

JOKABIDE-NEUROZIENTZIEN OINARRIAK

4. UNITATEA. Sistema neuroendokrinoa

Helburua

Unitate honen helburua da ikasleak sistema endokrinoa eta neuroendokrinoa ezagutzea, eta baita horiek jokabidean duten garrantzia ezagutzea ere. Hasteko, endokrinologiako oinarritzko kontzeptuak, barne-jariaketako guruinak, horien kokapena, izaera eta ekintza-mekanismoak aztertuko dira. Ondoren, hipotalamoaren edo hipofisiaren arteko erlazioak aztertuko dira, askapen-hormonaren eta hormona tropikoaren kontzeptua sartuz. Hiru ardatz hipotalamo edo hipofisarioak garatuko dira, eta diana-guruinek (tiroideak, suprarrenalak eta gonadak) bereizitako hormonen erregulazio-mekanismoak eta ekintza biologikoak deskribatuko dira.

Edukia

1. gaia. Guruin endokrinoak – Sarrera.
2. gaia. Nerbio-sistemaren eta sistema endokrinoaren arteko erlazioak.
3. gaia. Hipotalamoa/hipofisi-tiroidea ardatza (HHT).
4. gaia. Hipotalamoa/hipofisi-adrenala ardatza (HHA).
5. gaia. Hipotalamoa/hipofisi-gonada ardatza (HHG).
6. gaia. Beste guruin batzuk. Epifisia. Pankrea eta paratiroideak. Hormona nagusiak. Jokabidearen gaineko ondorioak.

Irakasleak

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

1. gaia. Guruin endokrinoak – Sarrera.

Sistema neuroendokrinoaren funtzioa da gorputzeko zelula, ehun eta organo ezberdinen jarduera erregulatuko duten hormonak sintetizatzea eta jariatzea. Sistema hori neuronek eta guruinek osatzen dute, eta, elkarlanean, hormona ezberdinak sintetizatu eta odolera jariatzen dituzte. Odol-zirkulazioaren bidez, hormona horiek organismo osora hel daitezke, eta euren efektua burutu ehun edo organo ituetan. Garuna hormona sortzaile garrantzitsu bat izanik, oinarrizko prozesuetan parte hartzen du; hala nola, ugalketan, hazkuntzan edo metabolismoan. Era berean, garuna odoleko hormona horien hartzaile da, eta, ondorioz, seinalizazio hormonalak jarduera neuronalean zein jokabidean izan dezake eragina.

Guruin endokrinoak erantzun-sistema gisa

Hormonak sintetizatu eta odol-zirkulaziora jariatzen dituzten egiturei **guruin endokrino** deritze. *Endokrino* deritze hormonak odol-zirkulaziora jariatzen dituztelako; guruin exokrinoek aldiz, hodiedara (heste-hodira, adibidez) edo gorputzetik kanpora jariatzen dituzte euren produktuak (izerdi-guruinak, kasu).

Guruin endokrino nagusiak honako hauek dira: *hipotalamoa, hipofisia, guruin pineala, tiroidea, guruin suprarrenalak, gonadak (barrabilak eta obulutegiak), guruin paratiroideoak eta Langerhans-en irlak*. Horiez gain, beste organo batzuek ere funtzio endokrinoa izan dezakete; giltzurrun, gibel edo heste-hodiak, besteak beste. Guruin endokrinoak gorputz osoan zehar daude banatuta, eta hipotalamoa da horien guztien koordinazio-lana egiten duena, aurrerago ikusiko dugun bezala.

Hormonen sailkapena eta ekintza-mekanismoak

Hormonen izaera kimikoaren arabera, hiru taldetan sailka daitezke:

1. **Hormona esteroideak.** Kolesterol molekulatik eratortzen dira, eta lipodisolagarriak dira. Ondorioz, zelularen mintza erraz zeharkatzeko gai dira; aldiz, euren ezaugarri hidrofobikoagatik, proteina garraiatzaileei loturik bidaiatzen dute odolean zehar. Talde honetakoak dira kortex adrenaleko hormonak (glukokortikoideak eta mineralokortikoideak) eta gonadetako hormonak (sexu-hormona maskulino eta femeninoak).
2. **Hormona peptidikoak.** Aminoazido-kate motzez osatuak daude, eta hidrofiliakoak dira; beraz, uretan (eta odolean) disolbagarriak. Talde honetan sar daitezke hipotalamoak jariatutako hormonak, adenohipofisiko hormona tropikoak, neurohipofisiko hormonak, urdail-hesteetakoak eta pankreakoak.
3. **Hormona monoaminikoak.** Tirosina aminoazidotik eratortzen dira, muin adrenaleko zein tiroide guruineko hormonak izanik talde honetakoak. Muin adrenaleko hormonak hidrodisolbagarriak dira, eta hormona tiroideoak, aldiz, lipodisolbagarriak.

Hormonen ezaugarri kimiko horiek garrantzitsuak dira euren hartzaillearekin izango duten elkarrekintza definituko duelako, eta baita elkarrekintza horren ondoren ematen den erantzuna ere. Hala nola, **uretan disolbagarriak** diren hormonek (hormona peptidikoak eta muin adrenalekoak) ezin dute mintz plasmatikoa zeharkatu, eta, beraz, mintzean txertatuta dagoen hartzailleen bidez gauzatuko dute euren ekintza. Hormona horiek hartzailleen zelulaz kanpoko aldeari lotuko zaizkio, eta, ondorioz, aldaketa konformazional bat gertatuko da hartzaillearengan. Aldaketa horrek zelula barnean beste molekula bat sortu edo aktibatuko du, **bigarren mezulari** gisa jokatuko duena (lehenengo mezularia hormona izango da). Bigarren mezulari horrek seinalizazio ur-jauzi bat sorraraziko du, eta, ondorioz, seinalearen anplifikazioa gertatuko da. Azken ondoriogisa, aldatu egingo da hainbat entzimen jarduera katalitikoak edo proteinen sintesia; beraz, zelularen fisiologia. Bigarren mezulari garrantzitsuenetakoak AMP ziklikoa (AMPz), GMP ziklikoa (GMPz), inositol trifosfatoa edo kaltzioa dira.

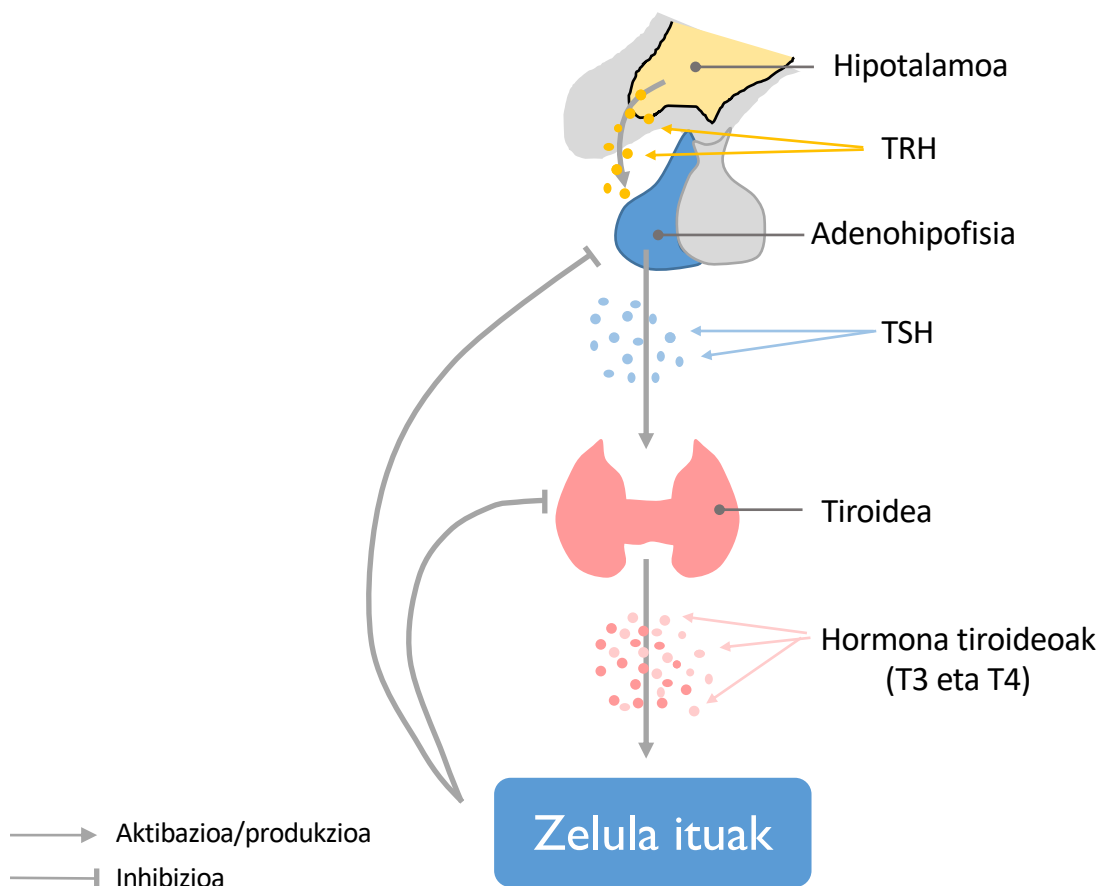
Hormona esteroideak eta tiroideak, esan bezala, lipodisolbagarriak (hidrofobikoak) dira, eta, beraz, gai dira zelularen mintza zeharkatzeko. Ondorioz, hormona horien ekintza-mekanismoa aurrekoen ezberdina izango da. Hasteko, hormona horien odoleko garraioa proteina garraiatzaile batzuen bitartez gertatuko da, eta, ehun-itura iristen direnean, hormona garraiatzaile konplexua askatu egiten da. Hormona aske geratzean, mintz plasmatikoa zeharkatuko du difusioz, eta zelula barneko bere hartzaileri lotuko zaio. Sortu berri den hormona hartzaille konplexua zelularen nukleora joaten da, eta, bertan, gai izango da DNA molekulan dauden sekuentzia zehatz batzuk ezagutzeko. Sekuentzia zehatz horiek gene ezberdinetatik gertu daude, eta hormona hartzaille konplexuaren loturaren ondorioz gene horien transkripzioa aktibatuko da; azkenik, proteina horren sintesia gauzatuko da. Transkripzioaren eta proteinen sintesiaren aktibazioaren ondorioz, zelularen fisiologia aldatuko da, eta hormonak sortutako seinaleari erantzungo dio. Irakurleak ondoriozta dezakeenez, azken mekanismo hori hormona hidrodisolbagarriena baino dezente motelagoa da; izan ere, transkripzioaren aktibazioa eta proteinen sintesia ematea eskatzen du. Hormona esteroideen ekintza-mekanismo nagusia deskribatutako hau izan arren, hormona esteroideak ezagutzen dituzten mintzeko hartzaille batzuk ere ikusi dira; horien eragina azkarragoa litzateke, zelularen erantzunak ez lukeelako aldaketarik eragingo transkripzioan.

Hormonen jariatzearen erregulazioa

Hormonak oso kontzentrazio baxutan dira eraginkorrak, eta, beraz, haien sintesia eta jariatzea oso kontrolatua dago organismoaren homeostasia mantendu ahal izateko eta une oroko beharrei erantzuteko. Hormonen jariatzearen kontrolak eskema hierarkiko bat jarraitzen du, hipotalamoan izanik goialdean kokatzen den egitura eta gainontzeko guruin guztien jariatzea koordinatzen duena. **Hipotalamoak** garuneko hainbat egituratik jasotzen ditu aferentziak, informazio mota ezberdina ematen diotenak, eta, era berean, odoleko hormonen eta beste substantzien maila zein den ere jakin dezake. Informazio hori guztia integratu ondoren, hipotalamoak hormonak jariatuz erantzungo du, eta horiek hipofisian, hierarkia horren ondorengo mailako egituran, izango dute eragina.

Hipofisia edo **guruin pituitariora** funtzionalki oso ezberdinak diren bi zatitan bana daiteke: aurreko lobulua edo **adenohipofisia**, eta atzeko lobulua edo **neurohipofisia**. Azken horrek hipotalamoan sintetizatzen diren bi hormona biltegitatu eta jariatzen ditu. Adenohipofisiak, aldiz, hainbat hormona jariatzen ditu, eta horiek beste guruinetan edo ehun ezberdinetan dute eragina.

Ardatz neuroendokrino ezberdin horiek **atzaerelikadura-mekanismo** molekularren bitartez erregulatzen dira; hau da, ardatzaren produktua den hormonaren odoleko mailak guruinean izango du eragina bere produkzioa eta jariatzea kontrolatzeko. Hormonen erregulazioan parte hartzen duten atzaerelikadura-begizta gehienak negatiboak dira, eta konplexutasun-maila ezberdinak izan ditzakete. Mekanismo sinpleenaren kasuan, hormona berak ala beste substantzia batek hormona sortzen duen guruinean izango du eragina. Hori da, adibidez, hormona tiroideoen erregulazioa (1. irudia).



1. Irudia: Atzaerelikadura erregulazio mekanismoa, hipotalamo-hipofisi –tiroidea ardatza eredutzat hartuta. Egileen irudia.

Atzaerelikadura-begizta negatibo horien konplexutasun-maila altuagoa da hipotalamo-hipofisi ardatzaren kontrolpean dauden guruinetan; izan ere, hainbat mailatan eragin daiteke erregulazio hori.

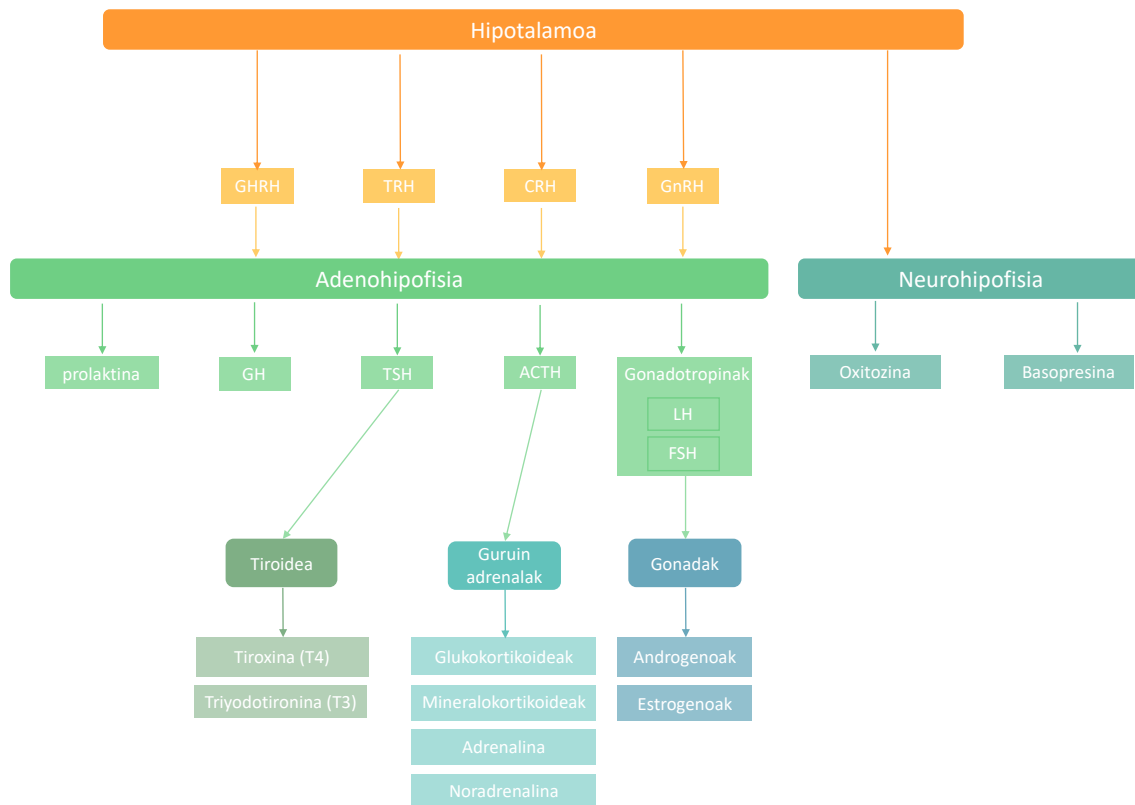
2. gaia. Nerbio-sistemaren eta sistema endokrinoaren arteko erlazioak.

Nerbio-sistemak eta sistema endokrinoak hainbat ezaugarri komun dituzte, eta beste ezaugarri batzuk bakoitzaren bereizgarri dira. **Komunikazio neuronalean** mezulariak neurotransmisoreak dira, eta horiek zelula presinaptikoaren bukaera axonikoan pilatzen dira besikuletan. Nerbio-bulkada iristean, besikula horiek mintzarekin fusionatzen dira, eta neurotransmisoreak arraildura sinaptikora askatzen dira. Sinapsia sortzen duten bi zelulen arteko distantzia txikia egin ondoren, neurotransmisoreak neurona postsinaptikoaren mintzean dauden hartzaileei lotzen zaizkie. **Komunikazio hormonalean** ere, hormonak zelula endokrinoen besikuetan pilatuta daude, eta fusioaren bidez askatzen dira; baina, kasu honetan, odol-zirkulaziora jariatzen dira, eta, beraz, organismoko edozein ehun eta organotara irits daitezke. Dena den, hormonek beren efektua egiteko, zelula-ituak hormona horrentzako hartzaile espezifikoa izan behar ditu.

Bi komunikazio-sistemen ezberdintasun nagusia abiadura dela esan genezake. Komunikazio neuronal oso azkar gertatzen den prozesu bat da, eta bizkortasuna eskatzen duten egoeretan erabiltzen da. Adibidez, beharrezkoa da gure inguruko objektuen kokapena antzemateko edo gure gorputza mugitzeko. Hormona bidezko komunikazioa, aldiz, motelagoa da, eta erantzunaren intentsitatea mailaz mailakoa izan daiteke. Horregatik, efektu iraunkorragoak dituzten prozesuetan hartzen dute parte, hala nola liseriketean edo garapenean.

Lehen, bi sistema horiek guztiz ezberdinak eta bereziak zirelako ustea zabaldua zegoen, baina, hainbat ikerketaren ondorioz, gaur egun badakigu nerbio-sistemaren eta sistema endokrinoaren artean lotura handiak daudela eta elkarri eragiten diotela.

XX. mendearen hasierako ikerketek azaleratu zuten, gorputzeko guruin asko hipofisiak jariatutako hormonen eraginaren ondorioz aktibatzen ziren, eta, ondorioz, hipofisia guruin nagusizat hartu zen. Ondorengo ikerketek, ordea, hipofisia ere beste egitura baten kontrolpean zegoela argitu zuten; hipotalamoaren kontrolpean, alegia. Beraz, gaur egun badakigu hipotalamoa dela sistema endokrinoa kontrolatzen duen garuneko egitura nagusia. Horretaz gain, ikusi da hipotalamoko nukleo neuronal batzuk gai direla hormonak jariatzeko, zelula neurojariatzaileak edo neuroendokrinoak deritzenak, eta horiek dira bi sistemen arteko lotura ezartzen dutenak. Gainera, badakigu hipotalamoaren eta hipofisiaren arteko odol-hodi bidezko konexio bat ere badagoela (hipotalamo-hipofisi porta sistema), eta bertara jariatzen ditu hipotalamoak hipofisian eragingo duten hormonak (neurohormona ere deiturikoak, neuronek sintetizatzen baitituzte) (2. irudia).



2. Irudia: Ardatz neuroendokrino nagusiak. Egileen irudia.

Hormona tropikoak

Hormona tropikoek beste guruin baten hormonon produkzioan eta jariatzean eragiten dute; hormona ez-tropikoek, aldiz, zuzenean ehun edo organo ituetan dute eragina. Hurrengo atalean ikusiko dugun bezala, adenohipofisiak bi talde horietako hormonak jariatzen ditu.

Neurohipofisia eta adenohipofisia

Neurohipofisia hipotalamoaren luzapen gisa hartzen da batzuetan, eta azken horren kontrol zuzenaren menpe dago. Bi hormona jariatzen ditu, batez ere: oxitozina eta basopresina. Bi hormona horiek hipotalamoko nukleo supraoptikoan eta parabentrikularrean sintetizatzen dira; gune horietako neuronen axoiak neurohipofisiraino iristen dira. Bertan, axoiak adarkatu egiten dira, eta odol-kapilarrekin kontaktuan jartzen dira, bertara neurohormonak jariatzeko. Ezaugarri horiek ikusita, esan genezake neurohipofisia ez dela benetako guruin endokrino bat baizik, hormona hipotalamikoak jasotzen dituen odol-kapilarren sare espezializatu bat.

Oxitozina hormona peptidiko bat da, eta paper garrantzitsua du ugaztunen ugalketa-funtzioan. Izan ere, umetokiaren uzkurdua eragiten du, zeina ezinbestekoa baita ernalkuntza-eta erditze-prozesuan. Edoskitzean ere garrantzi handia du, ama-esnearen jariatzean laguntzen duelako, bular-ehunaren uzkurdurak eraginez. Era berean, harreman sozio-sexualekin (atxikimendurekin) lotuta dago.

Basopresina ere hormona peptidiko bat da, oxitozinaren oso antzekoa. Giltzurrunetan du eragina, uraren birxurgatzea sortzen baitu, eta, beraz, gerru-produkzioa murriztu. Horretaz

gain, odol-bolumena, balantze elektrolitiko eta tentsio arterialaren igoera ere erregulatzen ditu, eta gorputzaren homeostasia mantentzen laguntzen du. Oxitozina bezala, harreman sozio-sexualekin lotuta dago.

Orain arte ikusi denez, hipotalamoak neurohipofisia zuzenean kontrolatzen du; adenohipofisiaren erregulazioa, aldiz, modu ez-zuzen batean erregulatzen du, hormona kitzikatzaile batzuk jariatuz:

- **GHRH** (hazkuntza-hormonaren hormona jariatzailea), hazkuntza-hormonaren (GH) jariapena erregulatzen du.
- **TRH** (tirotropinaren hormona jariatzailea), tirotropinaren edo tiroidearen hormona estimulatzailearen (TSHren) jariapena erregulatzen du.
- **CRH** (kortikotropinaren hormona jariatzailea), adrenokortikotropinaren (ACTH) askatzea erregulatzen du.
- **GnRH** (gonadotropinen hormona jariatzailea), gonadotropinen (hormona luteinizatzailea (LH) edo folikulu-kitzikatzailea den hormonaren (FSH) jariapenaren kontrola eragiten du.

Adenohipofisiak jariatzen dituen hormona **ez-tropikoak** dira **prolaktina** eta **hazkuntzaren hormona** edo **somatotropina**. Prolaktinak ama-esnearen produkzioa estimulatzen du, eta hazkuntza-hormonak gorputzaren hazkuntza bultzatzen du.

Adenohipofisiak jariatzen dituen hormona **tropikoak** honako hauek dira:

- Adrenokortikotropina (ACTH).
- Tirotropina edo tiroidearen hormona estimulatzailea (TSH).
- Gonadotropinak (hormona luteinizatzailea (LH) edo hormona folikulu-kitzikatzailea (FSH)).

Hipofisiak jariatzen dituen hormonaren organo-itua kontuan izanik, ardatz hormonal ezberdinak bereiz ditzakegu: prolaktinaren ardatza, hazkuntza-hormonaren ardatza, hipotalamoa / hipofisi-tiroidea ardatza, hipotalamoa / hipofisi-adrenala ardatza eta hipotalamoa / hipofisi-gonada ardatza. Azken hirurak ondorengo gaietan azalduko dira sakonago.

3. gaia. Hipotalamoa/hipofisi-tiroidea (HHT) ardatza.

HHT ardatza hormona tiroideoen jariapena erregulatzen duen ardatza da. **Guruin tiroidea** organo endokrino handienetakoa da, elkarri lotuta dauden bi lobuluz osatua dagoena. Lepoan kokatzen da, trakearen aurrean eta laringearen azpian. Guruin horrek **tiroxina** edo **tetraiodotironina (T₄)** eta **triiodotironina (T₃)** produzitzen ditu. Bi hormona horien jariapena adenohipofisiak jariatzen duen **TSH (tiroidearen hormona estimulatzailea)** hormonaren menpe dago, eta, era berean, TSHren jariapena T₃ eta T₄ hormonaren odoleko mailaren araberakoa eta

hipotalamoak jariatzen duen **TRH (tirotropinaren hormona jariatzailea)** hormonaren araberakoa da.

Tiroide-guruineko hormonak

Tiroideak jariatzen dituen hormonak dira triyodotironina (T_3) eta tetrayodotironina (T_4) edo tiroxina. Horiek denak *tiroglobulina* deritzon glukoproteina batetik abiatuta sintetizatzen dira. Sintesia tiroglobulinaren osagai diren tirosina aminoazidoei iodoa gehitzean hasten da, eta, ondoren, aminoazido horren hainbat aldaketa gertatzen dira, T_3 eta T_4 lortu arte. Hormona horien sintesirako ezinbestekoa den iodo hori dietatik lortzen dugu, eta, hesteetan gertatzen den xurgapenaren ondoren, odol-zirkulazioaren bidez tiroideraino garraiatzen da.

Eraginak jokabidean

Hormona tiroideoen funtzio nagusia organismoaren metabolismo basala erregulatzea da. Aurreko ataletan ikusi den bezala, tiroide hormonak euren hartzaile intrazelularrei lotzen zaizkie, eta, ondoren, metabolismoan parte hartzen duten hainbat entzima kodetzen dituzten geneen transkripzioa aktibatzen dute. Metabolismo-tasaren igoeraren ondorioz gertatzen den glukosaren oxidazio azkarrak gorputzaren temperatura mantentzen laguntzen du. Horretaz gain, hazkuntza zelularrean eta ehunen diferentziazioan ere parte hartzen dute, eta garrantzi berezia dute nerbio-sistemaren garapenean.

Hormona horien gabeziak, **hipotiroidismoak** alegia, haurrengan gertatzen denean, hazkuntzaren atzerapena ekar dezake, eta baita atzerapen mentala ere. Helduengan, nekea, gehiegizko pisua, hotzarekiko sentikortasuna eta arnasteko zailtasuna sor ditzake. **Hipertiroidismoak** (hormona tiroideoen gehiegiak), aldiz, pisu galera, beroarekiko sentikortasuna, suminkortasuna edo urduritasuna ekar ditzake.

4. gaia. Hipotalamo/hipofisi-adrenala ardatza (HHA).

HHA ardatza hipotalamoaren, hipofisiaren (guruin pituitariora) eta guruin adrenalaren edo suprarrenalaren arteko elkarreragin-sistema bat da. Guruin suprarrenalak giltzurrun bakoitzaren goialdean kokatutako guruin txikiak dira. Horiek bizitzarako ezinbestekoak diren hormonak sortzen dituzte.

Guruin suprarrenalak ondo bereizitako bi zatitan banatuta daude: azala eta muina. Azal adrenalak, era berean, hiru eremutan banatzen da: kanpoko zona glomerularra, eremu faxizatua eta formazio sarekara. Garrantzitsua da bereizketa hori egiaztatzea, eremu bakoitza hormona batzuek eta funtzio batzuek arduratzen baita.

Azal adrenalek jariatutako hormona nagusiak glukokortikoideak eta mineralokortikoideak dira. Guruin horiek beste hormona batzuk ere gordetzen dituzte, hala nola progestagenoak, androgenoak edo estrogenoak, nahiz eta kantitate txikian izan.

Muinak, berriz, adrenalina eta noradrenalina jariatzen ditu, zeinak SNPren (adrenalina eta noradrenalina) eta NSZren neurotransmisoreak baitira (noradrenalina soilik).

Hormona adrenal nagusien funtzioa

Guruin adrenalek jariatutako hormonek funtzio espezifikoak dituzte:

- **Glukokortikoideak.** Odoleko glukosa-mailak handitzen dituzte, glukogeno lisia areagotuz glukosa lortzeko. Hormona horiek ACTHren (adrenokortikotropina edo kortikotropina hormona) jariatapenaren mende daude, eta hori, aldi berean, CRH (kortikotropina askatzen duen hormona) delakoak kontrolatzen du. Bi hormona aitzindari horien jariateta bertan behera gera daiteke, glukokortikoideen kontzentrazio plasmatikoa handia bada, edo jariateta indartu daiteke glukokortikoideen kontzentrazioa txikia bada. Hortik dator atzeraelikaduraren fenomenoak. Kortisola da estres-egoeretan (immunosupresioa) nabarmen areagotzen den glukokortikoide nagusia. Kortisol hiposekrezioa Addison-en gaixotasun gisa ezagutzen da, eta hipersekrezioa Cushing-en sindrome gisa.
- **Mineralkortikoideak.** Mineralkortikoide nagusia aldosterona da. Hormona horien funtzio nagusia da gorputzak gerruan zehar sodioaren galera ekiditea. Sodioaren galerak odol-presioa nabarmen jaitsiko luke, gizabanakoaren bizitza bera arriskuan jarritz. Hormona mota horiek, beraz, sodioaren eta potasioaren metabolismoa erregulatzen dute, odol-bolumena kontrolatzen dute, eta arteria-presioa erregulatzen dute.
- **Adrenalina eta noradrenalina.** Bere funtzio nagusia da organismoa ahalegin handi baterako prestatzea; eta glukokortikoideekin batera, estres-egoeretan askatutako hormonak dira.

Estresaren eta jokabide-inplikazioen erantzun fisiologikoa

Aipatu bezala, hormona horiek askatzea estresarekin lotuta dago. Organismoak mehatxutzat ulertzen dituen egoera estresagarrietan, hormona horiek askatzeak aukera ematen du neuronetara glukosa gehiago ekartzeko, bai eta bihotzeko eta hezurretako muskulaturara ere, egoera horietan erantzun eta jardun beharko duten organoak ahalik eta modu eraginkorrenean egiteko gai izan daitezela (adibidez, mugimendua eta arreta erraztuz).

Gainera, badakigu glukokortikoideek immunitate-sistemaren erantzuna ezabatzen dutela eta ondorio antiinflamatorik dituztela. Hori oso onuragarria izan daiteke, tratamenduari dagokionez, transplanteak edo alergiak bezalako kasuetan. Hala ere, egoera estresagarrietan (edo tentsio handiko aldietan) glukokortikoideak ugaritzeak lotura zuzena du gaixotasunak izateko arrisku handiagoarekin.

Hormonen jokabide-inplikazioak funtsezkoak dira, mehatxu- edo arrisku-egoeren aurrean eraginkortasunez erantzuteko aukera ematen baitigute. Ez da ahaztu behar glukokortikoideen jariatze-denboraldi luzeek osasun-arazoak eragingo dizkiotela gizabanakoari, eta heriotza neuronalak ere gerta daitezkeela.

5. gaia. Hipotalamoia/hipofisi-gonada ardatza (HHG).

HHG ardatza hipotalamoaren, hipofisiaren eta gonaden arteko atzeraelikadura-sistema bat da. Kasu honetan, GnRH hipotalamoak jariatzen du gonadotropinak askatzen dituen hormona, eta hipofisira iristen da, non FSH eta LH gonadotropinak jariatzea estimulatzen baita. Gonadetan eragina izango dute, bai barrabiletan, bai obarioetan.

Barrabilak arrek dituzten alde biko guruinak dira. Espezie gehienetan, guruinak *eskroto* izeneko kanpoko bi poltsatan daude. Barrabilek hodi seminifero taldekatuak dituzte, eta horiek arduratzen dira espermatozoideak ekoizteaz. Eta hodi horiek ehun batez inguratuta daude, non hormonak sortzen dituzten zelula nagusiak kokatzen baitira: Leydig zelulak.

Obulutegiak emeen abdomen-barrunbean dauden bi guruin dira, eta gametoak sortzea eta hormona esteroideak sintetizatzea dute eginkizun. Kanpoko geruzan obozitoak daude, obuluen garapena ahalbidetuko dutenak.

Hormona gonadal nagusiak, funtzio fisiologikoak, garapenean dituzten ondorioak eta ezaugarri sexualak

Androgenoak barrabiletako *Leydig zelulek* askatutako hormonak dira, eta testosterona da garrantzitsuenetako bat, baina ez bakarra. Androgenoek, hipotalamoak eta adenohipofisiak (LH) erregulatuta, funtzio desberdinak dituzte. Alde batetik, ugalketa-funtzioarekin zerikusia duten zenbait prozesu erregulatzea du eginkizun, hala nola espermatogenesisia. Gainera, ezaugarri maskulinoak garatzeaz arduratzen dira, bai enbrioi-mailan, bai pubertaroan.

Obulutegiek ere androgeno ugari sortzen dituzte, eta estrogenoen aitzindariak dira kasu honetan, testosterona estradiol bihurtzeko aukera ematen duten entzimekin batera. Progesterona jariatzeaz ere arduratzen dira.

Estrogenoen funtzio nagusia emakumeen ugaltze-aparatua obulaziorako eta ernalketarako prestatzea da. Gainera, koipeen eta kolesterolaren metabolismoan esku hartzen dute, tentsio arteriala gutxitzen dute, gorputzeko koipea banatzen dute, hezurak babesten dituzte, eta, androgenoekin batera, libidoa estimulatzen dute. Progesteronaren kasuan, hilekoaren zikloan duen funtzioa endometrioa egokitzea da, enbrioia ziklo horretan errazago ezartzeko, eta haurdunaldia modu seguruan igarotzen laguntzen du.

Hormona gonadal horiek sexu-ezaugarriak garatzen laguntzen dute enbrioi-mailan, eta, horri esker, ehuna eta organoak bereiz daitezke ar edo eme bat garatzeko; pubertaroan, berriz, hormonon jariatzearen ondorioz, ar edo eme hori emankorra izango da, eta espermatozoideak eta obuluak ekoizten hasiko da.

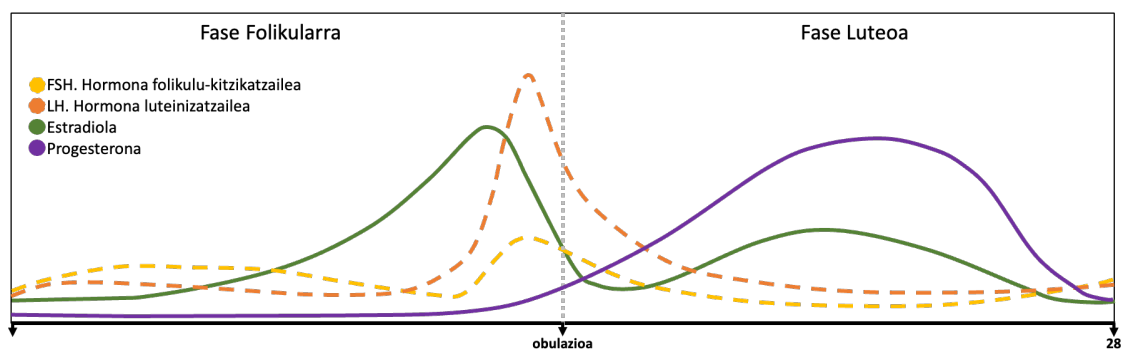
Hilekoaren zikloa

Hilekoaren zikloa 28 egun inguruko iraupena duen zikloa da, eta organismoak hainbat hormonak askatzen ditu, aldaketa fisiologiko ezberdinak eraginez. Obozitoa obulazio-prozesuaren bidez

obulutegitik kanporatzen den prozesu ziklikoa da. Obulazioak bi fasetan banatzen du prozesu hori: fase folikularra (1-14 egunak) eta fase luteoa (15-28 egunak) (3. irudia).

Folikulu-fasea. Aldi horretan obozitoa heltzen da. Zelula horren heltzeak estradiol mailen hazkunde esponenziala eragiten du lehen fase honen azken aldian, eta adenohipofisiak LH eta FSH gonadotropinen gehikuntzarik handienarekin erantzuten du. Prozesu alostatiko honek obulutik edo obulaziotik kanporatzea ahalbidetzen du.

Fase luteoa. Falopioren tronpetatik umetokirantz doa obulua, eta ernaltzeko edo ez ernaltzeko arriskuan geratzen da. Obuluak bere atzean uzten du hura zuen folikulua obulutegian, eta gorputz luteoa deritzona bihurtzen da, progesteronaren sortzaile nagusia izango dena, estradiolaz gain. Horrela, fase honetan, umetokia prestatzen duten bi hormonen mailak handituko dira, zigotoa ezartzeko aukera egon dadin, endometrioa areagotuz. Ernalketa gertatzen bada, bi hormona horiek altu mantenduko dituzte beren mailak, eta, horrela, aurreko hipofisiak gonadotropinak askatzea eragotziko dute, eta, horrela, zikloa geldiaraziko dute haurdunaldi-prozesu osoan; ernalketarik gertatzen ez bada, estradiol- eta progesterona-mailak murriztuko dira, eta ziklo berri bat hasiko da.



3. Irudia: Hormona maila hilekoaren zikloan. Egileen irudia.

Hormona gonadalek sexu-jokabidean duten eragina

Epigrafe honetan aipatu den bezala, pubertarotik aurrera, hormona gonadalek errazte-ekintza bat egiten dute (efektu aktibatzaileak) substratu neuralean, sexu-kitzikapena eta bikotearekiko erantzuna sustatuz.

Emakumeen sexu-jokabidea estradiolak eta progesteronak estimulatzeko dute; beraz, obulazio-etapan, bi hormonen mailak altuak direnean, emakumeak maitasun-harremana izateko joera handiagoa du, eta baita sexu-harremanetarako ere. Emakumearen kasuan ez bezala, gizon helduaren kasuan ez dago gorabehera zikliko handirik testosterona-mailetan, eta, beraz, testosteronaz gain, beste faktore biologiko eta psikosozial batzuek ere gidatzen dute haren libido eta potentzia sexuala.

6. gaia. Beste guruin batzuk. Epifisia. Pankrea eta paratiroideak. Hormona nagusiak. Jokabidearen gaineko ondorioak.

Guruin pineala edo epifisia entzefaloaren erdian kokatzen diren eta melatonina sortzen duten zelula multzo batek osatzen du. Melatonina da loan paper garrantzitsua jokatzen duen hormona bat. Garunean melatonina ekoiztea eta askatzea eguneko orduarekin lotuta dago; hau da, handitu egiten da ilun dagoenean eta gutxitu argi dagoenean. Melatoninaren ekoizpena jaitsi egiten da adinean aurrera egin ahala.

Pankrea sabelean dagoen guruin bat da. Zuku pankreatikoak sortzen ditu, digestioan laguntzen duten entzimak dituztenak, eta intsulina, glukagoia eta somatostatina jariatzen ditu. Langerhans uharteak izeneko zelula-metaketa txiki batzuetan daude.

- **Intsulina.** Glukosa-zirkulazioari laguntzen dio odoletik zeluletara ailegatzeko (glukosa-maila murrizten du). Bere funtzio nagusia da glukosa-soberakin hori glukogeno, gibel eta muskulu nahiz gantz bihurtzea. Hiposekrezioak diabetesa eragiten du.
- **Glukagoia.** Odoleko glukosa-mailak baxuak direnean askatzen da. Glukagoiak glukosa odol-fluxura bidali behar duela adierazten dio gibelari (glukosa-maila handitzen du). Gantz-ehunean ere eragiten du, eta gantz-azidoen mobilizazioa areagotzen du, erregai gisa erabiltzeko.
- **Somatostatina.** Glukagoia eta intsulina jariatzea eragozten du.

Paratiroideak lepoan dauden lau guruin dira, eta hormona paratiroidea sortzen dute, gorputzari kaltzioaren eta fosforoaren arteko oreka mantentzen laguntzen diona. Kaltzioa da hezurak eta hortzak osasuntsu eta indartsu mantentzen dituen minerala. Nerbioek, muskuluek eta bihotzak ondo funtzionatzeko ere funtsezkoa da. Hormona gehiegi edo oso gutxi sortzen badituzte, oreka aldatu eta osasun-arazo larriak sor ditzakete.