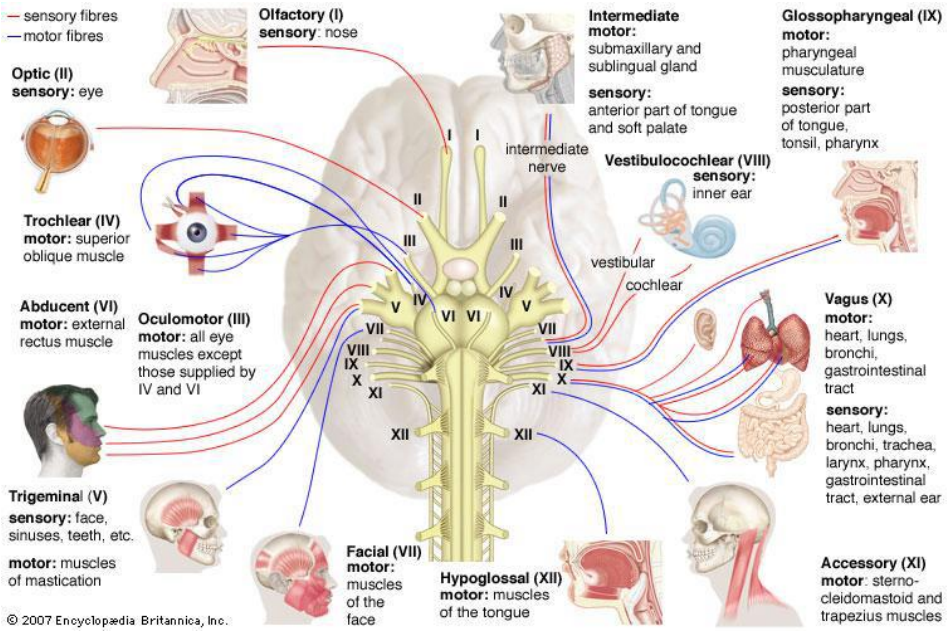
- **Nerbio kranealak:** beti bina agertzen dira (bat eskuinera eta beste ezkerrera) eta 12 pare ditugu. Entzefalotik buru eta lepo inguruko organoetara eta zentzuetara, Nerbio Somatiko eta Autonomoak: Parasinpatikoa.
- **Nerbio espinal edo rakideoak:** bizkar muinetik agertzen dira, bikoteka baita ere eta kasu honetan 31 pare ditugu. Nerbio Somatiko eta Autonomoak: Sinpatiko eta Parasinpatikoa.

Nerbio guztiak adarkatzen dira muskulu, guruin eta organo ezberdinak inerbatzeko

#### Nerbio kranealak

| PAREA | IZENA | MOTA | FUNTZIOA |
|---|---|---|---|
| I | Usaimenekoa | Sentsitiboa | Usaimena |
| II | Optikoa | Sentsitiboa | Ikusmena |
| III | Okulomotorea | Motorea | Begiaren mugimendua |
| IV | Troklearra | Motorea | Begiaren mugimendua |
| V | Trigeminoa | Mixtoa | Aho eta aurpegiko informazio zentsitiboa; murtxikapena |
| VI | Abducensa | Motorea | Begiaren mugimendua |
| VII | Aurpegikoa | Mixtoa | Sentsitiboa (dastamena); motorea (malko- eta listu-guruinak eta aurpegiaren espresioa |
| VIII | Entzumenekoa | Sentsitiboa | Entzumena eta oreka |
| IX | Glosofaringeoa | Mixtoa | Sentsitiboa (ahoa, odol-hodiak); motorea (irenspena eta listu-guruin parotida) |
| X | Bagoa | Mixtoa | Errai, muskulu eta guruin ugariren sentsitibo eta motorea |
| XI | Espinal gehigarria | Motorea | Ahoa, lepoa eta sorbalda |
| XII | Hipoglosoa | Motorea | Mihia |

Nerbio kraneal gehienak buru-lepo ingurura joaten dira. Salbuespena bagoa da, organismoko leku desberdinetara joaten dena. Usaimenarena zuzenean doa, ez da besteekin batera garraiatzen.



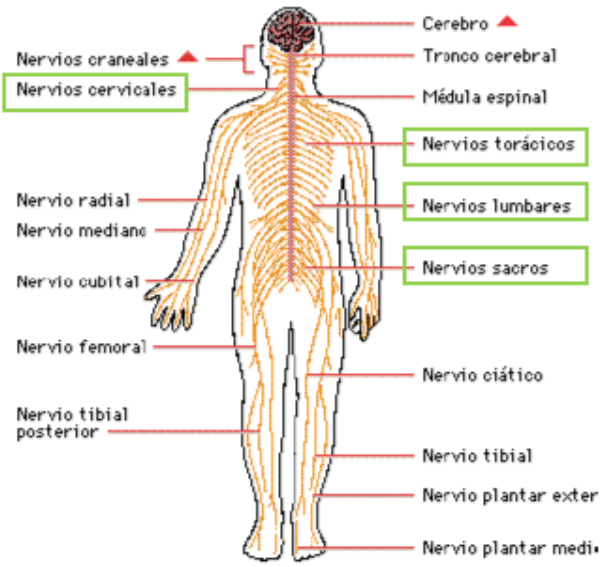

## Nerbio espinalak

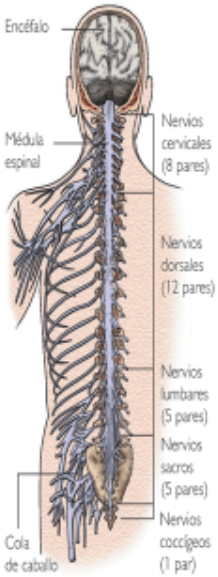
Izenak bizkar-hezurreko ornoen izenetatik datoz.

| IZENA | PARE KOP. | KODEA | MOTA | FUNTZIOA |
|---|---|---|---|---|
| Zerbikalak | 8 pare | C1-C8 | Mixtoa | Somatikoa |
| Torazikoak | 12 pare | T1-T12 | Mixtoa | Somatikoa eta NS Sinpatikoa |
| Lumbarrak | 5 pare | L1-L5 | Mixtoa | Somatikoa eta NS Sinpatikoa |
| Sakroak | 5 pare | S1-S5 | Mixtoa | Somatikoa eta NS Parasinpatikoa |
| Kokzigeoak | 1 pare | Co | Mixtoa | Somatikoa |

## Nerbio kranealak eta espinalak

Goitik behera dauden multzo guzti hauek dira, kranealak goikoak eta guztiak batera gorputz osoa inerbatzea lortzen da.



## Dibisio aferentea: Fisiologia sentsoriala

### Sarrera

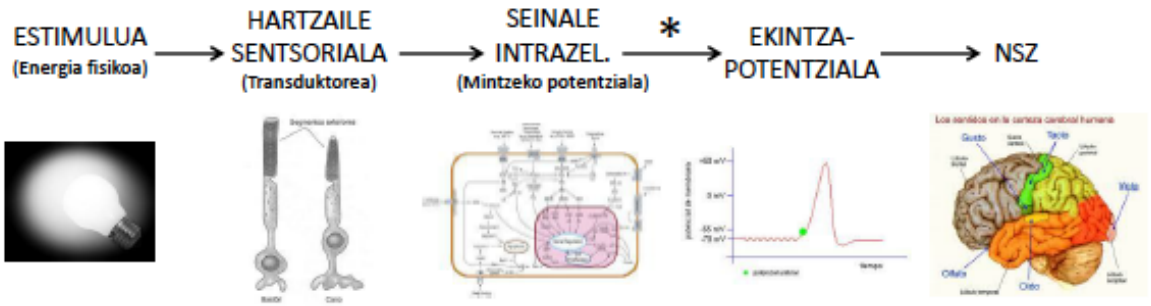
Dibisio aferentearen funtzioa: gorputz barneko eta kanpoko inguruneei buruzko informazioa NSZ-era eramatea. Estimulu **kontzienteak** eta **subkontzienteak**. Hartzaileen bidez funtzionatzen du, honek estimulua jasoko du eta hau nerbioetan zehar garraiatuko da NSZra.

**TABLE 10-1** Information Processing by the Sensory Division

| | |
|---|---|
| **STIMULUS PROCESSING IS USUALLY CONSCIOUS** | |
| **Special senses** | **Somatic senses** |
| Vision | Touch |
| Hearing | Temperature |
| Taste | Pain |
| Smell | Itch |
| Equilibrium | Proprioception |
| **PROCESSING IS USUALLY SUBCONSCIOUS** | |
| **Somatic stimuli** | **Visceral stimuli** |
| Muscle length and tension | Blood pressure |
| Proprioception | Distension of gastrointestinal tract |
| | Blood glucose concentration |
| | Internal body temperature |
| | Osmolarity of body fluids |
| | Lung inflation |
| | pH of cerebrospinal fluid |
| | pH and oxygen content of blood |

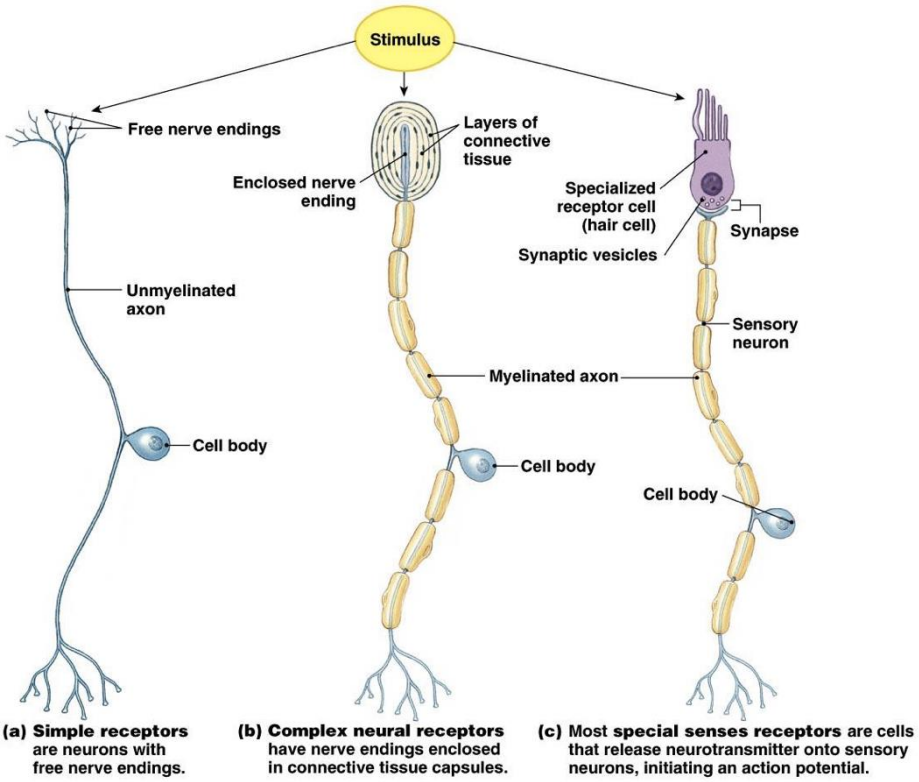
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Bide sentsorial guztiek komunean:




Estimulu bat dagoenean, hartzaile batek lehenengo hau detektatu behar du (hartzaile sentsoriala). Honek, jasotako informazioa seinale elektriko bihurtzen du, hor ekintza potentziala gertatuko da, informazioaren transmisiorako. Ekintza potentzial moduan estimulua nerbio sistema zentralera helduko da.

Hartzaile sentsorialen konplexutasun aldakorra:



Hartzaile-mota ezberdinak:

- **Mekanohartzaileak**: Presioaren aldaketa nabaritzen dute.
- **Kimiohartzaileak**: Substantzia kimikoak detektatzen dituzte
- **Fotohartzaileak**
- **Termohartzaileak**
- **Minaren hartzaileak**

**TABLE 10-2 Types of Sensory Receptors**

| TYPE OF RECEPTOR | EXAMPLES OF STIMULI |
|---|---|
| Chemoreceptors | Oxygen, pH, various organic molecules such as glucose |
| Mechanoreceptors | Pressure (baroreceptors), cell stretch (osmoreceptors), vibration, acceleration, sound |
| Photoreceptors | Photons of light |
| Thermoreceptors | Varying degrees of heat |

Estimuluak hartzailearen mintzean ioi desberdinekiko iragazkortasuna aldatuko du. Hau ez da ekintza potentziala, hartzailean ematen den potentzial aldaketa baizik. Potentzial aldaketa hau atari maila gainditzeko bestekoa bada, ekintza potentziala sortu eta transmitituko da. Atari maila ez bada gainditzen edo estimulua hiperpolarizatzailea bada ez da ekintza potentziala garatuko.

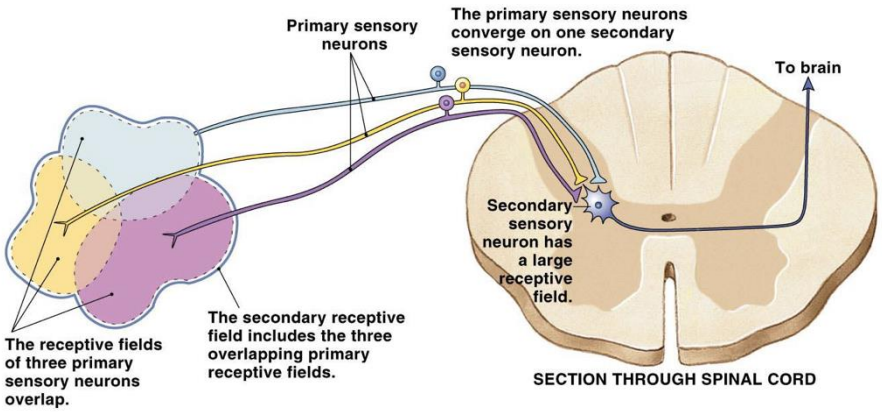
Hartzailetik bigarren neurona batera lehenengo mailako neurona egongo da. Bigarren konexioa bizkar muinean ematen da eta 2. mailako neuronen bidez ematen da. 3. mailako neuronen bidezko konexioa talamoan ematen da eta azken konexioa, 4.mailako neuronen bidez ematen da garunean.

## Transdukzio sentsoriala

Transdukzio sentsoriala, hartzaile sentsorialak estimulua NS-k uler dezakeen informaziotan bihurtzean datza (ekintza potentzial batean).

- Hartzaile bakoitzak estimulu egoki bat dauka
- Estimuluak hartzailearen mintzeko ioi-kanalak irekitzea/ixtea eragiten du
- Atari batetik aurrera, estimuluak ekintza-potentzial bat eragiten du

Normalean informazio berdina beti garuneko puntu berdinera iritsi eta bertan prozesatzen da. Neurona sentsorial primarioak eremu sentikor bat izango du (somatikoek, fotohartzaileek). Eremu sentikor hau handiago edo txikiagoa izan daiteke, honekin lotzen diren neurona kopuruen arabera. Ekintza-potentziala sortuz gero, sinapsia egingo du NSZ-ean dagoen neurona sentsorial sekundario batekin. Beraz, **konbergentzia** emango da.

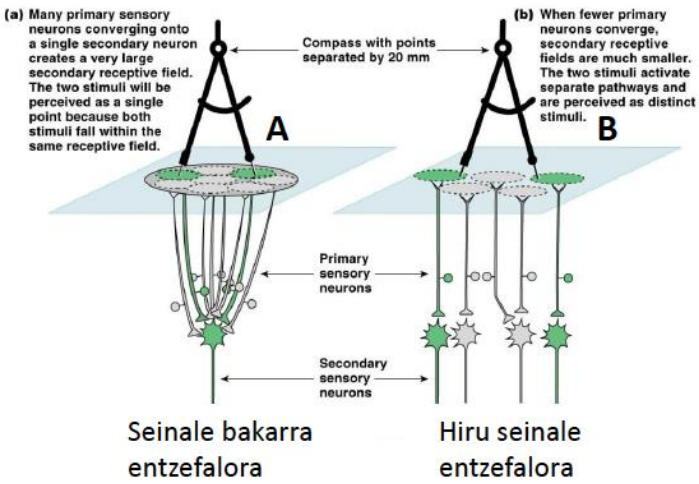



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

**2 punturen arteko diskriminazioa**

Bi punturen arteko diskriminazioa ondoan dauden bi puntu bi bezala eta ez bakar bat bezala hartzeari deritzo. Organismoan, gunearen arabera, diskriminazio tartea (bi puntu bi bezala desberdintzeko gaitasuna izateko tarte minimoa) desberdina da:

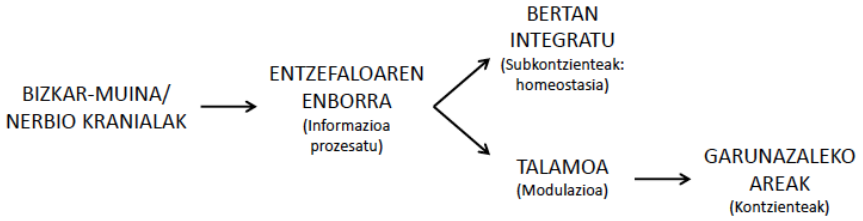
- Sentikortasun baxuko guneak: neuronen bateratzea beso eta hankak: 20 mm
- Sentikortasun altuagoko guneak: bide banatuen aktibazioa hatzamar-puntak: 2 mm




Sentikortasun baxuko guneak beste neurona batzuengandik mugatuta egoten dira eta hauek konexioa egiten duten interneuronen bidez, inhibitzaileak izaten direnak. Modu honetan informazioa zein punturarte dagoen jakitea lortzen da, informazioa nondik heltzen den jakiteko.

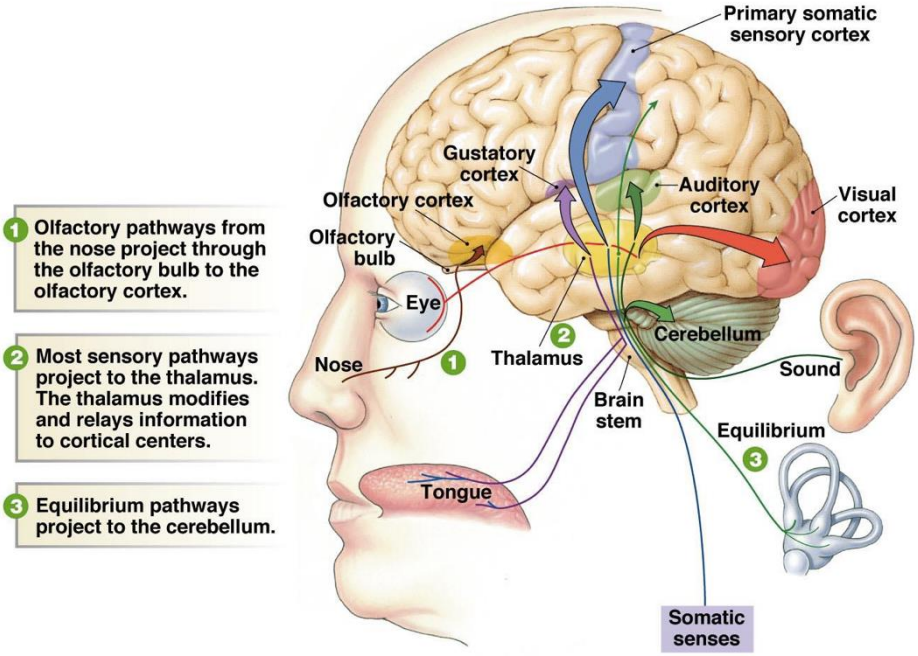
Lehen aipatu bezala, neurona sentsorial primarioak eremu sentikor bat izango du. A irudiaren kasuan, neurona sekundario batek hainbat neurona primarioren seinalea jasoko du. Neurona sekundario honek, eremu sentikor handia izango du beraz. Aldiz, B irudiaren kasuan, neurona bakarrak neurona bakarraren seinale jasotzen du eta eremu sentikorra txikia izango da.

Neurona sentsorial sekundarioak entzefalora (entzefaloaren enborrera) darama informazioa:




Salbuespenak:

- Usaimenaren informazioa I nerbio kranialaren bidez usaimen-garunazalera doa zuzenean talamotik pasa gabe.
- Orekari buruzko informazioa zerebeloan prozesatzen da parte handi baten.

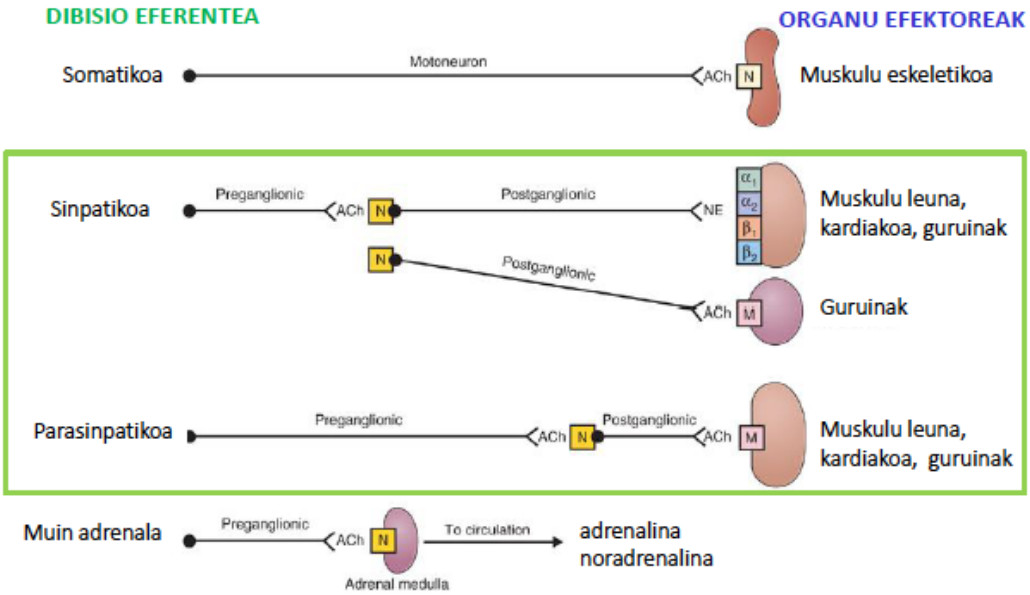



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Hauek dira aipatutako bi salbuespenak, gehienak talamoaren bidez pasatzen dira garunazalera baina usaimenaren kasuan zuzenena nerbioa garunazalera doa (ez da entzefalo enborretik pasatzen) eta orekaren nerbioa ere zuzenean doa zerebelora.

## Dibisio eferentea

Behin informazio guztia jaso dela, honen aurrean erantzun desberdinak garatuko dira. Informazioak ez dauka zertan beti garunera heldu, kasu batzuetan erreflexuak bizkar muinetik datoz. Erantzunetan nerbio sistema autonomok hartzen du parte.



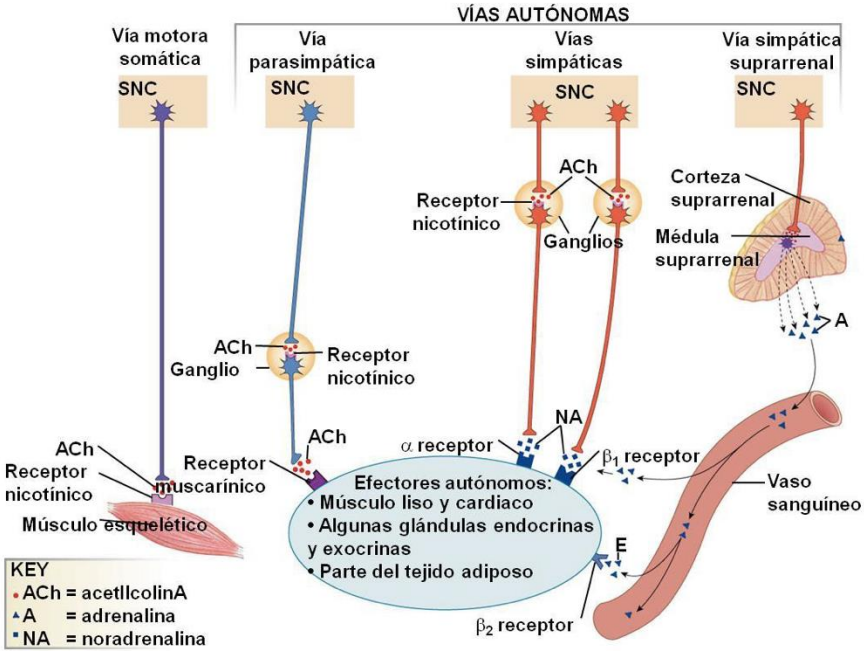

*Muin adrenala sinpatikoaren guruin bat da.*

### Nerbio sistema autonomoa

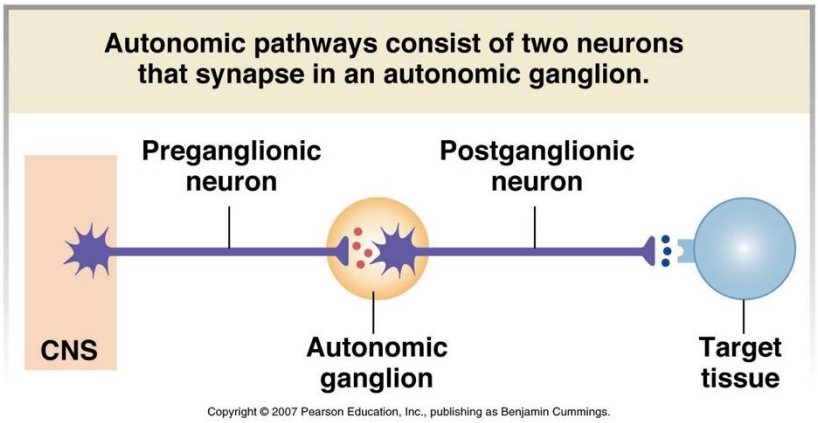
Oharkabeko erantzunak kontrolatzen ditu: muskulu leunak eta kardiakoa, guruin asko eta ehun adiposo batzuk.

Bitan ezberdintzen da: NS sinpatikoa eta NS parasinpatikoa. Anatomikoki ezberdintzen dira baina orokorrean ehun berdinak kontrolatzen dituzte bi zentzu ezberdinetan:

- **NS parasinpatikoa** (lasai gaudenean aktibatzen da). Paradigma: bazkal osteko lokuluxka. Bihotzaren maiztasuna eta indarra ↓, odol hodietako presioa ↓, odola sistema digestibora bideratu, digestioa kitzikatu.
- **NS sinpatikoa**. Paradigma: borroka edo ihesa erantzuna (*fight of flight*). Bihotzaren maiztasuna ↑, odola beso eta hanketako muskuluetara eta NSZ-era bideratu (odol-hodien dilatazioa) eta sistema digestiboan eta larruazalean murriztu (odol-hodien uzkurketa), gibela glukosa ekoizten eta jariatzen jarri.



Bide neural autonomoen egitura: bi neurona, lehenengoa **gongoil aurrekoa** edo **preganlionarra** eta **gongoil ondokoa** edo **postganglionarra**. Neurona preganglionarra gongoil autonomoan neurona postganglionar batekin sinapsi eginez konektatuko dira. Azken horrek eragina sortuko du itu-organoan.




Gongoil autonomoan ez soilik neurona postganglionarren somak, interneuronak ager daitezke: gongoila zentro integratzaile txikia da.

Sinpatikoa eta parasinpatikoa 5 faktore desberdinetan desberdintzen dira:

SN SINPATIKOA
SN PARASINPATIKOA

*Ezberdintzen dira* →

- Nerbioen jatorria NSZean
- Neurona preganglionarren luzeera
- Neurona postganglionarren neurotransmisorea
- Hartzailea itu-organoan
- Erantzun mota

| | **Sinpatikoa** | **Parasinpatikoa** |
|---|---|---|
| Nerbioen jatorria NSZean | Bizkar muinaren (eskualde toraziko eta lunbarra) *behe-aldean* | Bizkar muinaren (sakroa eta entzefalo enborra "bagoa") *goi-aldean* |
| Neuronen luzera | Gongoilak kateetan antolaturik agertzen dira, bizkar muinaren ondoan. Neurona preganglionarren axoia laburra izango da eta neurona postganglionarrena oso luzea. | Gongoilak organoetatik oso gertu kokatzen dira. Neurona preganglionarren axoia oso luzea izango da, bizkar-muinetik ia ituraino iristen delako. Neurona postganglionarrena oso motza. |
| Neurotransmisorea | Neurona preganglionarra: azetilkolina (nikotinikoa). Neurona postganglionarra: noradrenalina edo norepinefrina.<br><br>Salbuespena: izerdi-guruinak | Neurona preganglionarra: azetilkolina (nikotinikoa). Neurona postganglionarra: azetilkolina (muskarinikoa) |
| Hartzailea (itu zelulan) (2. Neuronan jariatzen denaren araberakoa) | Hartzaile adrenergikoak | Hartzaile kolinergikoa (muskarinikoa) |
| Funtzioa | Gorputza prestatu edozein mugimendu edo aktibitaterako (organismoa aktibo mantendu) | Energia kontserbatu edo mantendu (energia gastu minimoa) |

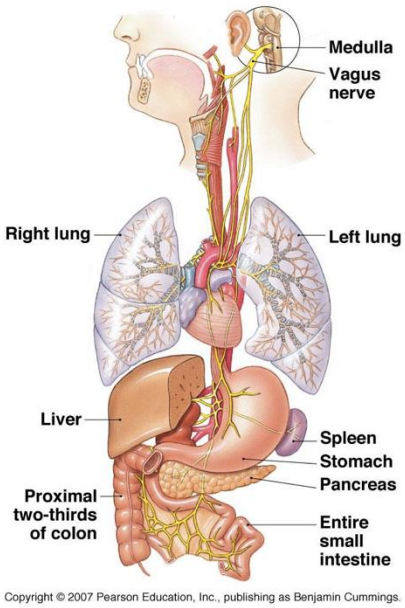
## Sinpatikoa vs parasinpatikoa: anatomia

Nerbio sistema zentraleko **jatorri puntua** aldatzen da batetik bestera:

- Bide sinpatikoak: bizkar-muinaren eskualde toraziko eta lunbarra
- Bide parasinpatikoak: entzefaloaren enborra (nerbio kranialetatik) eta bizkar-muinaren eskualde sakroa

**Gongoil autonomoaren kokapena** ere aldatuko da:

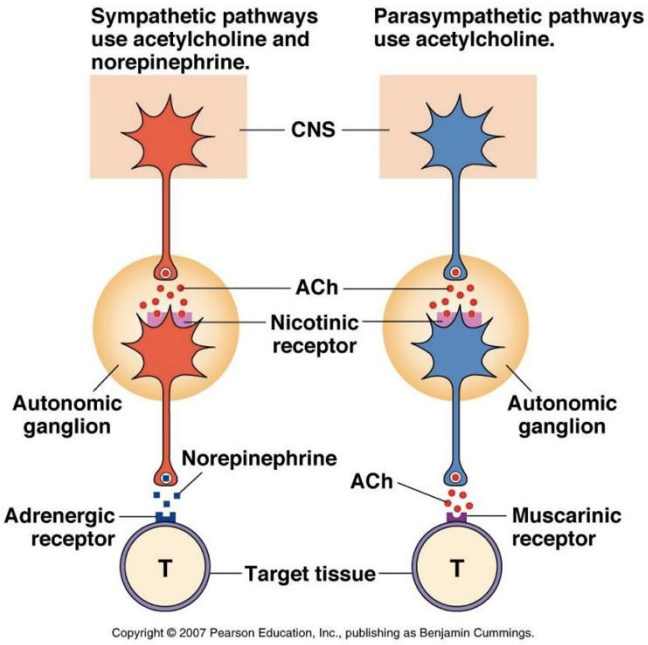
- Gongoil sinpatikoak kate banatan daude, bizkar-muinaren ondoan (gongoil parabertebralak). Paraleloki beste gongoil batzuk aortaren gainean. Neurona preganglionar motzak eta postganglionar luzeak.
- Gongoil parasinpatikoak txikiagoak eta itu-organoan bertan edo oso hurbil. Neurona preganglionar luzeak eta postganglionar motzak.




*Nerbio bagoa.

## Sinpatikoa vs parasinpatikoa: neurotransmisoreak

Neurona preganglionarrek azetilkolina jariatzen dute bi kasuetan. Postganglionarrak aldiz, norepinefrina jariatzen du sinpatikoen kasuan eta azetilkolina parasinpatikoaren kasuan.



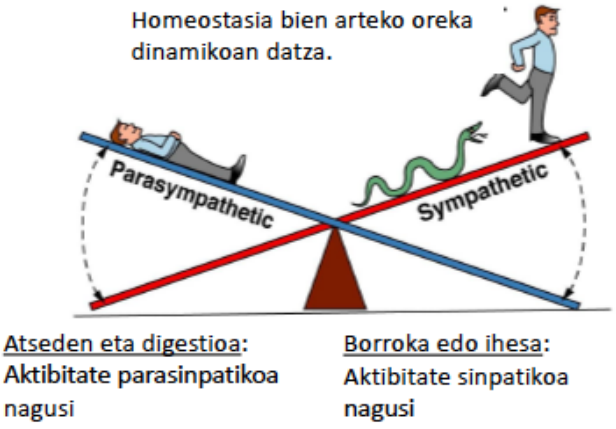

Lehen neurona beti dago NSZean. Honek jariatzen duen neurotransmisorea beti da azetilkolina (neurona kolinergikoak). Sinpatikoan, neurona postganglionarrak noradrenalina edo norepinefrina jariatuko dute, neurona adrenergikoak dira beraz. Parasinpatikoan, aldiz, bigarren neuronak ere azetilkolina jariatzen du. Hala ere, hauetan salbuespenak aurki daitezke, sistema sinpatikoan esaterako, izerdi guruinetan neurona preganglionarrek ere azetilkolina jariatzen dute.

Hartzaileak, nikotiniko edo muskarinikoak izan daitezke. Hartzaile nikotinikoak kanal ioiak dira, eta azetilkolina hartzaileak dira, 2. neuronan egongo direnak (neurona preganglionarrean askatutako azetilkolina jasoko dutenak). Bestetik, sistema parasinpatikoan bigarren aldiz azetilkolina jariatzen denean, honen hartzaileak itu-zelulan muskarinikoak izango dira.

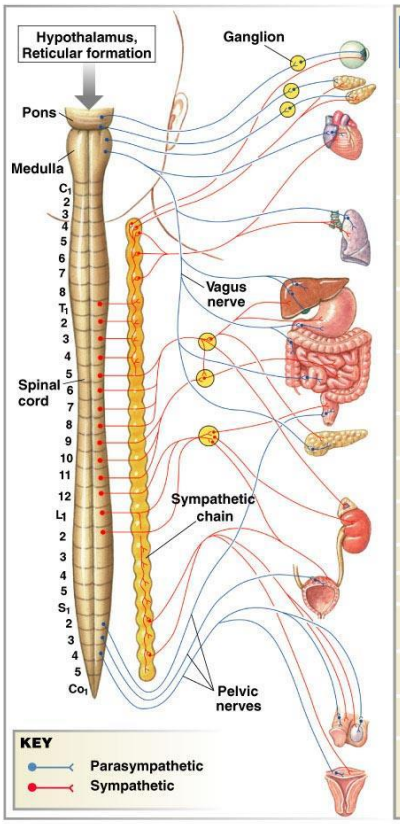
## Sinpatikoa vs parasinpatikoa: efektu antagonikoak

- Parasinpatikoa (atsedena eta digestioa)
- Sinpatikoa(borroka edo ihesa)

Hauen arteko desberdintasun nagusia, erregulatzen duten aktibitate motan datza.




NSA-k kontrolatutako organoetan **kontrol antagonistikoa** dago. Salbuespenak: izerdi-guruinak eta odol-hodietako muskulu leuna (soilik NS sinpatikoa) .




| *Effector Organ* | *Parasympathetic Response ** | *Sympathetic Response* | *Adrenergic Receptor* |
|---|---|---|---|
| Pupil of eye | Constricts | Dilates | $\alpha$ |
| Salivary glands | Watery secretion | Mucus, enzymes | $\alpha$ and $\beta_2$ |
| Heart | Slows rate | Increases rate and force of contraction | $\beta_1$ |
| Arterioles and veins | — | Constricts<br>Dilates | $\alpha$<br>$\beta_2$ |
| Lungs | Bronchioles constrict | Bronchioles dilate | $\beta_2$** |
| Digestive tract | Increases motility and secretion | Decreases motility and secretion | $\alpha$, $\beta_2$ |
| Exocrine pancreas | Increases enzyme secretion | Decreases enzyme secretion | $\alpha$ |
| Endocrine pancreas | Stimulates insulin secretion | Inhibits insulin secretion | $\alpha$ |
| Adrenal medulla | — | Secretes catecholamines | — |
| Kidney | — | Increases renin secretion | $\beta_1$ |
| Urinary bladder | Release of urine | Urinary retention | $\alpha$, $\beta_2$ |
| Adipose tissue | — | Fat breakdown | $\beta$ |
| Sweat glands | | Localized sweating | $\alpha$ |
| Male and female sex organs | Erection | Ejaculation (male) | $\alpha$ |
| Uterus | Depends on stage of cycle | Depends on stage of cycle | $\alpha$, $\beta_2$ |
| Lymphoid tissue (not illustrated) | — | Generally inhibitory | $\alpha$, $\beta_2$ |

*All parasympathetic responses are mediated by muscarinic receptors.

**Hormonal epinephrine only

Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.