

JOKABIDE-NEUROZIENTZIEN OINARRIAK

3. UNITATEA. Nerbio-sistemaren anatomia

Helburua

Unitate honen helburua da ikasleak nerbio-sistemaren anatomia ezagutzea, eta, horretarako, atal bakoitza, espazioaren hiru dimentsioetan duen kokapena, anatomia eta nerbio-nukleo eta -zentro nagusien funtzioa, zentzumen- eta mugimendu-bide nagusiak eta jokabide-proiektzioa bereiztea. Sistema linbikoa aztertuko dugu, eta garuneko bi hemisferioen eta horien korrelatu funtzionalaren arteko desberdintasun anatomiko, biokimiko eta funtzional nagusien analisisan sartuko dugu. Era berean, unitate honen helburua da lurrazalaren lobulu eta eremu nagusiak ulertzea eta goiko funtzioen azterketan sartzea; batez ere, garun-azalaren funtzio kognitiboaren erlazioa. Azkenik, nerbio-sistema periferikoaren azterketa anatomo-funtzionala landuko dugu.

Edukia

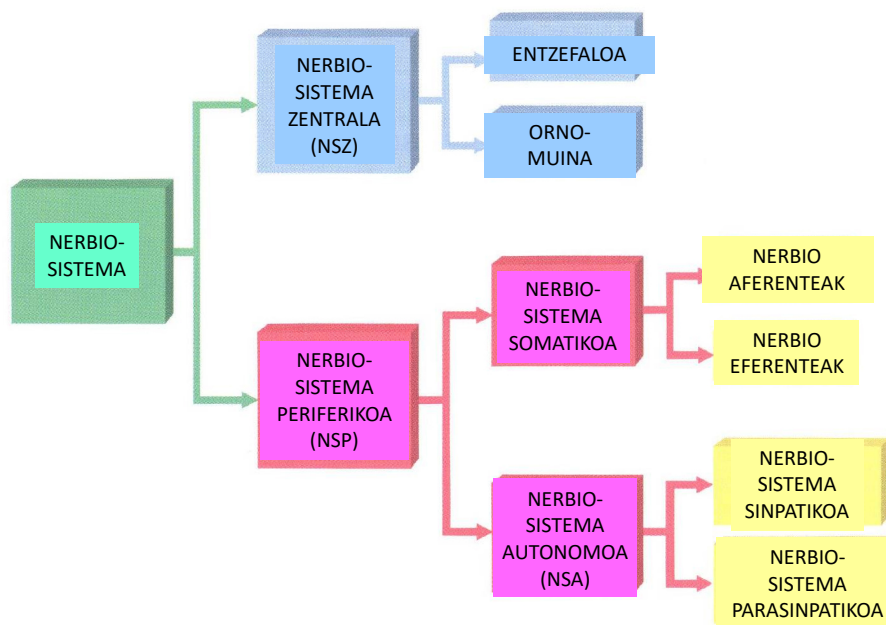
1. gaia. Nerbio-sistemaren antolaketa orokorra. Banaketa nagusiak. Garuneko baskularizazioa. Meningeak. Sistema bentrrikularra.
2. gaia. Bizkarrezur-muina. Bide sentitiboak eta motorrak. Garun-enborra. Zerebeloa. Jokabidearen inplikazioa.
3. gaia. Dientzefaloa. Epitalamoa, azpitalamoa, talamoa eta hipotalamoa. Lotura funtzionalak eta portaera-kontsiderazioak.
4. gaia. Gune azpikortikala. Gongoil basalak. Gorputz kailukara, fornixa eta gai zuria. Sistema linbikoa. Jokabide-kontsiderazioak.
5. gaia. Garun-azala. Azterketa histologikoa. Lobulu zerebralak. Arlo funtzionalak. Albokotasuna eta nagusitasun hemisferikoa. Konexio inter eta intrahemisferikoak. Goi-mailako integrazioak.
6. gaia. Nerbio-sistema periferikoa: egitura eta atalak

Irakasleak

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

1. gaia. Nerbio-sistemaren antolaketa orokorra. Banaketa nagusiak. Garuneko baskularizazioa. Meningeak. Sistema bentrikularra.

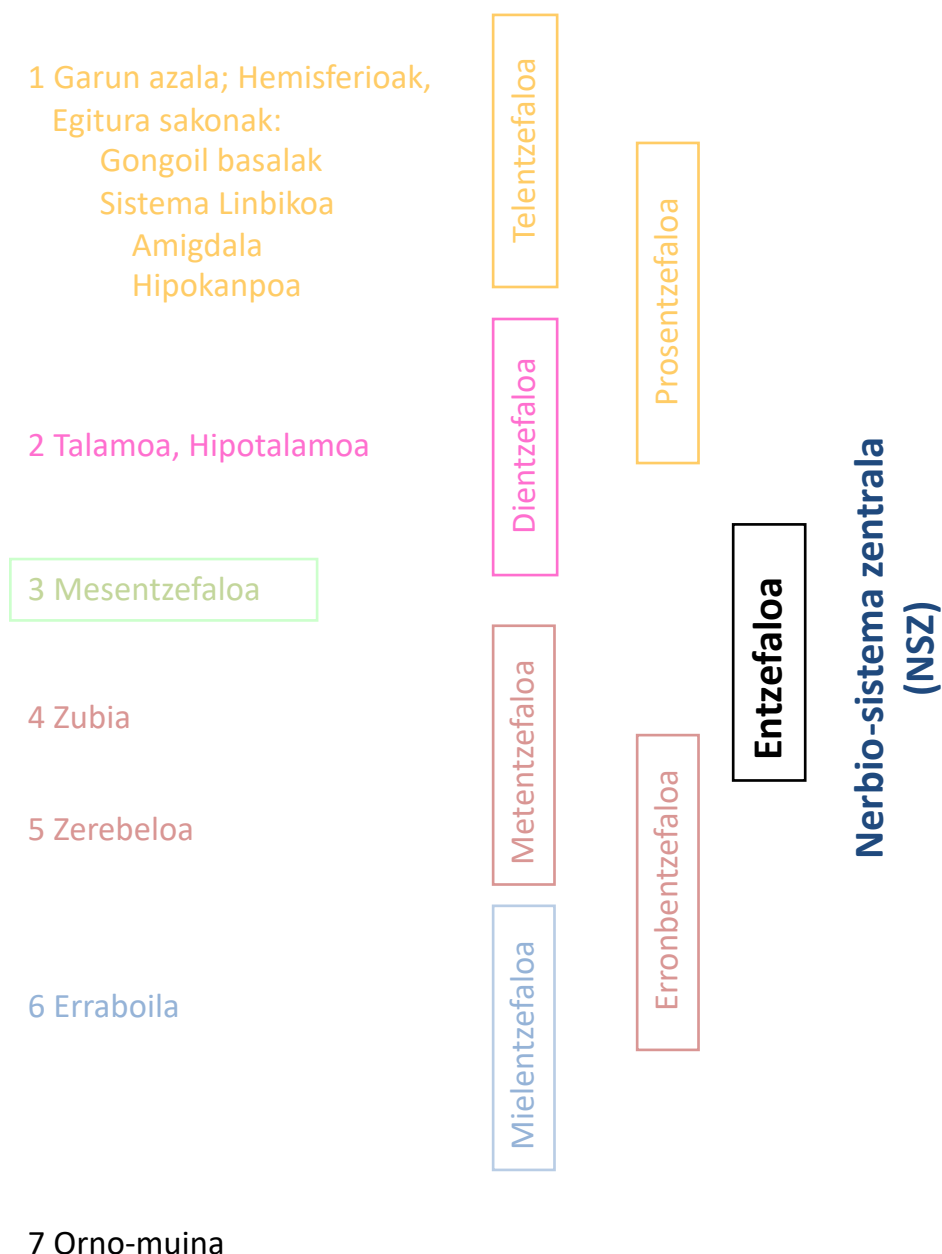
Aurreko gaietan ikasitako zelula nerbiosoen morfologia eta fisiologiatik nerbio-sistema (NS) ikastera pasatuko gara. Beraz, alderdi morfologiko eta fisiologikoen ikuspegietatik salto handia egingo dugu; alegia, zelulen eta molekulen eskala batetik, egitura anatomikoak ikastera pasatuko gara. Ibilbide honetan jarraituko dugun irizpidea NSren atal nagusiak ezberdintzen ikastea izango da (1. Irudia).



1. Irudia: Nerbio-sistemaren banaketa nagusien irudikapen eskematikoa: nerbio-sistema zentrala (NSZ) eta nerbio-sistema periferikoa (SNP). Egileen irudia.

NS ezagutzeko, lehendabizi, NS zentrala (NSZ) eta NS periferikoa (NSP) ezberdindu behar ditugu. NSZ bizkar-muinaz eta entzefaloz osaturik dago. Egitura horiek bizkarrezurraren eta garezurraren barnean kokaturik daude. Aldiz, NSP hezurren kanpoaldean gelditzen den NSren atala litzateke; alegia, nerbioak eta gongoilak. NSP bitan zatika daiteke: NSP somatikoa eta NSP autonomoa.

Entzefaloaren garapenean hainbat egitura bereizten dira, ikasturtean zehar deskribatuko ditugun nukleoetan bereiziz joango direnak (2. irudia).

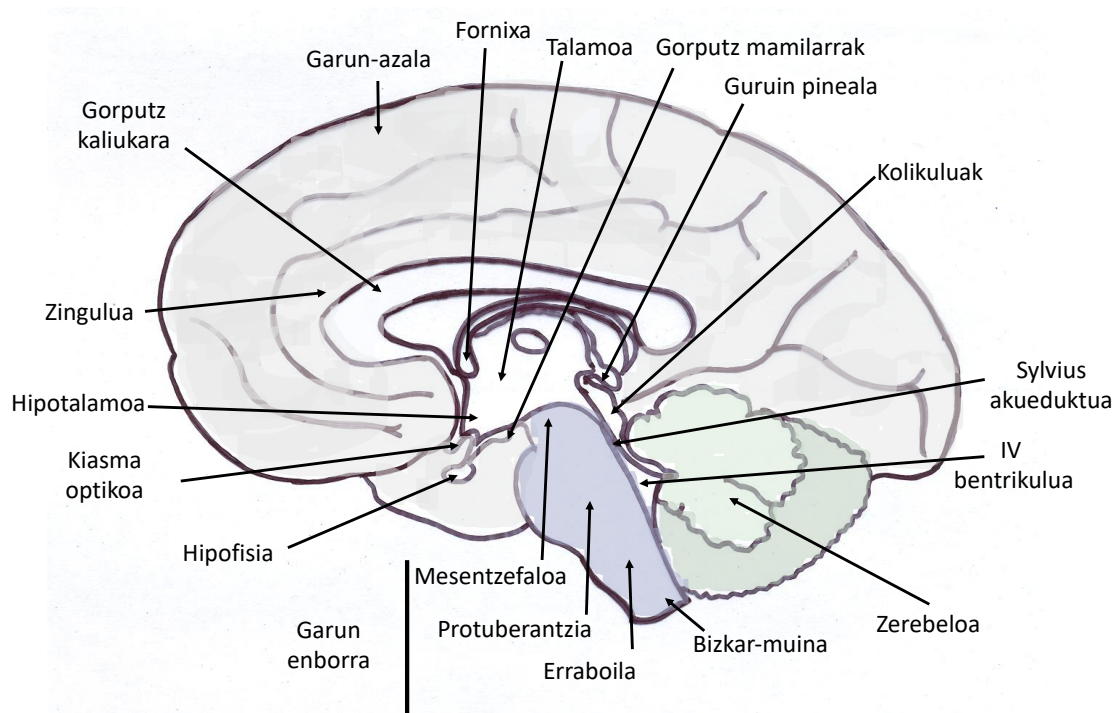


2. Irudia: Entzefaloaren garapenean sailkatzen dute. Egileen irudia.

Bestalde, NSZ hainbat gunetan banatzen da. Behetik gora hasita, bizkar-muina (orno-muina), eta bere gainean garun-enborra. Horretan erronbentzefaloa dugu, eta hori bitan banatzen da: mielentzefaloa (erraboila) eta metentzefaloa (zubia eta zerebeloa). Horien gainean mesentzefaloa dago, eta, guztiak batuta, garun-enborra osatzen dute. Garun-enborraren gainean prosentzefaloa dugu, eta hori bitan banatzen da. Dientzefaloa (talamoa, hipotalamoa...) garunaren erdialdean kokatzen da, eta, azkenik, telentzefaloa (garun-azala, sistema linbikoa eta gongoil basalak).

NSren ikasketa hasi aurretik, garrantzitsua da NS nondik behatzen ari garen jakitea. Horretarako, komenigarria da bista, ardatza eta ebaketak ezberdintzen jakitea.

Garuna bere osotasunean goitik ikusten dugunean, ikuspegi dorsala dugu, eta behetik ikustean, ikuspegi bentrala. Alde batetik, ikuspegi laterala edo albokoa (ezkerretik ala eskuinetik), eta erditik mediala. Bestalde, garuna ebakita dagoenean, hiru aukera daude. **Ebaketa horizontala**: garuna behetik ala goitik ikusiko dugu. **Ebaketa koronala**: garuna aurretik ala atzetik ikusiko genuke. **Ebaketa sagitala**: garuna ezkerretik ala eskuinetik ikusiko genuke (3. Irudia).



3. Irudia: Giza burmuin baten ebaki sagital ertain (medial) baten irudikapena. Egileen irudia.

Meningeak

NSZ osoa (entzefaloa eta bizkar-muina) hiru ehun konjuntibo erresistentez babestua dago. Ehun horiek *meninge* deitzen dira. Kanpoko geruza lodi eta gogorra ***duramatera***. Tartean ***araknoidea*** (armiarma itxurakoa), leuna eta porotsua. Entzefaloarekin eta bizkar-muinarekin estuki lotuta eta zirkunboluzio bakoitzari jarraituz, ***piamatera*** dago. Geruza horren barruan, entzefaloaren azaleko odol-hodi txikiak daude. Piamaterraren eta araknoidearen artean, espazio azpiaraknoideo izeneko tarte bat dago. Espazio hori likido zefalorrakideoz (LZR) beteta dago, eta odol-hodi handiak igarotzen dira bertatik.

Sistema bentrrikularra eta likido zefalorrakideoaren (LZR) ekoizpena

Entzefaloa oso biguna eta apurkorra da. Giza entzefalo baten pisu handiak ($1.500 \text{ g} \pm$), bere izaera delikatuarekin batera, kolpeetatik babestea behar du. Entzefaloak ezin du bere pisua jasan; oso zaila da gizaki baten entzefalo fresko bat lesionatu gabe ateratzea eta maneiatzea.

Zorionez, gizaki bizidun baten barruko entzefaloa ondo babestuta dago. Meningeen barruan dagoen likido zefalorrakideoan (LZR) flotatzen du. Likidoan erabat murgilduta dagoenez, bere pisua asko murrizten da, eta, beraz, entzefaloaren oinarriaren gaineko presioa aski jaisten da. Entzefaloa eta bizkar-muina inguratzen dituen LZRak buruaren mugimendu bortitzak sortuko lukeen NSZko talka murrizten du. Bestalde, tenperatura egonkorrago mantentzen dute, garraio kimikorako baliagarria da, metabolismoaren gai batzuk odolera kanporatzen dituzte, eta sistema immuneren babes-lanari ere lagunduko liokete.

Entzefaloak, LZRz betetako eta elkarri konektatutako kamera huts batzuk ditu. Kamera horiek espazio azpiaraknoideoarekin lotuta daude zulo txikien bidez (foramenak), baita bizkar-muinaren erdiko kanal estuaren bidez ere (ependimo zuloa).

Bentrikulu handiena **alboko bentrikuluak** dira, aurreko, atzeko eta beheko gorputzekin. Garuneko hemisferio bakoitzean alboko bentrikulu bat dago, ezkerrekoa eta eskuinekoa. Alboko bentrikuluak, Monro zuloaren bidez, **hirugarren bentrikuluarekin** lotuta daude. Hirugarren bentrikulua entzefaloaren erdialdean dago. Izpi nerbiosoz osaturiko zubi batek (erdiko masa) hirugarren bentrikuluaren erdialdea zeharkatzen du. **Sylvius-en akueduktuak** (edo garun-akueduktuak) hirugarren bentrikulua laugarren bentrikuluarekin lotzen du. Era berean, **laugarren bentrikuluak** bere behealdea bizkar-muinaren ependimo zuloarekin konektatzen du.

LZR plexu koroideotan (ependimozitoak) ekoizten da, zeina odol-plasmatik eratorria baita. LZR osatzen dute urak, proteina zati txikiak, disoluzioan dauden gasek (O_2 eta CO_2), ioiek (batez ere, sodioa, potasioa, kaltzioa, kloro, magnesioa), glukosak, leukozitoek (gehienak linfozitoak eta monozito batzuk) eta beste osagai organiko askok. LZR etengabe sortzen da; egunean 6-7 aldiz berritzen dela jotzen da. LZR etengabe ekoizteak hori kanporatzeko mekanismo baten beharra sortzen du. LZR alboko bentrikuluen plexu koroideoek sortzen dute, eta hirugarren bentrikuluaren barruko bentrikuluen arteko zulotik (Monro zuloa) igarotzen da. Ondoren, Sylvius-en akueduktuan zehar doa laugarren bentrikulurantz. Laugarren bentrikulutik Magendieren eta Luschkaren zuloetatik irteten da (erdian eta alboz kokatuak, hurrenez hurren), eta entzefaloa inguratzen duen tarte azpiaraknoideoan biltzen da. LZR guztia, orduan, NSZren inguruko tarte azpiaraknoideora doa, non, bikortadura edo granulazio araknoideoen bidez, benen bitartez odol-irrigaziorantz birxurgatzen baita.

Garuneko baskularizazioa

Entzefaloak bihotzaren odol-fluxuaren % 20 inguru jasotzen du, eta fluxu hori etengabe jasotzen du. Entzefaloak erreserba metaboliko txikia du, bere energia glukosatik lortzen du, eta horrek odol-ekarpen handi baten beharra eskatzen du. Garunak jandakoan lortutako kalorien 1/5

inguru erabiltzen du. Gorputzeko beste atal batzuek, beharren arabera, odol kantitate aldakorrek jasotzen dituzte, baina entzefaloak ezin du erregairik biltegitatu, eta ezin du O_2 gabeko energiarik atera, muskuluek egiten duten bezala. Garuneko odol-jariapena segundo batez eteteak oxigeno disolbatuaren kopuru handia kontsumitzen du; segundo gutxiko etenaldiak konortea galtzea eragin lezake, eta minutu gutxiren buruan kalte iraunkorra gerta liteke.

Gorputzeko odol-zirkulazioa arterietatik arterioletara eta arterioletatik kapilarretara bideratzen da. Aldi berean, kapilarrek benetan drainatzen dute; horiek odola bihotzera itzultzen dute, eta bertan prozesua berriz hasten da. Bi arteria multzo nagusik garunera jotzen dute: ornoetako arteriek entzefaloaren garun-enborrera eta garunaren atzeko aldera zuzentzen dute, eta barneko arteria karotidek (erdiko garun-arteria eta aurreko garun-arteria, non garuneko erdiko eta aurreko aldera baitaramate odola). Normalean, aurreko eta atzeko arterien arteko odol-nahasketa txikia izaten da; baita garunaren ezkerreko eta eskuineko aldean irrigazioaren kasuan ere. Hala ere, odol-hodi bat eteten bada, odol-fluxuak beste bide bat jarrai lezake, odol-hornidura ez galtzearen, eta, ondorioz, ehun entzefalikoa hondatzeko probabilitatea murriztuko litzateke. Fenomeno horri *anastomosi* edo *bide anastomosikoa* deitzen zaio.

Entzefaloko odola zain (bena) handietatik kanporatzen da, eta, arteria nagusien kasuan bezala, elkarri konektatuta daude, odola edozein norabidetan jariatzeko moduan, tokian tokiko garun barneko presioaren arabera.

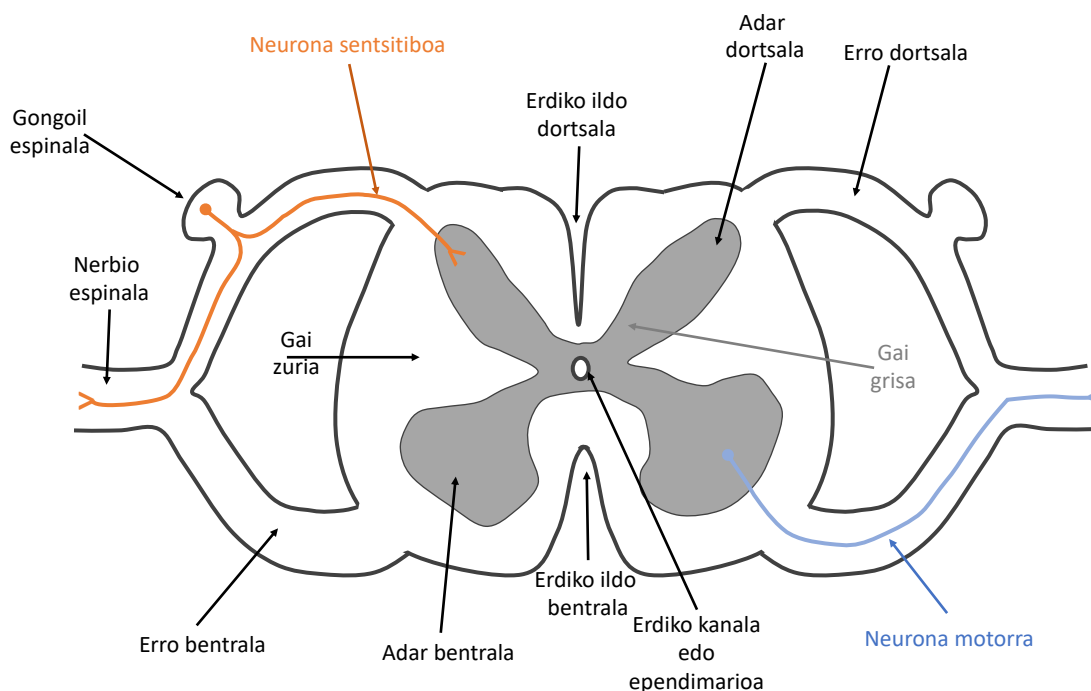
2. gaia. Bizkarrezur-muina. Bide sentsitiboak eta motorrak. Garun-enborra. Zerebeloa. Jokabidearen inplikazioa.

Kanpoko itxura orokorra

Bizkar-muina egitura luze eta zilindrikoa da, eta aurreko eta atzeko aldean apur bat lautua. Bere luzera osoan zehar ez du zabalera berdina; bi eremu zabalago ditu. Goiko aldean, lodigune zerbikala dago (orno zerbikalen parean), eta beheko aldean lodigune lunbarra (orno lunbarren parean). Bi lodiguneak goiko gorputz-adarren (zerbikalak) eta behekoen (lunbarrak) nerbio-sustraien sarrerei eta irteerei dagozkie. Bizkar-muina bizkarrezurraren barruan dago, eta hori baino motzagoa da. Pertsona helduengan bizkar-muina lehen orno lunbarraren altueran amaitzen da. Goialdean, bizkar-muinak bat egiten du erraboiarekin. Behealdean, amaiera-konoa dago, eta azpian nerbio lunbar eta sakroen *zaldi-buztan* deituriko zuntzez betetako gunea.

Bizkar-muina, ornoarteko zuloetatik bi aldeetara simetrikoki sartzen edo irteten diren nerbioen arabera, muin-segmentutan banatzen da. Guztira 31 muin-segmentu daude, bakoitza bere nerbio parearekin: zortzi pare zerbikal; hamabi pare toraziko; bost pare lunbar; bost pare sakro eta kokzix pare bat. Izen horiek dagozkien ornoetatik hartzen dira. Bestalde, meningeak eta LZRk bizkar-muina estaltzen eta inguratzen dute.

Ebaketa horizontal batean, muina bi zati simetrikotan (eskuinaldean eta ezkerrean) banatua dago ildo bentral eta dorsala bidez. Erdietako bakoitza aurreko, alboko eta atzeko kordioetan banatzen da, laterobentral eta laterodorsal muineko sustraien irteerarekin. Gainera, bizkar-muinaren sekzio horizontalak aukera ematen digu gai grisa (erdialdean) eta gai zuria (periferikoa) hautemateko. Bizkar-muinaren erdian, gutxi gorabehera, kanal endimarioa dago (4. Irudia).



4. Irudia: Bizkarrezur-muinaren ebaketa horizontalaren irudikapena. Egileen irudia.

Gai zuria

Bertan, hiru kordoi bereiz daitezke: aurrekoa, albokoa eta atzekoa. Aurreko eta alboko kordioak, batzuetan, ez daude argi eta garbi bereizita, eta bakar batean biltzen dira: aurre-alboko kordioan. Kordoi horiek goranzko, beheranzko eta muin-segmentu arteko axoien faszikuluak osatzen dituzte. Neurona horien bidez, muin-segmentu ezberdinen arteko interkonexioa egiten da, eta periferia eta goiko nerbio-zentroak lotzen dituzten faszikuluak igarotzen dira: batzuk goranzko bulkada sentzitiboen eramaileak izango dira, eta beste batzuk beheranzko motorrenak.

Bestalde, bizkar-muinaren bi aldetara eta apur bat atzean, bi gongoil daude. Gongoil horietan neurona sasiunipolar sentsozialen gorputz neuronalak daude. Neurona horien somatik neurita labur bakarra abiatzen da, bi neurita luze sortuz. Bata, periferiatik datorren neurita hartzaile sentsoziala, eta, bestea, gongoil dorsaletatik bizkar-muinera sartzen dena.

Gai grisa

Gai grisa zentrala da. H baten forma du, aurreko adar lodiekin eta atzeko adar zorrotzekin. Batez ere, neuronen gorputzez osatzen da. Neurona sentitiboak eta motorrak beren barnean nola banatzen diren nahiko ondo ezagutzen da, eta eskeman honela azal dezakegu:

Atzeko adarrean:

- **Buruan:** sentikortasun exterozeptiboa edo larruazalekoa (ukimena, tenperatura eta mina); informazioa larruazaletik jasotzen duten neuronak daude.
- **Lepoan:** sentikortasun propiozeptiboa; informazioa hezurretatik, artikulazioetatik eta muskuluetatik jasotzen duten neuronak daude.
- **Oinarrian:** sentikortasun biszerozeptiboa; informazioa erraietatik jasotzen duten neuronak daude.

Aurreko adarrean:

- **Buruan:** borondatezko mugimendua; muskulu eskeletikoetara eramaten duten neuronak daude.
- **Oinarrian:** nerbio-sistema autonomoa (NSA) osatzen duten neuronak, nahi gabeko mugimendua; muskulatura liso eta kardiakora eta hainbat guriinetara informazioa eramaten duten neuronak daude.

Erreflexua

Gure jokabidea, mugimenduen bidez, garunak kontrolatzen du; baina bizkar-muinak zenbait mugimendu edo erantzun azkarretan modu autonomoan esku hartzen du (erreflexuak). Arku erreflexua nerbio-jarduera integratuaren oinarritzko unitatea da, eta honako hauek ditu: (a) organo hartzaile bat, neurona aferente bat dena, (b) NSZren sinapsi integratzaile bat edo gehiago dituen (interneuronak), (c) neurona eferente bat (motorra), eta (e) organo eragile bat (muskulua).

Klasikoki bi erreflexu mota bereizten dira: sinapsi bakar batek parte hartzen duen erreflexuak, **erreflexu monosinapikoak**; eta sinapsi batek baino gehiagok parte hartzen dutenak, **erreflexu polisinaptikoak**. Sinapsi bakar batean parte hartzen duen erreflexu bakarra ezagutzen da; hori **luzatze-erreflexu monosinaptiko**, distentsio-erreflexu edo **miotatiko** bezala ere ezagutzen da. Kasu horretan, bulkada aferenteak hartzaileetatik (muskulu-ardatzetik) bizkar-muineko aurreko adarretara bideratzen dira, eta bukaera axoniko horiek sinapsia egiten dute muskulu bereko muskulu-zuntz estafusala inerbatzen duen alfa motoneuronarekin. Baina estimulu aferenteak muskulu antagonista motoneuronen inhibizioa ere eragiten du. Horrela, erreflexu sinpleenak ere muskulu agonistak eta antagonistak kontrolatzen dituzten neurona motorren koordinazioa eragiten du.

Muineko erreflexu gehienak zirkuitu **polisinaptikoek** erabiltzen dituzte, **minaren erantzunean** gertatzen den erreflexuaren antzera. Erreflexu horietan gorputz-adar bereko zenbait giharrek

hartzen dute parte, baina, aldi berean, baita kontrako gorputz luzakineko beste muskulu batzuek ere, jarrera eta oreka eraginkortasunez mantentzeko ahaleaginean. Horretarako, elkarri lotutako muin-segmentu batzuen lan bateratua behar da, eta horrek inplikaturako neuronen eta konexioen kopurua handitzea dakar.

Bizkar-muina iraganbide bezala

Bizkar-muinak, erreflexuak eragiteko ahalmenaz gain, periferiaren eta entzefaloaren arteko informazioa konektatzen laguntzen du. Aferentzia somatosensorialak garun-azalera iristen dira bizkar-muinetik pasatuz, axoi edo zuntz (traktu, faszikulu) sentsorialen bidez. Era berean, borondatezko mugimenduak garun-azalean izango du jatorria, eta haren aginduak bizkar-muinetik igaroko dira beheranzko motor-zuntz sorten bidez, ondoren inerbatutako muskuluak kontrolatzeko.

Goranzko bideak edo bide sentsitiboak

Larruazaleko hartzaileetatik datorren informazioa bizkarrezurreko nerbioetatik bizkar-muinetaraino doa. Muinean, informazio somestesiko ezberdina eramateaz arduratzen diren bi sistema daude. **Sistema espinotalamikoa** eta **dorsal-lemniskala**. Sistema espinotalamikoan (edo **sistema protopatiko** ere deitua), lehenengo neurona hartzaile periferikoa bera da (bere nukleoa gongoil dorsalean dago), erro dorsaletatik sartzen da, eta bigarren neurona batekin konektatzen du gune horretan. Bigarren neurona horren axoia kontrako aldera pasatzen da, eta bizkar-muinaren aurreko aldetik (aurreko espinotalamiko sorta) edo alboko aldetik (alboko espinotalamiko sorta) igotzen da, eta **talamoaren nukleo bentral postero-lateralera** iristen da (**NBPL talamoa**). Bertan, hirugarren neurona batekin sinapsia egiten du, eta horrek bere axoia lehen mailako garun-azal somestesikora bidaltzen du. Aurreko sorta espinotalamikoak informazio sentikor ez oso fina transmititzen du; hau da, aktibazio-atalase handiagoa eta espazio-bereizmen txikiagoa duten estimuluen berri ematen du. Bestalde, alboko sorta espinotalamikoak informazio termikoa eta minaren berri ematen du.

Sistema lemniskal dorsalak edo **epikritikoak** informazio sentikor fina darama, hau da: aktibazio-atalase txikiko estimuluen eta espazio-bereizmen handiko estimuluen berri ematen du. Halaber, informazio propiozeptiboa transmititzen du (gorputz posizioa, muskulu-tonua). Lehenengo neurona hartzaile periferikoa bera da; erro dorsaletatik sartzen da eta muinaren bizkarraldetik igotzen da, **zuntz mehea** (muin-segmentu sakroak, lunbarrak eta torazikoak) eta **zuntz kuneiformea** (muin-segmentu zerbikalak) eratuz, nukleo mehean edo kuneiformean, erraboilaren atzealdean, bigarren neurona batekin konektatu arte, hurrenez hurren. Bigarren neurona horren axoia kontrako aldera pasatzen da, eta garun-enborraren erdiko aldetik igotzen da, **lemnisko mediala** osatuz eta **talamoaren nukleo bentral postero-lateralaren** nukleora iritsiz. Bertan, hirugarren neurona batekin sinapsia egiten du, eta horrek bere axoia lehen mailako garun-azal somestesikora bidaltzen du.

Bestalde, sentikortasun interozeptibo edo erraietakoaren bideak oraindik ez dira oso ezagunak, baina badirudi muinaren gai grisaren bidez transmititzen direla.

Beheranzko bideak edo bide motorrak

Garun-azal motor primarioan borondatezko mugimendua kontrolatzen duten neuronak daude. Garunak gure helburuen arabera planifika ditzake mugimenduak, eta, ingurumen-ezaugarrien arabera, mugimenduak aldatu edo egokitu egin ditzake; horrela, muineko kontroletik harago duen egokitzapen-balioa lortuko du garunak, bizkar-muinaren laguntzarekin batera.

Zirkunboluzio prezentranean (garun-azal motor primarioa) gure gorputz-eskema osoaren irudikapen somatotopikoa aurki dezakegu; neurona horiek aktibatzeak gorputz gune jakin batzuk mugitzea eragiten du. Garun-azal motor primarioak mugimendua exekutatzen duen bitartean, garun-azal premotorrak (bere aurrean dagoen guneak) planifikatzen du jokabidea, eta hura gauzatzea agintzen dio garun-azal motorrari.

Garun-azal motor primarioaren neuronek mugimendua kontrolatzeko erabiltzen dituzten bideak bi zati handitan bana daitezke: garun-azaletik zuzenean jaisten diren bideak (**bide piramidala**) eta garun-enborretik jaisten diren bideak (**bide extrapiramidala**) (1. taula). Lehen mailako neurona garun-azalean dago, eta bigarren mailako neuronari edo interneuronari bidaltzen dio informazioa. Neurona muinaren aurreko adarrean dago, eta, azkenik, hirugarren mailako neuronari edo moto-neuronari bidaltzen dio informazioa, zeina lotura neuromuskularrera iritsiko baita.

Beheranzko bide motorrak		
Bide piramidala	Traktu kortikoespinala	Aurrekoa (zuzena) Laterala (gurutzatua)
	Traktu kortikobulbarra	
Bide extrapiramidala	Traktu errubroespinala	
	Traktu erretikuloespinala	Pontinoa (mediala) Bulbarra (lateral)
	Traktu vestibuloespinala	
	Traktu tektoespinala	

1. taula. Beheranzko bide motorrak edo eferenteak. Egileen taula.

Bide piramidala

Sistema honek borondatezko mugimenduen kontrolean esku hartzen du. Garun-azalean sortzen diren bide motor somatikoak traktu kortikoespinalak dira (albokoa eta bentrala); traktu bide zuzenak dira (ez dute erreleborik egiten enborrean).

a- Alboko zuntz kortikoespinala. Zuntz hauek garun-azal frontaletik eta parialetetik jaisten dira, eta dientzefalotik, mesentzefalotik, protuberantziatik (hemen banandu egiten dira), erraboiletetik (hemen piramideak osatuz elkartzen dira), eta kontrako bizkar-muinera iritsi aurretik dekusatu egiten dira. Zuntz hauei esker, nahita has daitezke gorputz-adarrak mugitzen (besaurreak, hanken, eskuen eta oinen behealdea), eta, objektuak manipulatzeko, hatzetako muskuluen mugimendu finak, zehatzak eta borondatezkoak kontrola daitezke.

b- Zuntz kortikoespinal bentrala. Alboko traktu kortikoespinalaren jatorri eta ibilbide berarekin, traktu kortikoespinal bentraleko zuntzak ez dira gurutzatzen piramideen dekusazioan. Gainera, bere axoiek sinapsi bilateralak ezartzen dituzte bizkar-muinean; horrela, bide ipsilateral eta kontralateral osatzen dute. Zuntz hauek lepoaren, enborraren eta gorputz-adarretatik hurbil dauden muskuluen giharrak kontrolatzen dituzte, gorputzaren jarrera-kontrolean esku hartuz.

Bide extrapiramidala

Sistema honek batez ere gorputz-jarrera kontrolatzen du. Zuntzak entzefalotik muinera jaisten dira, eta alboko konexioak bidaliko dituzte zerebelora, gongoil basaletara, formazio sarekarara, nukleo gorria, kolikulueta eta talamora. Zeharkako bidea da, beraz.

a- Traktu tektoespinala. Mesentzefaloaren sabaian dauden goiko kolikuluetatik, zuntzak bizkar-muinera jaitsi egiten dira; horrela, ikusmen-estimuluen aurrean buruaren orientazio mugimenduen koordinazioa ahalbidetzen da.

b- Traktu errubroespinala. Zuntzak nukleo gorrian jaio eta jaisten dira (mesentzefaloaren tegmentuan), eta azkenean muinera iristen dira traktu errubroespinaletik. Zuntz hauen bidez, gorputz-adarretako mugimendu independenteak kontrolatzen dira, hala nola besaburukoak, ukondokoak edo eskuetakoak (ez atzamarretakoak). Muskulu-talde flexoreen tonuaren kontrolarekin lotzen den sistema da.

c- Traktu vestibuloespinalak. Barruko belarritik eta zerebelotik, zuntzak nukleo vestibularretaraino jaisten dira (erraboilean eta protuberantzia kokatuak). Gero, muinaren aurreko adarretaraino iristen dira. Zuntz hauek posizio tentea kontrolatzeko eta burua gorputzaren bertikalean mantentzen laguntzen dute. Muskulu-tonu extensorearen erraztasunarekin lotu den sistema da.

d- Traktu eretikuloespinalak. Garun-azal motorretik, zuntzak formazio sarekarara jaisten dira, eta hemendik bizkar-muinera (traktu eretikuloespinala). Zuntz hauen bidez, grabitatearen aurka gorputzaren jarrera tente mantentzen eta gorputza mugitzeko prestatzen laguntzen du.

Azkenik, erraietako zuntz motorrak gutxi definitutako bideak dira. Amigdalari, hipotalamoari eta formazio sarekari sortzen dira, eta zuntz erretikuloespinalekin batera jaisten dira. Hauek garun-enborrean deusatu dira, eta, gero, sinapsia egingo dute bizkar-muinaren alboko adarretan erraiak inbatuko dituzten neuronekin.

Garun-enborra

Garunaren eta bizkar-muinaren artean kokatzen da. Hiru gune nagusi bereizten dira: Behealdean, *erraboila* edo mielentzefaloa. Erdialdean, *protuberantzia* edo Varolioko zubia; *zerebelo*arekin batera, metentzefaloa osatzen du. Azkenik, goialdean *mesentzefaloa* dugu.

Bizkar-muineko gaiari aipatutako goranzko eta beheranzko nerbio-zuntz (faskikulu) guztiak garun-enborrean zehar pasatzen dira. Bestalde, garun-enborra nukleo eta nerbio propioen sorburua bada ere bai.

Gai grisari dagokionez, ez du bizkar-muinean bezala erdialdean dagoen gai gris peripendimariorik (mesentzefaloan garun-akueduktu inguruko zona gris txiki bat izan ezik), baizik eta bere nukleoak hainbat gunetan ager daitezke.

Erraboila

Kono itxura du, eta bere oinarria estuagoa da; bizkar-muinarekin muga egiten du. Aurrealdean, erraboilaren piramideak beha daitezke. Piramideen behealdean, zuntz kortikoespinal gehienak gurutzatu egiten dira, eta alboko zuntz kortikoespinala osatzen dute (zuntzen %15-20k zuntz zuzena osatzen dute). Erraboilaren piramideen bi aldeetara olibak beha daitezke.

Erraboilaren atzealdean, talamorantz igotzen diren zuntz sentsitiboak gurutzaketa gertatzen da. Zuntz meheak eta zuntz kuneiformeak izen bereko nukleoetan sinapsia egiten dute, eta 2. neurona kontralateralki gorantz doa lemnisko mediala zuntzetik.

Bestalde, garezurreko 12 nerbio pareetatik, erraboilan, seik hemen dute beren jatorria: VII: aurpegiko nerbioa, VIII: bestibulokoklearra edo estetoakustikoa, IX: glosofaringea, X: nagia edo neumogastikoa, XI: akzesorio espinala eta XII: hipoglosa.

Protuberantzia

Zubia mesentzefaloaren eta erraboilaren artean eta zerebeloaren aurrean kokatzen da. Aurreko aldean, zubia handia da. Atzeko alboko aldeak zerebeloaren pedunkuluak sortzen ditu (zerebeloa eta zubia lotzen ditu). Atzeko erdiko aldeak, zerebeloarekin batera, garuneko IV. bentrikulua osatzen du. Zubia gorantz eta beherantz igarotzen diren zuntzez osatuta dago. Bertan, sorburua duten nukleoak ere osatzen dute; horien artean aipa daitezke nukleo bestibularrak edo V. nerbio kranealaren nukleoak, Trigeminoak, alegia.

Mesentzefaloa

Garunaren eta zubiaren artean kokatzen da. Hiru gunen nagusi ditu: pedunkuluaren oinarria, tegmentua eta tectuma.

1. **Pedunkuluaren oinarria.** Egitura multzo hau mesentzefaloaren aurrealdean dago. Garuneko pedunkuluak (kortex motorra bizkar-muinarekin lotzen duenak) eta «gai beltza» bezala ezagutzen den neuronen gunen bat barne hartzen ditu, zeinen lesioa Parkinson-en gaixotasunean inplikaturik baitago.
2. **Tegmentua.** Mesentzefaloaren erdialdean kokatzen da, eta III. eta IV. bentrikuluak lotzen dituen garun-akueduktua dago. Akueduktu inguruko gai grisaren inguruan, begi-mugimenduan inplikaturiko pare kranealak daude (III: okulomotorra eta IV: patetiko edo troklearra). Tegmentuaren zati handi bat kontrol motorrerako garrantzitsuak diren bi nukleo osatzen dute: nukleo gorriak eta gai beltzak.
3. **Tectuma.** Tectumak lau nukleo ditu; horietako bik goiko kolikuluak (edo tuberkulu kuadrigeminoak) osatzen dituzte (begi-mugimenduen koordinazioan inplikatuak) eta beste biek beheko kolikuluak osatzen dituzte (hautemandako soinuekiko mugimenduen koordinazioa). Biek parte hartzen dute burua eta begiak ikusmen- eta entzumen-estimuluen iturrietara orientatzeak eragiten duen erreflexu-sisteman.

Formazio sarekara

Garun-enborrean zehar eta dientzefaloraino hedatzen den sare neural bat da. Formazio sarekararen muga anatomikoak zehaztea ez da erraza, hori osatzen duten neuronak nukleo txiki ugari bilduta daudelako (errafe-nukleoak, serotoninergikoak eta locus coeruleus-arenak, noradrenergiakoak), eta zuntzek, nukleoekin batera, sare-itxura ematen diotelako. Garun-enborraren formazio sarekararen eginkizun funtzionala integratzailea da. Alegia, gunen horretan bat egiten eta elkarreragiten dute modalitate sentsorial guztietako bulkadek. Baita garuneko hainbat gunetatik eta zerebelo aldetik datozen iturriek ere. Formazio sarekara gai da estimulu-iturri horien jardura neuronala aldatzeko eta neurona askoren kitzikagarritasuna ezabatu edo handitzeko. Bestalde, informazio neuralaren transmisioa erraztu, inhibitu edo alda dezake. Jokabide-adierazpenen eskala osoan esku hartzen du, lo-esna egoeran eraginez, alerta-egoera baten aurrean egon daitekeen aktibazio-mailan lagunduz, ala lo-egoeran egon daitekeen inaktibazio-mailan lagunduz. Lesio entzefalikoko baten ondorengo koma-egoera iraunkorra formazio sarekaren izandako kalte baten ondorio izan daiteke.

Garun-enborraren funtzioak

- 1- Goranzko (aferentzia sentsorialak) eta beheanzko (eferentzia motorrak) bide handiak igarotzeko lekua da.
- 2- Zerebeloarekin konektaturik dagoenez, zerebeloaren funtzioetan parte hartzen du mugimenduen koordinazioan.

- 3- Burutik banatuko diren nerbioen sorlekua da, eta horregatik deitzen zaie nerbio kranialak. Nukleoek eta haien nerbioek bizi-funtzioen kontrolean parte hartzen dute, hala nola: arnasketa, funtzio kardiobaskularra, presio arteriala, funtzio gastrointestinala, begi-mugimenduak, aurpegiko mimika, mastekatzeta eta irensketa, gorputzaren sostengua kontrolatzen du grabitatearen aurkako borrokan eta gorputzaren mugimendu estereotipatu berezietan.
- 4- Formazio sarekarari esker, lo-esna egoeretan parte hartzen du. Lo fase ezberdinetan eta esnaldian zehar egon daitezkeen aktibazio-maila ezberdinetan parte hartzen du (alerta-egoera, kontzentrazioa, lasaitasun-egoera...).

Zerebeloa

Zerebeloa garun-enborraren atzealdean dago. Zerebeloaren pedunkuluen bidez garun-enborrera eta NSko beste eremu batzuetara konektatzen da. Zerebeloak hiru pedunkulu ditu alde bakoitzean (goikoa, erdikoa eta behekoa). Zerebeloaren pedunkuluen eta garun-enborraren artean geratzen den barrualdeak garuneko IV. bentrikulua osatzen du.

Zerebeloaren kanpoko aldea ildo beteta dago. Bere masa osoaren % 15 inguru besterik ez da ikusten, eta, aldiz, bere masaren % 85 ildoan azpian ezkutatzen dela jotzen da. Zerebeloaren kanpoaldea, garun-azala bezala, gai grisez osatuta dago. Horren azpian gai zuria dago, eta bere sakontasunean zerebeloaren nukleoak (fastigiatura, globosoa, enboliformea eta horzduna).

Zerebeloa oso konektatuta dago, eta garuneko gune anitzetatik hainbat aferentzia jasotzen ditu. Aferentzia nagusiak garun-azal motorretik, gongoil basaletatik, sistema vestibularretik, garun-enborraren nukleoetatik eta bizkar-muinetik datozkio.

Zerebeloaren eferentzia nagusiak talamorantz doaz, eta, hortik, informazioa bidaltzen du garun-azal motorrera, gongoil basaletara eta garun-enborraren nukleoetara ere.

Zerebeloaren funtzio nagusia koordinazio motorra da. Alde batetik, «muskuluen zentzua» (propiozepzioa) atzematen du, eta, horri esker, espazioan gorputzeko atalen posizioa ezagutzen dugu ikusmenaren laguntzarik gabe. Mugimendua hasi ondoren, organismoaren zati mugikor guztien etorkizuneko posizioak iragartzen laguntzen du. Muskuluen uzkurdurek eragindako mugimenduetan, ekintza leungarria eragiten du. Mugimenduak hasten edo geldiarazten, eta mugimendu batetik bestera segida ordenatuan igarotzen parte hartzen du.

Laburbilduz, zerebeloak garun-azal motorrak agintzen dituen mugimenduak eta gorputzetik datozkion unean uneko muskuluen posizio, abiadura eta tonuarekin konparatzen ditu. Akatsik izanez gero, zuzentzeko beharrezkoak diren doikuntzak egingo ditu. Garunak agindu motor orokorra ematen duen bitartean, zerebeloak mugimenduaren xehetasun finak eragingo ditu, mugimendua eta gorputz posizioa egokiak izan daitezen.

Zerebeloaren eraginak bere gain hartzen ditu motrizitatearen eremu guztiak: muskulu-tonua, estatika, oreka, jarrera, ikasitako mugimenduak, eta, berriki, ikaskuntza- eta oroimen-prozesuetan esku hartzen duela pentsatzen da.

3. gaia. Dientzefaloo. Epitalamoo, azpitalamoo, talamoo eta hipotalamoo. Lotura funtzionalak eta portaera-kontsiderazioak.

Dientzefaloo garuneko hemisferioen artean, entzefaloaren erdian (hirugarren bentrikuluaren inguruan) eta garun-enborraren gainean kokatzen da. Lau egiturek osatzen dute: epitalamoo, azpitalamoo, talamoo eta hipotalamoo.

Epitalamoo dientzefaloaren goiko aldean, talamoaren gainean eta erdialdean kokatzen da. Epitalamoaren gune nagusia epifisiak edo guruin pinealak osatzen du; horrek melatonina hormona jariatzen du. Hormona hori neuroendokrinologiari dagokion atalean aztertuko da (3. irudia).

Azpitalamoo talamoaren azpian, mesentzefaloaren gainean eta hipotalamoaren atzealdean kokatzen da. Sistema motor estrapiramidalarekin lotua dago (gongoil basalen sistemaren parte da, eta bere lesioak kontrolik gabeko mugimendu azkarrak eta astindu bortitzak eragiten ditu).

Talamoo azpitalamoaren eta hipotalamoaren gainean kokatzen da (3. eta 5. irudiak). Egitura dientzefalikorik handiena da. Bi lobulu ditu, bakoitza garun hemisferioen alde batera. Hirugarren bentrikuluaren hormak osatzen ditu, eta erditik zeharkatzen ditu axoi-zuntz baten bitartez (erdiko masa edo atxikidura intertalamikoa deritzona); horrek talamoko bi lobuluak konektatzen ditu. Bestalde, nukleo ugari ditu. Zentzumen guztietatik bideratzen den informazioa zuzenean jaso (usaimen zentzumena izan ezik) eta prozesatzen du, gero garun-azal sentsoialera bidaltzeko.

Hipotalamoo garunaren oinarrian, talamoaren azpian eta aurrean, eta hirugarren bentrikuluaren beheko zatian bi aldeetan kokatzen da (3. eta 5. irudiak). Nukleo ugari ditu. Hipotalamooak bizkar-muinetik eta garun-enborretik informazio autonomoa (erraietatik) jasotzen du. Baita, odol-zirkulazioaren bidez, sistema endokrinotik ere. Bi sistema horien bitartez (autonomoa eta endokrinoa), organismoaren unean uneko barne-egoeraren berri jaso lezake.

Hipotalamoaren bide eferente nagusiak hipofisira (sistema endokrinoaren kontrolerako), garun-enborrera eta muinera (nerbio-sistema autonomoaren kontrolerako) zuzentzen dira. Eferentzia horien bidez, organismoaren homeostasia mantentzen parte hartzen du (gorputzeko tenperaturaren kontrola, ur kantitatearen / egarriaren kontrola, gastu kalorikoaren / gosearen kontrola, erritmo biologikoen kontrola...).

Sistema efektoreen koordinazioan funtsezko zentroa da, eta motibazioan eta emozioetan parte hartzen duela esan daiteke.

4. gaia. Gune azpikortikala. Gongoil basalak. Gorputz kailukara, fornixa eta gai zuria. Sistema linbikoa. Jokabide-kontsiderazioak.

Telentzefaloa

Telentzefaloak, dientzefaloarekin batera, prosentzefaloa osatzen du. Telentzefaloa garuneko hemisferioek osatzen dute. Kanpoko aldea, zabala dena, garun-azalak (kortexak) osatzen du. Azal horren azpian azpikortexa dago, gai zuriz eta nukleo azpikortikalez osatua.

Azpikortexa

Azpikortexaren zati bat alboetako bentrikuluek osatzen dute, eta, horien inguruan, nukleo azpikortikalak daude (nukleo kaudatua, putamena, globo zurizta, amigdala eta klaustroa). Alboko bentrikuluen eta nukleo azpikortikalen artean gai zuria dago.

Gai zuria: konexioak

Gai zuriak garun-azala garun-enborrarekin eta bizkar-muinarekin konektatuko ditu, goranzko eta beheranzko nerbio-zuntzak osatuz (proiekzio-zuntzak).

Gai zuriak kortexaren alde bereko hainbat eremu (konexio intrahemisferikoak) eta bi aldeen artekoak (interhemisferikoak) ere konektatzen ditu:

A) **Proiekzio-zuntzak.** Gai zuriak, kortexaren azpian, «koroa erradiala» osatzen du. Goialdean zabala da, eta nukleo azpikortikalen artean estutzen da barne-kapsula osatuz.

Barne-kapsula. Kortexa garun-enborra eta bizkar-muina lotzen dituzten goranzko eta beheranzko proiekzio-zuntzez osatuta dago. Gorputz kaudatuaren, talamoaren (horiek barnealdetik), putamenaren eta globo zuriztaren kanpoaldetik mugatua dago.

B) **Konexio intrahemisferikoak:** hemisferio bereko garun-eremuak lotzen dituzten konexioak dira.

Muturreko kapsula eta kanpoko kapsula. Klaustroaren kanpoko aldean (muturreko kapsula) eta barruko aldean (kanpoko kapsula) kokatzen dira. Hemisferio bereko asoziazio-zuntzez soilik daude osatuta.

C) **Komisura interhemisferikoak:** hemisferio bat beste batekin lotzen duten zuntzak dira; honako hauek, hain zuzen:

Gorputz kailukara. Garunaren erdialdean lamina zabal baten itxura du. Aurre eta behealdean aurreko komisura zuriarekin abiatzen da. Aurre eta goialdean, *belaun* deiturikoan, zabala da. Atzealdean, *esplenio* deiturikoan, berriz zabaldu egiten da.

Fornixa (edo trigonoa) gorputz kailukararen azpian kokatzen da. Bien artean *septu peluzido* izeneko lamina sagital bat azaltzen da. Aurretik, nukleo mamlarrekin lotzen diren bi zuntz ditu. Atzetik, bere bi zuntzak hemisferio bakoitzeko hipokanpora (barneko polo tenporalera) konektatzen dira.

Aurreko komisura zuria. Polo tenporalak konektatzen dituzten zuntzak dira.

Nukleo azpikortikalak: gongoil basalak

Gongoil basalak honako egitura hauez osatuta daude: gorputz ildaskatua (nukleo kaudatua, putamena eta globo zurizta) azpitalamoa (dientzefaloan) eta gai beltza (mesentzefaloan).

Nukleo kaudatua kanpoen gelditzen den nukleoa da. Ferra-itxura du (bere azalera ganbilak alboko bentrikuluko hormak osatzen ditu), eta **putamena** inguratzen du. Bestalde, **globo zurizta** putamenaren eta talamoaren artean kokatzen da.

Gongoil basalen aferentzia nagusiak talamotik eta garun-azaletik (kortex sentsoialetik eta, batez ere, kortex motorretik) datoz. Eferentzia nagusiak talamora (eta talamotik gehienak garun-azal motorrera), hipotalamora, azpitalamora eta gai beltzera doaz.

Gongoil basalek garun-azal motorrak funtzionamendu motor egokia izan dezan laguntzen dute. Dirudenez, borondatezko mugimendu motorrarekin batera doazen mugimendu automatikoak planifikatu eta kontrolatzen dituzte.

Ebidentzia klinikoak erakusten digu gune honen kalte neurologikoak zenbait patologiarekin zerikusia duela (Parkinson-en gaixotasuna, Huntington-en gaixotasuna edo balismoa, adibidez). Patologia horietan hainbat arazo psikomotor azal daitezke: azinesiak, diszinesiak, muskulu-dardarak, hipertonia, muskulu-astinduak, borondatezko eta nahi gabeko kontrol motorraren galera.

Bestalde, badirudi gongoil basalek ere garrantzia dutela arreta, ikaskuntza, oroimena eta jokabide emozionaleko prozesuetan.

Sistema linbikoa

Anatomikoki, garuneko hemisferio bakoitzaren barne-aurpegian, eraztun baten itxura du. Hainbat egitura edo nukleo telentzefalikoz, dientzefalikoz eta horien konexioz osatuta dago. Hauek dira: zingulua, eremu hipokanpala (hipokanpoa eta hipokanpoaren zirkunboluzioa), azal-entorrinala, amigdala, septua, accumbens nukleoa, hipotalamoa eta aurreko talamoa.

Zingulua garuneko hemisferioen erdialdeko zatian dago, gorputz kailukararen inguruan.

Hipokanpoa polo tenporalen barnealdean kokatzen da (5. irudia). Hipokanpoaren mutur batek bat egiten du amigdalarekin. Bestalde, bere ertzean hipokanpoaren zirkunboluzioarekin fusionatzen da (lobulu tenporalaren barnealdean).

Unkusak eta bosgarren zirkunboluzio tenporalaren alboko zati osoak osatzen dute **kortex entorrinala**.

Amigdala nukleo multzo bat da; hipokanpoaren aurrean, lobulu tenporaletako polo bakoitzaren barruan kokatzen da. Bere lesioak animalia edo pazienteak larriki ukitu dezake. Paziente edo animalia horien emozio-erreakzioak eta jokabideak erabat eraldatzen dira. Arriskua izan dezaketen elementuen aurrean ez dute beldurrik edo emoziorik azaltzen, ez ihes egiten edo ekiditen.

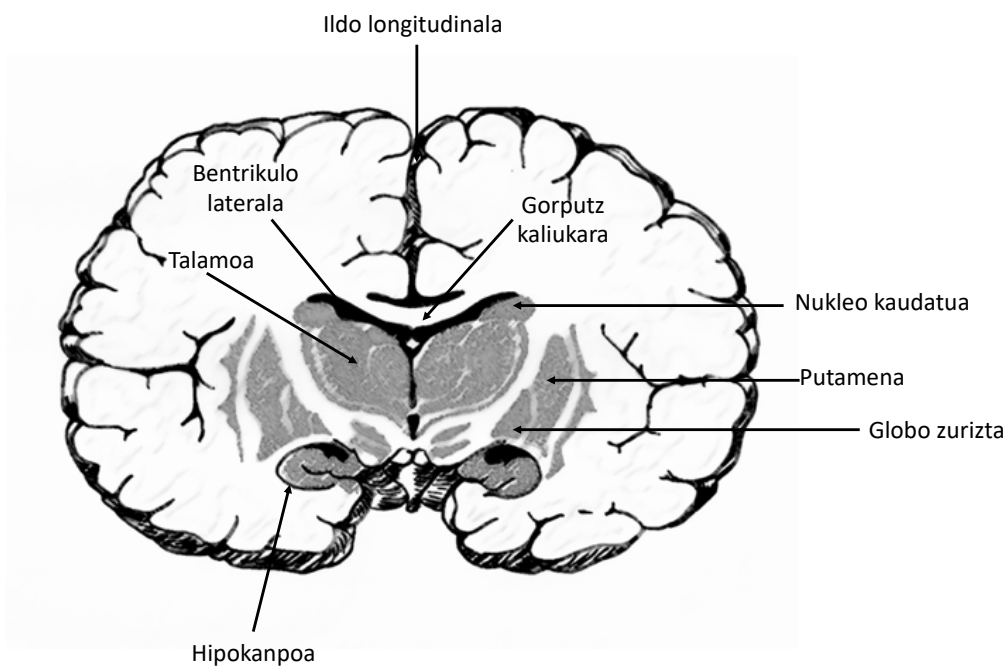
Septua (edo gunea septala) lobulu frontalean, gorputz kailukararen azpian eta lamina terminalaren aurrean dagoen nukleo multzo bat da.

Accumbens nukleoa gorputz ildaskatuaren (nukleo kaudatua eta putamena) aurrealdean dagoen nukleo bat da. Hipotalamoa (**nukleo mamilarrak**) eta **aurreko talamoa** ere sistema linbikoko osagai dira; nukleo horiek aurreko atal batean azaldu ziren.

Sistema linbikoak konplexutasun handiko konexio ugari ditu. Konexio garrantzitsuenetako bat gunea entorrinala eta gunea hipokanpala sistema linbikoaren beste eremu batzuekin lotzen dituen da. Hipokanpoaldetik, **fornix**aren bidez, konexioak nukleo mamilarretara (hipotalamoa) eta septura iristen dira. Gorputz mamilarrekin, **zuntz mailotalamiko**aren bidez, aurreko talamoarekin konektatzen dute. Aurreko talamotik zingulura iristen diren zuntzak proiektatzen dira.

Sistema linbikoan egitura guztiek dute garrantzia, baina premiazko egituren artean **hipokanpoa** aipa daiteke. Hipokanpoaren lesioak pazienteak oroimen gabezia larriekin uzten du. Paziente horiek ezin dute gertatu berri diren pasarterik eta informazio oroi; minutu gutxian informazio berri hori desagertu egiten da, eta **aurreaneko amnesia** garatzen dute.

Bestalde, ikerketa ugari sistema linbikoari funtzio ezberdinak egozten dizkiote. Hauek nabarmendu daitezke: ikaskuntza eta oroimena, motibazioa (elikadura-jokabidea, jokabide sexuala, oldarkortasuna, adikzioa...), erreakzio emozionalak (haserrea, beldurra, poza, tristura). Funtzio horiek gizabanakoaren eta bere espeziearen biziraupenerako hain garrantzitsuak diren jokabideetan parte hartzen dute.



5. Irudia: Garunaren ebaketa koronalaren irudikapena. Egileen irudia.

5. gaia. Garun-azala. Azterketa histologikoa. Lobulu zerebralak. Arlo funtzionalak. Albokotasuna eta nagusitasun hemisferikoa. Konexio inter eta intrahemisferikoak. Goi-mailako integrazioak.

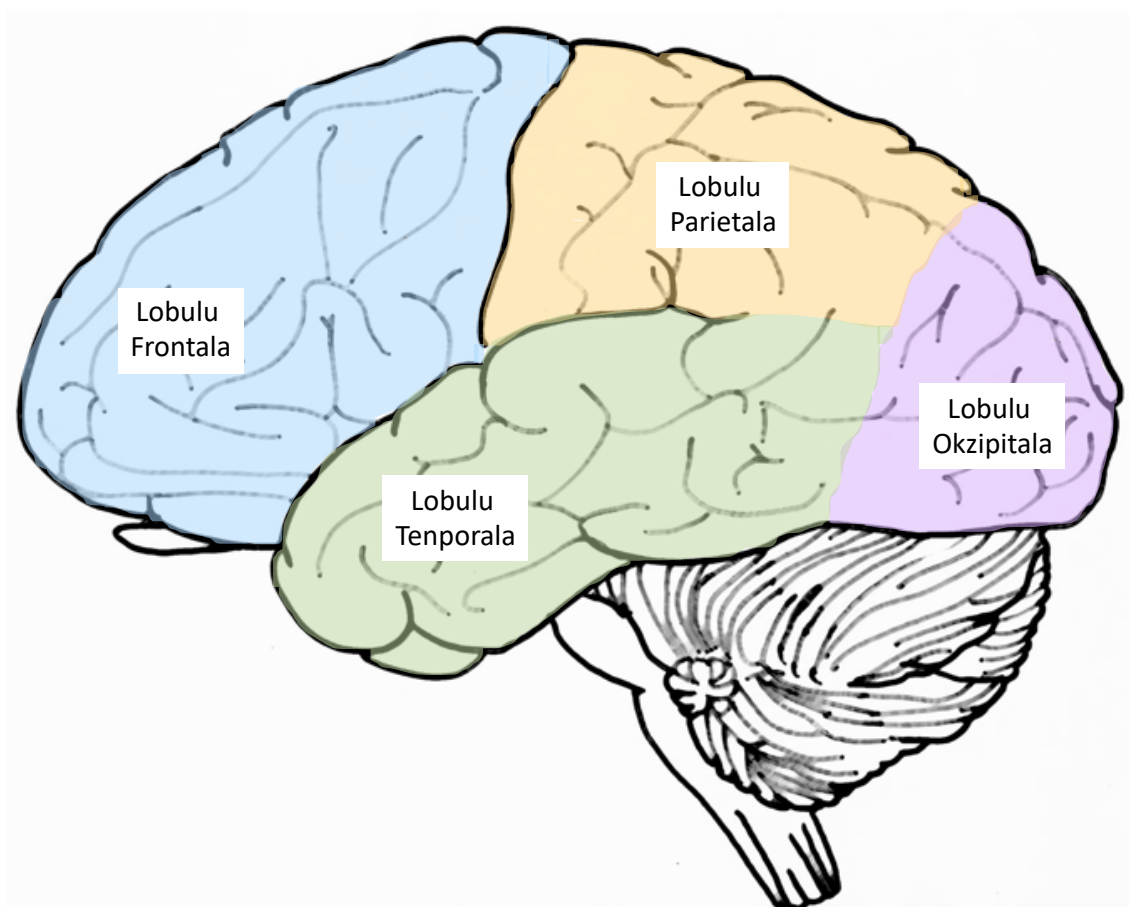
Garun-azala

Garuneko hemisferioen kanpoaldea estaltzen duen eta 1,5 eta 5 mm arteko lodiera duen geruza zelularra da (gai grisez osatua). Garun-azalaren heren bat ikusgai dagoela eta gainerako bi herenak garun-ildo ugarien azpian ezkutatuta geratzen direla balioesten da. Alde ganbilei zirkunboluzioak (edo giroak) deitzen zaie, eta eremu ahurrei ildoak. Ikuspuntu filogenetikoko batetik, garapen handiena eta espezieen eboluzioan geroago gertatu den garun-eremua da. Ikuspegi ontogenikoko batetik, garapen handiena jasaten duen eta geroago garatzen dugun garun-eremua da.

Garun-azala zelula-geruza ezberdinez osatuta dago. Geruza kopuruaren arabera, izen bat hartzen du: neokortexa, paleokortexa edo arkikortexa. Neokortexak gai gris kortikalaren % 90-95 osatzen du, eta sei zelula-geruzaz osatuta dago. Paleokortexak lau-bost zelula-geruza eta arkikortexak hiru-lau zelula-geruza ditu. Izenak kortexaren garapen filogenetikoari erreferentzia egiten dio. Paleokortexa usaimen-sistemearekin lotuta dago, eta arkikortexa oroimen- eta emozio-sistemeekin. Bi kortexei alokortexa esaten zaie, eta aurreko atal batean aztertutako sistema linbikoaren zati dira. Hauek dira kanpoaldetik barrualdera doazen neokortexaren

geruzak: I- molekularra, II- kanpoko granularra, III- kanpoko piramidala, IV- barneko granularra, V- barneko piramidala eta VI- polimorfikoa.

Bi hemisferioak garun ildo longitudinalak banatzen ditu. Hemisferio bakoitza lobulu ezberdinez osatuta dago. Kanpoaldean **lobulu frontala**, **parietala**, **tenporala** eta **okzipitala** ditugu (6. irudia). Lobulu horiek ildo edo zisura ezberdinez mugatuta daude. Erdiko ildoan edo Rolandoren ildoan, lobulu frontala lobulu parietaletik bereizten da. Sylvius-en alboko zisurak lobulu tenporala lobulu frontal eta parietaletik banatzen du. Ildo parieto-okzipitalak lobulu parietala eta okzipitala bereizten ditu.



6. Irudia: Garunaren irudikapena. Egileen irudia.

Ezkutuan beste bi lobulu daude. **Lobulu linbikoa** kortexaren erdialdean dago. Eratzun forma du; goialdea gorputz kailukararen gainean dago, eta behealdea lobulu tenporalaren barnealdean. Sylvius-en zisuraren barnealdean, **insula** izeneko beste lobulu bat dago.

Garuneko funtzioak sentzorialak, motorrak eta asoziatiboak izan daitezke. Funtzioak sailkatzeko beste modu bat litzateke garun-azal primarioa, sekundarioa (unimodala) eta tertziarioa edo asoziatiboa (polimodala).

Eremu primarioak eremu sentsorialak eta motorrak dira. Eremu sentsorialen kasuan, modalitate sentsorialen adina daude: ikusmena, entzumena, usaimena, dastamena eta somestesia (ukimena, propiozepzioa, tenperatura, mina). Informazio sentsoriala errelebo sinaptikoen bidez iristen da eremu horietara zentzumen-organoetatik. Ikusten, entzuten... hasia posible egiten duten garun-eremuak dira.

Kortex motor primarioa gure gorputzaren mugimenduak gauzatzeaz arduratzen den gunea da. Gune sekundarioak (edo unimodalak) lehen mailakoen inguruan edo ondoan daude. Gune primarioetan jasotako informazio sentsoriala aberastu eta gehiago lantzen da. Kortex motorraren kasuan, bigarren mailako eremua lehen mailakoaren ondoan dago, eta kortex premotorra eta ordezkoko kortex motorra deitzen zaie. Gune horien funtzioa patroiz motor zehatzak ikastea litzateke. Era berean, ikasitako patroiz motorrak gune motor primarioari komunikatzen dizkiote, horrek mugimenduak era egokian exekuta ditzan.

Gune tertziarioetan (asoziatibo edo polimodaletan), eremu sentsorial eta motorretatik datorren informazioa elkartzen da.

Asoziazio polimodaleko hiru gune daude: kortex linbikoa, kortex parieto-tenporo-okzipitala eta kortex prefrontala. Kortex linbikoa aurreko atal batean aipatu dugun sistemaren zati bat da. Kortex parieto-tenporo-okzipitalaren kasuan, bere funtzioa hobeto ulertzearen, jar dezagun adibide bat: *sagar* izena entzuten dugunean, gure garuna gai da pentsamendura ekartzeko sagarraren kolorea, tamaina, forma, usaina, ehundura, zaporea, bere izena beste hizkuntzetan.... Izen baten soinua, ikasitako eta elkarri lotutako zentzumen-esperientzia askori lotuta dagoelako, irudimenean edo gogamenean erabil dezakegu. Beraz, pentsamendurako eta hizkuntzarako garungune garrantzitsua da. Gune prefrontalaren kasuan, kortex premotorraren eta ordezkoko motorraren aurrean kokatzen da. Garungune hori funtsezkoa da gure etorkizuna (edo beste pertsona, animalia eta ondasun material batzuen) planifikatzeko, gure jokabidea planifikatzeko, helburuak zehazteko, egokitze eta arau sozialak era egokian kudeatzeko.

Lobuluak kontuan hartuta, ikus ditzagun kortexaren gune funtzionalak.

a) Lobulu frontalean, zirkunboluzio prezentranean, **kortex motor primarioa** aurkituko dugu. Gune hori borondatezko mugimenduak egiteaz arduratzen da. Hemisferio bakoitzak gure gorputzaren kontrako erdialdea kontrolatzen du. **Kortex premotorra** eta **ordezkoko motorra** elkarren ondoan eta lehen mailako garun-azal motorraren aurrean geratzen dira. Patroiz motor zehatzak ikasten eta horiek gauzatzen laguntzen digute.

Kortex motor primarioaren aurrean, **Broca-ren gunea** dago. Hizkuntzarako funtsezko gunea da. Hizkuntza behar bezala ekoizteaz arduratzen da. Patroiz motorrak behar bezala sortzeaz (fonetikoki, azentuazio egokia, isiluneen kudeaketa egokia) eta gramatika-arauak behar bezala aplikatzeaz (komunikazioa zuzena eta ulergarria izan dadin) arduratzen da. Eremu horretan lesio bat izan duten pazienteek Brocaren afasia (edo afasia motorra) izeneko sindromea garatzen dute. Pertsona horiek arazoak dituzte beren hizkuntzaren ekoizpenean; ezin dituzte beren ideiak

edo beharrak modu arinean komunikatu. Haien mintzaira telegrafiko bihurtzen da, eta izugarri kostatzen zaie esaldi bat bukatzea.

Gune premotorraren, ordezeko motorraren eta Brocaren gunearen aurrean, aipatu dugun **kortex prefrontala** dago.

b) Lobulu parietalean, zirkunboluzio postzentralean, **gune somatosentsorial** edo **somestesiko primarioa** dugu (eremu motor primarioaren atzean). Gure larru-azalaren hartzailleetatik, sistema muskulueskeletikotik eta barne-organoetatik informazioa iristen den gunea da. Ukituen esperientzia, esperientzia termikoa, mina, gorputzaren posizioa, egindako esfortzua... kontziente egiten hasten da.

Gune horren ondoan dago **gune somestesiko sekundarioa**. Gune unimodala da, non azpimodalitate somestesikoak (ukitutako objektuaren tamaina, forma, testura, tenperatura...) elkarrekin konektatzen baitira, horrela esperientzia sentsoriala aberastuz.

Gune somestesikoaren azpian **dastamengunea** dago (baita insularen zati batean ere). Dastamen-esperientziak forma hartzen du garun-eremu horretan.

Gune horien atzean, **asoziazio-gune parietala** (polimodala) dugu. Gune horri esker, posible da espazio-pertzepzioa, mugimendua eta objektuek betetzen duten kokapen espaziala irudikatzea. Eremu horretan, gune unimodalak elkarrekin konektatzen dira, esperientzia sentsoriala aberastearren.

c) Lobulu tenporalean, lehen zirkunboluzioan (zati bat Sylvius-en ildo barnean ezkutatuta geratzen da), **entzumengune primarioa** dago. Horren ondoan **entzumengune sekundarioa** dago. Gune horiek entzumen-prozesamenduaz arduratzen dira. Horien ondoan, **Wernicke-ren gunea** dago. Benetan, lobulu tenporalaren eta parietalaren arteko muga geratzen da, eta lobulu okzipitaletik oso gertu. Brocaren eremua bezala, hizkuntzarentzat eremu kritikoa da. Soinuen deskodetzearekin eta hizkuntzaren ulermenarekin lotuta dago. Eremu horretan lesio bat duten pazienteek Wernickeren afasia garatzen dute (edo afasia sentsoriala). Paziente horiek ez dira gai komunikatzen zaien mezua ulertzeko eta era ulergarrian hitz egiteko. Maiz, beren hizkuntza zentzugabeko hitz-jario bihurtzen da.

Entzumengunearen eta Wernickeren gunearen azpian (lobulu tenporalaren barrualderaino heltzen da), **ikus-asoziazio eremu** bat dago, non forma konplexuak, aurpegiak, kolorea eta antzeko alderdi garrantzitsuak aztertzen baitira.

Lobulu tenporalaren barnealdean **usaimengune primarioa** dago. Gune horretan, esperientzia osmotikoak forma hartzen du.

d) Lobulu okzipitalean, poloan, **ikusmengune primarioa** daukagu. Horren inguruan, **ikusmengune sekundarioa** dago. Ikusmengune primarioa ikusmen-esperientziaren lehenengo analisi batekin hasten da. Ikusmengune sekundarioan, berriz, ikusmen-esperientziaren

azpimodalitate ezberdinak konektatzen dira. Gero, informazioa lobulu tenporalera (korrante bentralera edo «Zer bidera») eta parietalera (korrante dortsalera edo «Non bidera»), ikusmenaren asoziazio guneetara bidaltzen da.

6. gaia. Nerbio-sistema periferikoa: egitura eta atalak.

Nerbio-sistema periferikoa (NSP) nerbio-sistema somatikoan eta nerbio-sistema autonomoan banatzen da. Nerbio-sistema somatikoa sakonago aztertuko da azken unitatean, eta, bertan, zentzumen-sistema ezberdinak eta sistema motorra aztertuko dira.

Nerbio-sistema autonomoa

Nerbio-sistema autonomoak (NSA), erraietako nerbio-sistema edo sistema begetatibo gisa ere ezagutzen denak, kontrol kontzientean ez dauden egiturak estimulatzen eta kontrolatzen ditu.

NSAk hiru ehun mota estimulatzen ditu: bihotzeko muskulua, guruin gehienak eta muskulu lau osoa (organoetan dagoena). Bi zatitan banatzen da: NS sinpatikoa eta NS parasinpatikoa; horiek (bi edo hiru salbuespenekin) organo eta egitura berberak inerbatzen dituzte; hala ere, biak antagonikoak dira (2. taula). Adibidez, bihotzaren estimulazio sinpatikoak bihotz-maiztasuna areagotzen du, eta parasinpatikoak, berriz, taupadak motelago egiten ditu. Deskarga sinpatikoak begi-niniak dilatatzeko; parasinpatikoak, berriz, hertsatu egiten ditu. Bi sistemek etengabe estimulatzen dituzte konektatzen dituzten egiturak, baina haien artean oreka sortzen da. Oreka hori modu hauetako batean alda daiteke: sistemaren zati baten estimulua handituz edo bestearen deskarga gutxituz.

	Sinpatikoa	Parasinpatikoa
Gongoila	Bizkarrezur-muinetik gertu Neurona preganglionarra motza	Bizkarrezur-muinetik edo garun-enborretik urrun Neurona preganglionarra luzea
Neurotransmisorea	ACh eta NE	ACh
Irteera	Neurona preganglionarra bizkarrezur-muinetik (T1-L3): Kate sinpatikoa bizkarrezur-muinaren aldamenean (parabertebrala)	Neurona preganglionarrak garun-enborretik eta muinaren sakro aldetik

2. taula. NSS eta NSP arteko ezberdintasunak. Egileen taula.

Nerbio-sistema sinpatikoa

Nerbio-sistema (NS) sinpatikoak, nagusiki, gorputzean gordetako energia-erreserben gastuarekin lotutako jardueretan parte hartzen du. Pertsona bat estres-egoeran (fisikoan zein psikologikoan) dagoenean aktibatzen da batez ere. Gizabanakoa mehatxatua dago, eta gorputzak automatikoki «borrokatzeko ala ihes egiteko» erreakzionatzen du. Baldintza horietan, muskuluek lan handiagoa egin beharko dute, oxigeno gehiago beharko dute, eta energia gehiago kontsumituko dute. Beraz, bronkioak airea azkarrago eta kantitate handiagoan sar dadin irekitzen dira; bihotzak indar eta azkartasun handiagoz ematen ditu taupadak; bihotzeko eta muskuluetakoko arteriak dilatatu egiten dira, eta, ondorioz, odol gehiago eramaten dute gihar aktiboetara (horregatik, azala hotz sentitzen da); gibelak glukosa odolera jariatuko du energia azkar erabili ahal izateko; peristaltismoa moteldu egiten da, organismoak mehatxu-egoeraren aurrean digestioa egiteko astirik ez duelako.

NS sinpatikoak bi neuronako bide bat osatzen du. Lehendabiziko neuronaren gorputz zelularra bizkar-muinaren alboko adarrean dago. Bizkar-muinetik axoiak erro bentraletatik ateratzen dira, eta gongoil-kate sinpatikoan sartzen dira. Lepotik sakroraino zabaltzen den bizkarrezurraren alde banatan gongoil-kate bat dago. Gongoil parabertebralen katea edo kate sinpatikoa ere esaten zaio. Bizkarrezurreko gongoil sinpatikoak aldameneko gongoilekin konektatuta daude, goikoekin eta azpikoekin, kate sinpatikoa osatuz. Lehendabiziko neuronek sinapsiak ezartzen dituzte gongoil sinpatikoetan, bigarren neuronekin, eta horiek guruinak, odol-hodiak edo erraiak konektatzen dituzte. Lehenengo neuronari gongoil aurreko neurona (preganglionarra) esaten zaio, eta axoia mielinizatuta dauka; bigarren neuronari gongoil osteko neurona (postganglionarra) esaten zaio, eta axoiak ez du mielinarik.

Gongoil aurreko eta osteko axoi sinpatikoen arteko sinapsian, azetilkolina (Ach) da neurotransmisore kimikoa, eta horren hartzaileak nikotinikoak dira. Gongoil osteko neuronaren eta konektatzen dituen egituren artean erabiltzen den neurotransmisorea noradrenalina (NA) da. Hartzaile kolinergiko nikotinikoak bi sistema sinpatiko eta parasinpatikoetako gongoil aurreko eta osteko neuronen arteko sinapsietan daude, baita lotura neuromuskularreko muskulu eskeletikoetan ere.

Nerbio-sistema parasinpatikoa

Bide bineuronal batean oinarritzen da, zeina gongoil aurreko neuronaz eta gongoil osteko neuronaz osatua baitago. Hala ere, ezberdintasun fisiologiko, anatomiko eta farmakologiko handiak daude bi sistemen artean. NS sinpatikoa estres-egoeretan nagusitzen da; NS parasinpatikoak, berriz, jarduera handiagoa du pertsona erlaxatuta eta atsedenean dagoenean; bihotz-taupada motelagoa da, peristaltismoa eta beste digestio-funtzio batzuk aktibatu egiten dira, eta, horrela, hurrenez hurren. Sistema sinpatikoan bezala, Ach da gongoil aurreko neurona parasinpatikoaren eta gongoil osteko neuronen arteko sinapsian erabiltzen den neurotransmisorea, eta bere hartzaileak nikotinikoak dira. Gongoil osteko axoi parasinpatikoen

eta konektatzen dituzten egituren arteko transmisore kimikoa Ach da, eta haren hartzaileak muskarinikoak dira.

Anatomiari dagokionez, gongoil aurreko neuronen gorputzak garun-enborrean eta bizkar-muinaren alde sakroko (S2-S4) gai grisean daude (kraneo-sakroak). Garun-enborrean, gorputz neuronalak nukleo espezifiko batzuetan biltzen dira, eta horien axoiek nerbio kranialekin lotzen dira (III motor okular arrunta, VII aurpegikoa, IX glosofaringea eta X neumogastrikoa). Nerbio horietatik irteten dira, nerbio luzeak izaten dira, eta organo itutik oso gertu dagoen gongoilan sinapsia egiten dute. Normalean, gongoil parasinpatikoa erraitik oso gertu dago; kasu askotan, gongoilak egitura inerbatuen inguruan, gainean edo barruan daude, eta gongoil osteko zuntzak mikroskopikoak dira. Hemen, gongoil osteko neuronen zuntzek guruinak, bihotza eta muskulu leuna duten egiturak konektatzen dituzte.

Nerbio-sistema autonomoaren kontrola

NSA bizkar-muinean, garun-enborrean eta hipotalamoan dauden zentroek aktibatzen dute. Era berean, garun-azalaren eta, bereziki, sistema linbikoaren guneek bulkadak transmiti ditzakete beheko zentroetara, eta, horrela, eragina izan dezakete kontrol autonomoan. Sarritan, NSAk erraietako erreflexuen bidez kontrolatzen du. Hau da, seinale sentsitiboak sartzen dira gongoil autonomoen, bizkar-muinaren, garun-enborraren edo hipotalamoaren zentroetan. Horiek, berriz, erantzun-erreflexu egokiak transmititzen dituzte erraietako organoetara.

Erreflexu autonomoak:

- *Erreflexu kardiobaskular autonomoak*. Arteria handietako hormetan barohartzaileak (presio-hartzaileak) daude. Odol-presio altuak barohartzaile horiek luzatzen dituenean, seinaleak igortzen dira enbor entzefalikora. Hortik kontrol sinpatikoa bihotzera eta odol-hodietara inhibitzen da; ondorioz, presio arteriala jaitsi egiten da.
- *Erreflexu gastrointestinal autonomoak*. Janari gustagarriaren usainak erantzunak sortzen ditu parasinpatikotik urdaileko eta ahoko guruinetara. Guruin horiek, hurrenez hurren, digestio-zukuak eta listua jariatzten dituzte, janaria jatean hobe irentsi eta liseriketa egin dadin.
- *Beste erreflexu batzuk*. Esfinterrak erlaxatzea maskuria luzatzearen ondorioz gernua egiteko. Estimulu psikikoen erreflexu sexualak, erekzioa eragiten dutenak (funtzio parasinpatikoa) eta eiakulazioa (funtzio sinpatikoa). Beste erreflexu batzuek arearen funtzioa erregulatzen dute, izerditzea...