

ANIMALIEN FISILOGIA.

1.GAIA. Sarrera, FISILOGIAREN OINARRIAK.

Animaliek ingurunetik hartzen dute energia elikagaien bidez. Digestio aparatuaren bidez energiaren zati bat hartu eta beste zati bat hondakin modura ingurunera kanporatzen dute. Digestio aparatuaren bidez lortutako energia banatzeaz arduratzen den sistema baskularrera (Zirkulazio sistema) igarotzen da. Sistema honen bidez zelula guztietara banatuko da beharrezkoa energia (O₂, beroa...) bertan proteinen sintesia, ioi gradienteak, biosintesia... burutzeko. Zelulen prozesu hauetan sortutako hondakinak berriz ere sistema baskularrera igarotzen dira, toxikoak diren substantziak irazketa prozesuaren bidez kanporatuko dira. Ez dago animaliarik nitrogenoa guztiz oxidatu dezakeena, beraz beti sortuko dira toxikoak diren hondar nitrogenodunak. Gehienetan amonio, urea et azido uriko moduan kanporatzen dira. Kanporatuko den konposatua zuzenki lotuta dago ur gertutasunarekin.

- ➔ Amonioa: uretan bizi direnak. Bertan erraz disolbatzen baita.
- ➔ Urea, azido uriko: airea arnasten dugunok
- ➔ Azido uriko: oraindik ur gertutasun urriagoa dutenek.

Animaliek O₂ behar dute, hau airetik edo uretatik hartzen dute. Oxigeno kontzentrazio berdina barneratzeko askoz ere ur gehiago behar da airea baino. Oxigenoa eskuratzeko arnas aparatu espezializatu desberdinak daude, ondoren oxigenoa sistema baskularrera igaroko delarik zelulek iritsi dadin. Zeluletan sortutako CO₂ sistema baskularraren bidez arnas aparatua iritsi eta kanporatu egingo da.

Prozesu guzti hauen bidez beroa sortzen dugu, bai eta zelula berrien sorrera eta lan mekanikoa.

$$\text{Ekoizpena: } P = I - (F + U + R)$$

F: gorotzak.

U:hondar nitrogenodunak

R: Beroa

Animaliak lortutako energia hazkuntzarako erabiliko du, hazkuntza somatiko (ehun berrien sintesia eta bertan E metatu) zein ugalketarako prestakuntzean. Hegazti migratzaile batzuek digestio sistema galtzen dute energia guztia migratze prozesuan erabiltzeko.

ERREGULAZIO ETA INTEGRAZIO MEKANISMOAK.

2. GAIA. KITZIGARRITASUNAREN OINARRIAK.

Neuronen ezaugarria da nerbio bulkada. Nerbio bulkada mintz potentzialaren aldaketa da.

Mintzaren gune desberdinetan karga desberdinak daude. Horregatik, kargak mugitu egingo dira gune intrazelularretan eta estrazelularretan zehar. Horrek zelulari nolabaiteko polartasuna emango dio, hau da, karga banaketa desberdina izango da. Normalean, animalia zelula guztietan karga negatiboagoa izaten da barne medioan kanpo medioan baino.

Ugaztunen potentzial aldaketa $V = -81\text{mV}$ zelula barnean da. Ioi kontzentrazio desberdinak zelula kanpo eta barnean mantentzen direlakako lortzen da balio hau mantentzea.

Mintza despolarizatu egiten da karga negatiboak kentzen badizkiogu edota karga positiboak gehitzen badizkiogu. Hiperpolarizatu egingo da beraz balio negatiboagoak hartzen baditugu.

3.1. Taula. Ugaztun baten zelula tipikoaren zelula barneko eta zelula kanpoko konposizio sinplifikatua.

| | Barne kontzentrazioa (mM) | Kanpo kontzentrazioa (mM) | Mintza zeharka dezake? |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| K^+ | 125 | 5 | Bai |
| Na^+ | 12 | 120 | Ez* |
| Cl^- | 5 | 125 | Bai |
| A^- | 108 | 0 | Ez |
| H_2O | 55.000 | 55.000 | Bai |

Oharra: Mintz potentziala = -60 a -100 mV.

* Ez da guztiz horrela.

A^- = karga negatibodun aminoazidoek eta proteinek osatzen dute. Zelula barnean daude mintz iragazkaitzari esker.

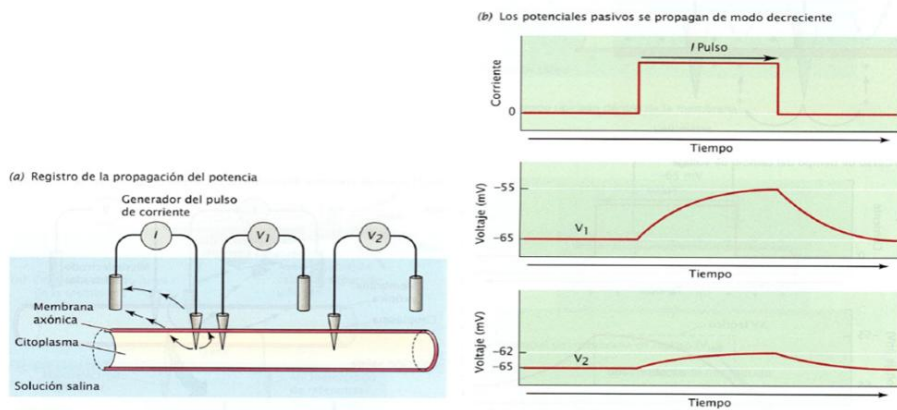
Potasio (K^+) kontzentrazio altua dago zelula barnean eta sodio (Na^+) eta kloro (Cl^-) kontzentrazio txikia. Kanpo medioan, aldiz, kontrakoa gertatzen da: sodio eta kloroa kontzentrazio altuetan agertzen da eta potasioa baxuetan.

Potasioa eta kloroa mintz plasmaticoarekiko iragazkorrek direla izan behar dugu kontuan. Potasioaren gradiente osmotikoak kanporantz bultzatzen du kanpo medioaren kontzentrazioa barnekoarekin berdintzekotan. Kloroarekin, aldiz, aurkako norabidean gertatzen da.

Sodioak baldintza normaletan ez du mintza zeharkatzen, horrela arazo osmotikorik ez egoteko konpentsatzen du. Izan ere, zelula barnean dauden sustantzia negatibo iragazkaitzen kontzentrazioak konpentsatzen ditu sodioak zelula kanpoaldean → ez da guztiz horrela, baina bai ia %100 ean.

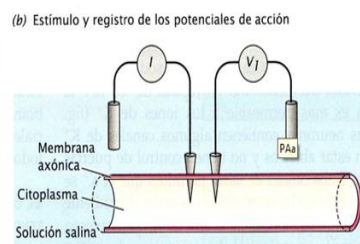
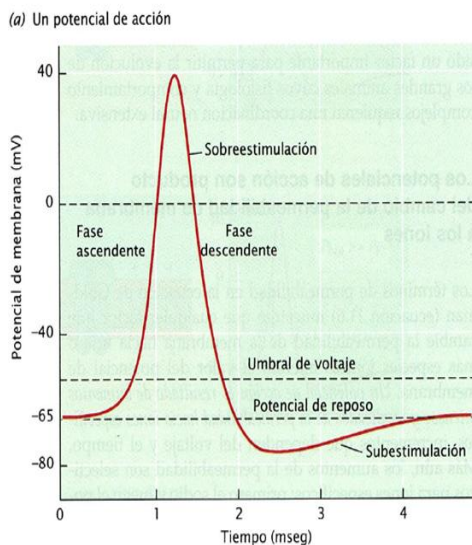
Neuronek **erantzun elektriko aktiboak** emateko gaitasuna daukate, honi **kitzikagarritasuna** deritzo.

→ Erantzun elektriko pasiboa: guk emandako kinada moztean bere ohiko baliora itzuliko da mintzaren balioa. Zelula guztietan gertatzen da



3.12. Irudia. Potenzial graduatuak distantziarekin txikitu egiten dira. V_2 n neurtutako tentsio aldaketa V_1 n neurtutakoa baino txikiagoa da, azken hau korronte iturritik gertuago baitago.

→ Erantzun elektriko aktiboan, despolarizazioaren balio jakin bat gainditzean, nerbio sistemaren zelulak gai dira erantzun berezi bat emateko.



3.14. Irudia. Ekintza potentziala boltai aldaketa labur bat da, 0 mV-ko balioa gainditzen duen goranzko fase bat (despolarizazioa) eta ondoren birpolarizazioa edo beheranzko fasea duena. Bukaeran hiperpolarizazio fase bat ere behatzen da.

Neuronak, muskulu zelulak eta harrera zelulak kitzikagarriak dira, seinale elektriko aktiboak egiteko gai direlako. Kinada egoki baten aurrean emango dute erantzun elektriko aktiboa. Zelula guztiek erantzun elektriko pasiboa eman dezakete, denak polarizatuta daudelako. Erantzun hau beti da behin behinekoa, denborarekin galtzen doana.

Belaunean, rotulan ematen digutenean erantzun automatiko bat burutzen dugu muskulua uzurtzen baitugu. Kinadak egiten duen bidea, belaunetik bizkar muinera eta ondoren erantzuna berriz ere rotulara da. Erantzun pasiboa izango balitz kinada bidean galduko zen eta ez zen bizkar muinera iritsiko.

Likido extrazelularreko kontzentrazioak handiagoak dira animalia itsastarretan, itsasoarekin orekan daudelako.

- **Nola mantentzen da mintz potentziala konstante?**

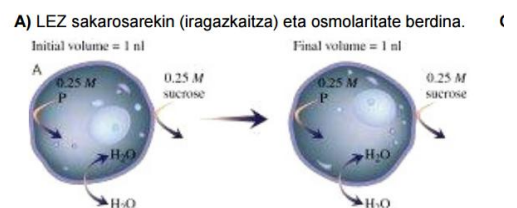
Demagun antzina bizi zen zelula bat dugula itsasoan. Zelula barnean anioi batzuk daude eta mintz plasmaticoarekiko iragazgaitzak dira. Ura mintzarekiko iragazkorra. Kanpo medioan kontzentrazio zehatzeko solutuak daude. Orekan egoteko solutuak ere barne medioan agertuko dira kanpo kontzentrazioaren besteko. Hala ere, kanpo-solutu eta barne-solutu kopuru berdina badago ez gara orekan egongo. Izan ere, anioiak kontutan ez ditugu eduki. Horregatik zelulak ura erakarriko du barne gunera kontzentrazioak berdintzeko.

Seguruena ura xurgatzearen zelula lisatu egingo da. Izan ere, kontzentrazio alde nabarmena dago. Zelan konpontzen du zelulak hori? Hiru aukera hauetariko batekin:

1. Urarekiko iragazgaitza den mintza sintetizatuko du. Honek arazo larriak ekar ditzake, uraren mugimendurik gertatuko ez delako. 2. Pareta zurrun bat sintetizatuko du zelula inguruan kokatuz. Horrela, uraren fluxua kontrolatuagoa izango da. 3. Kanpoaldean iragazgaitza den solutua egon daiteke barneko eta kanpoko solutu kontzentrazioa berdintzeko. Solutu hori sodioa (Na^+) izaten da, baina ez da iragazgaitza guztiz. Horri esker ur mugimenduak neurri txikiagoan gertatuko dira.

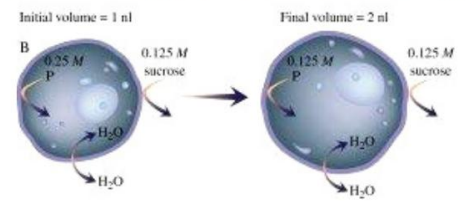
ADIBIDEAK:

"A" irudian ikusten dugunez kanpo eta barne medioetan solutu iragazgaitzak daude kontzentrazio berdinean. Solutuek ezingo dute mintza zeharkatu beraien izaera iragazkorraren eraginez. Hala ere, ez dute beharizanik. Izan ere, kontzentrazioak berdinak dira. Ura aurrera eta atzera ibiliko da, baina oreka bermatuta dauka zelulak.

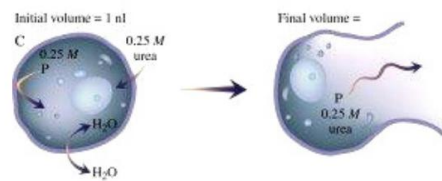


"B" irudian kanpo solutuaren (sakarosa) kontzentrazioa barne medioko solutuarenaren erdia da. Esan bezala, bi solutuak iragazgaitzak dira mintzarekiko. Beraz ezin dira mugitu. Horregatik, ura barne mediora mugitzen hasiko da aharik eta kontzentrazioak berdindu arte. Ura sartzeak zelularen bolumenaren emendapena eragingo du.

B) LEZ sakarosarekin (iragazkaitza) eta osmolaritate ezberdina.



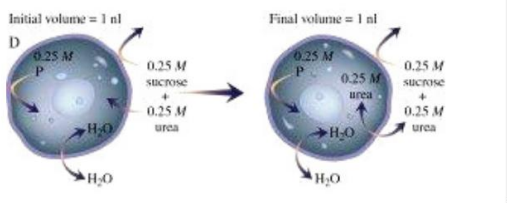
C) LEZ urearekin (iragazkorra) eta osmolaritate berdina.



"C" irudian barne medioko solutua iragazgaitza da, baina kanpo mediokoa (urea) ez. Azken horrek barne medioan dagoen solutuarekiko independenteki jokatuko du. Urea, gradiente osmotikoaren alde, barne mediora sartuko da kanpoko eta barneko urea kontzentrazioak berdintzeko. Horrek, gradiente osmotiko berri bat

sortuko du, non barne media askoz kontzentratuagoa izango den. Hori konpontzeko ura barrura sartuko da. Baina hain da handia behar den ur kantitatea kontzentrazioak berdintzeko non zelula lehertuko baita.

D) LEZ sakarosa eta urearekin eta osmolaritate berdina.



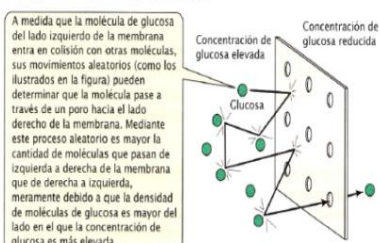
Urea bere orekara joango da, sakarosa iragazgaitzaenez ezin da zelulara sartu baina barneko proteinen kontzentrazioak eragiten duen eragin osmotikoa orekatzen du, hori dela eta ez da uraren mugimendua emango.

3. Kitzikagarritasunaren oinarriak

(a) Imagen macroscópica de la difusión simple



(b) Imagen microscópica de la difusión simple



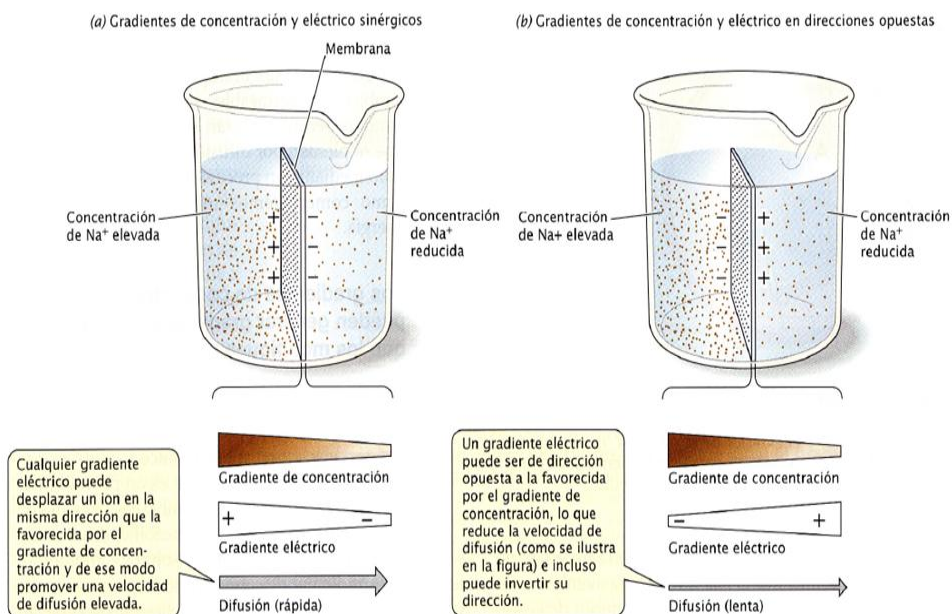
3.1. Irudia. Difusioaren ikuspegi makroskopikoa eta mikroskopikoa.

a) Mintz iragazkor baten laguntzaz ontzi bat bitan banatzen da. Alde banatan kontzentrazio ezberdineko bi soluzio jartzen dira. Kontzentrazio diferentzia dela eta glukosa kontzentrazio altuko aldetik kontzentrazio baxukora pasako da mintza zeharkatuz.

b) Maila mikroskopikoan glukosa molekula zoz mugitzen direla ikusiko genuke, horrela probabilitate handiagoz pasako dira gunerik zeharkatutik beste aldera.

Mintz bat daukagu glukosa disoluzio batean. Mugi daitekeen bakarra glukosa da. Gradiente kimikoaren eraginez glukosa kontzentrazioak berdintzekotan kontzentrazio gutxienerako tokira pasatuko dira. Denbora bat igaro ondoren bi aldeetako kontzentrazioak berdinduko dira eta mugimendu netoa nulua izango da. Biak berdintzen direnean ez du esan nahi ez dela mugimendurik gertatuko; mugimenduak gertatuko dira baina bi noranzkoetan gertatuko da proportzio berean.

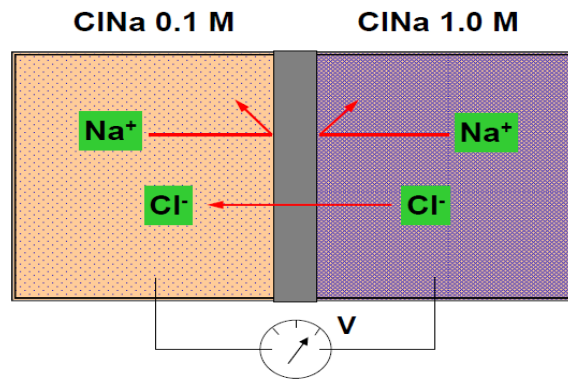
Aurreko guztia kontuan hartu behar dugu, baina ez da buruan izan behar dugun bakarra. Izan ere, disoluzioan daudenak ioiak diren heinean kargak dituzte. Beraz, gradiente kimikoaz aparte gradiente elektrikoaren menpe ere egongo dira. Gradiente elektriko horrek ere bere legeak ditu.



3.3. Irudia. Ioin difusioa kontzentrazioaren eta gradiente elektrikoaren eragin konbinatuaren menpekoa da.

1.irudian sodioak bi indar izango ditu eskubirantz higitzeko, gradiente kontzentrazioa eta elektrikoak. Beraz azkar higituko da.

2.irudian, kontzentrazio gradiantearen alde egiteko indarra berdina zaingo da, baina gradiente elektrikoak kontrako indarra egingo dio. Gradiente elektriko handiagoa bada []arena baino, gerta daiteke difusiorik ez egotea edota gutxi []tik, [] enera igarotzea ioiak.



Karga negatiboak metatzen diren heinean, gradiente elektrikoa handituko da eta kloruroak ezkerretik eskubira higitzen hasiko dira kloruroa bere oreka elektrokimikora iritsi arte. Gradiente elektrikoaren fluxua eta kontzentrazio gradiantea orekan egon arte, mintz potentzialaren oreka lortu arte. Sodioa pasa ahal zizango bazen, ez zen gradiente elektrikorik egongo. Soilik trantsizio momento txikiak egongo ziren kargatuak ioi bakoitzaren abiaduraren arabera.

NERNST-en ekuazioa

$$E_X = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[X]_{out}}{[X]_{in}}$$

X ioiaren oreka-potentziala \rightarrow E_X \leftarrow Kontzentrazio estrazelularra
 \leftarrow Kontzentrazio intrazelularra

- R: gasen konstantea ($8,31 \text{ J K}^{-1}\text{mol}^{-1}$)
- T: temperatura (Kelvin graduak)
- z: X ioiaren balentzia
- F: Faraday konstantea (96500 C mol^{-1})

RT/F konstantea da ($= 0.058 \text{ V } 20^\circ \text{ Ctan}$ eta $0.061 \text{ V } 38^\circ \text{ Ctan}$)

$$V_X = \frac{58 \text{ mV}}{z} \log \frac{[X]_o}{[X]_i}$$

Oreka potentziala gradiente elektrikoa eta kontzentrazio gradiantea orekan dauden puntua da.

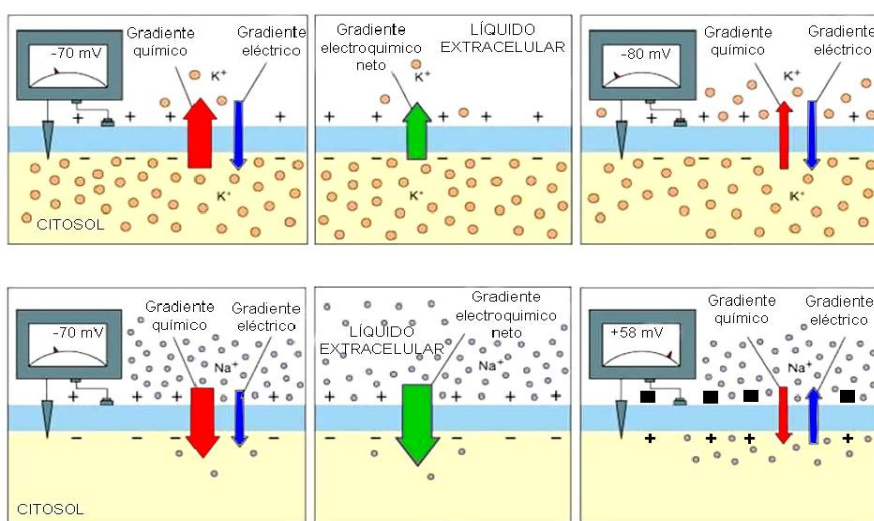
V Na : +58 mV

VK : +81mV kontzentrazioak vuelta emanda, baino bata + eta bestea -.

VCl : -81mV

Emaitzak beti egiten dio erreferentzia barne medioari, hau kanpoaldekoarekin konparatu behar da gero.

Mintz potentzialaren balioa hau izanez gero, kloruroak ez du gutxien kontzentratutako aldera mugitzeko joerarik. $V_m = -70\text{mV}$, horrela denek dute mugitzeko joera netoa. Mintz potentzialaren balio aldatu egiten da kanpoko K^+ kontzentrazioa aldatu ahala. Nerstek ioi bakarra hartzen du kontutan, baina, mintza iragazkorra da beste ioi batzuekiko ere. Animalari zeluletan ioien banaketa asimetriko bat dago eta bi indarrek eragiten dute ioien mugimenduan; gradiente kimikoak eta elektrikoak. Horrez gain, mintzaren iragazkortasuna kontuan hartu behar da, mugimendua neurtzeko. Nernstek ematen digun balioa oreka potentziala da non kontzentrazio erlatiboekin lotuta baitago, hau da, gradiente osmotikoaren eta elektrikoaren arteko erlazioa biltzen du. Ondorioz, kontzentrazio partzialak aldatuz gero Nernsten oreka potentziala aldatuko da.



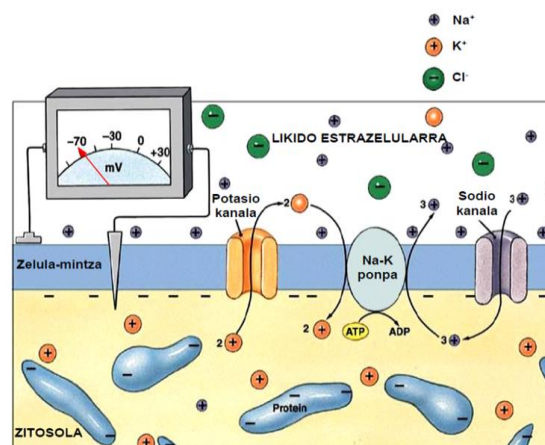
Irudia: Gradiente elektriko txikia da, Na^+ rekiko iragazkortasuna txikia delako. Gradiente elektriko eta kimikoa alde ditu, baina kanal gutxi daude.

3.5. Irudia. Atsedendian eta oreka potentziala lortzen dutenean sodioak eta potasioak erakusten duten gradiente elektrokimikoa.

Barruko potasio kontzentrazioa handia da eta kloroarena eta sodioarena txikia. Kanpoan, aldiz, sodio eta kloro kontzentrazio altua dago eta potasio kontzentrazio txikia.

Ioien eragina iragazkortasunaren arabera izango da. Adibidez, Sodio kanal bakoitzeko 100 kanal daude potasioarenak. Ondorioz, potasioak sodioak baino eragin gehiago izango du potentzial aldaketetan.

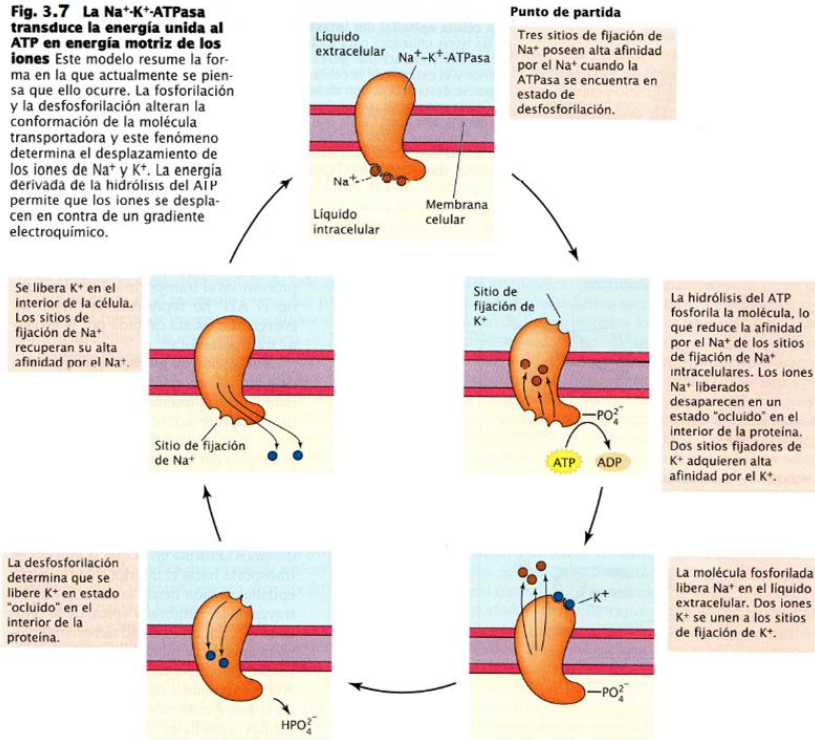
Aurekoak ez du esan nahi iragazkorrek ez diren beste ioiak ez dutela ezertarako balio. Sodioa, hain zuzen, anioien kargen eragina deuseztatzeko edo oreka mantentzeko iragazgaitza izatea komeni zaio zelulari. Sodio potasio ponpak sodio eta potasio mugimendua konpentsatzeko egiten du lan. Hau da, sodioa iragazgaitz izango balitz bezala jokaritzen du. Izan ere, sodioa barne mediora sartzean kanporatu egingo du eta potasioa alderantziz. Etengabean gertatuko balitz barne eta kanpo kontzentrazioak berdinduko litezke. Ponpa honek energia kostua dauka eta 3 sodio irteten direnerako 2 potasio sartzen dira mintzean zehar.



3.6. Irudia. Atsedendiko oreka egoera (atsedendiko potentziala).

3. Kitzikagarritasunaren oinarriak

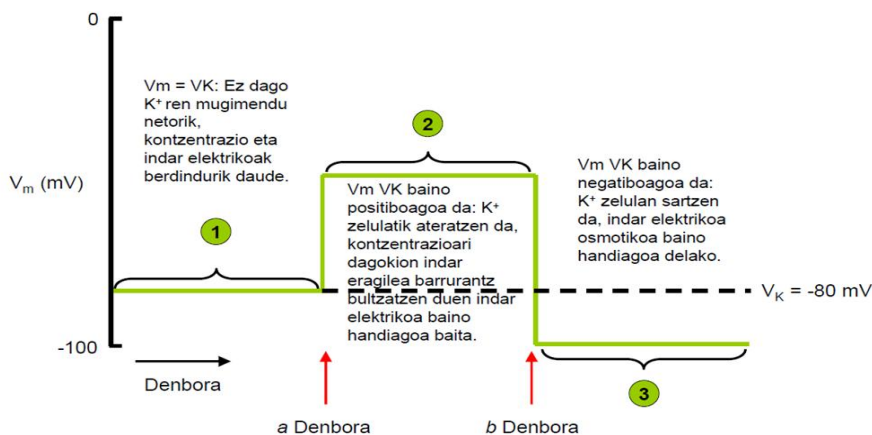
Fig. 3.7 La Na⁺-K⁺-ATPasa transduce la energía unida al ATP en energía motriz de los iones Este modelo resume la forma en la que actualmente se piensa que ello ocurre. La fosforilación y la desfosforilación alteran la conformación de la molécula transportadora y este fenómeno determina el desplazamiento de los iones de Na⁺ y K⁺. La energía derivada de la hidrólisis del ATP permite que los iones se desplacen en contra de un gradiente electroquímico.



Laburtuz, 3 Sodio irteten denean 2 potasio sartzen dira

Beraz, ioiek baldintzatuko dute oreka eta ioi iragazkorrek eragin handiagoa izango dute mintz potentzialean. Izan ere, hauek dira mintza zeharkatzeko gai diren bakarrak. Iragazkortasun hori erregulatuta dago ioien kanal espezifikoaren kantitatearen arabera, gorago esan dugunez.

3. Kitzikagarritasunaren oinarriak



3.8. Irudia. Mintz potentzialaren aldaketek ioien mintzean zeharreko mugimenduan duten efektua, potentziala artifizialki aldatzen denean.

bultzatuko dute. Gradiante elektriko txikitu dugu.

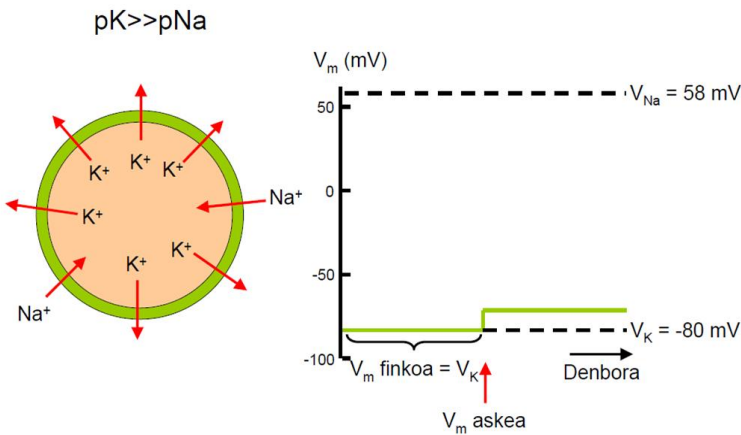
3. Mintz potentziala negatiboagoa jartzean, gradiante elektriko handitu dugu, kontzentrazio gradiantea baino handiagoa. Ondorioz, K⁺ sartu egingo da.

Barnealdean, sodioa lotzeko, sodioarekiko afinitate altuko 3 gune ditu. Sodioa lotzean ATPa lotzen da eta konformazio aldaketa gertatzen da ATParen energiaren bidez. Horrek sodioarekiko afinitatea jaitea eragingo du. Ondorioz, sodio ioiak kanpora bultzatuak izango dira.

Behin sodioa kanporatu dela, kanpoaldeko potasioa lotzeko gai izango da. Non? 2 potasio lotzeko gune espezifikoak ditu non hauenganako afinitate altua duten. Horiek lotzean barneratu egingo dira ATPak utzi duen fosfato taldearen askapenaren bidez konformazio aldaketaren eraginez.

1. Mintz potentziala -80mVko balioan kokatu dugu. K⁺, bere oreka potentzialean dagoenez, ez dago mugimendu netorik, abiadura berean irten eta sartuko da.

2. Mintz potentzialaren balioa igotzen badugu, positiboagoa badago, K⁺ atera egingo da, bi indarrek alde bererantz



Bi ioi ditugu; potasioa eta sodioa (garrantzitsuenak dira; hau erabiliko dugu eredu modura). Potasio kanalak dira sodio kanalak baino. Guk mintz potentziala -80mV -tan jarriko dugu. Beraz, potasioa bere oreka potentzialean dago eta ez du mugimendurik erakutsiko. Sodiao, aldiz, gradiente kimikoaren alde sartu egingo da barne mediora eta mintz potentziala positiboagoa egingo da.

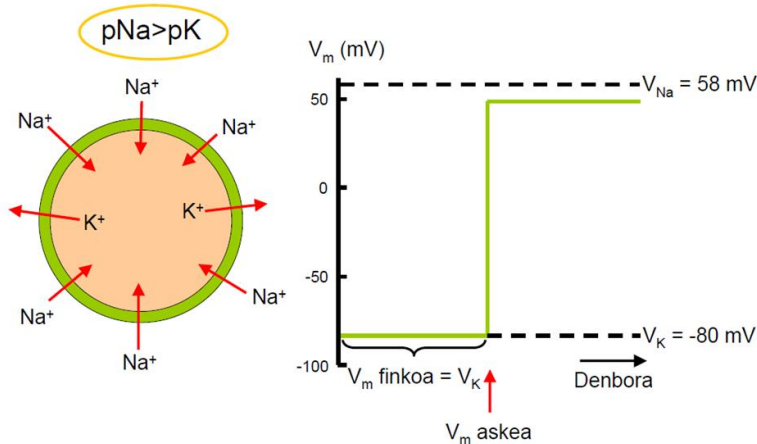
3.9. Irudia. Potasioarekiko iragazkortasun altua erakusten duen zelula baten geldialdiko mintz potentziala. Geziak potentziala V_K n mantentzen duen aparatua itzaltzen deneko unea adierazten du.

Baina mintz potentziala positiboagoa bada zer gertatzen da potasioarekin?

Orekatik urrunduko da. Potasioak kanpora egingo luke mintz potentziala negatiboago bihurtuz.

Noiz amaituko da bi ioien lehia? Sodio eta potasio ioien oreka potentzial bien arteko balioaren baten. Potasioarenetik hurbilago dagoen oreka batetan egongo dira orekan. Izan ere, potasioak kanal askoz gehiago ditu eta horrenbestez erreakzio abiadura azkarragoa.

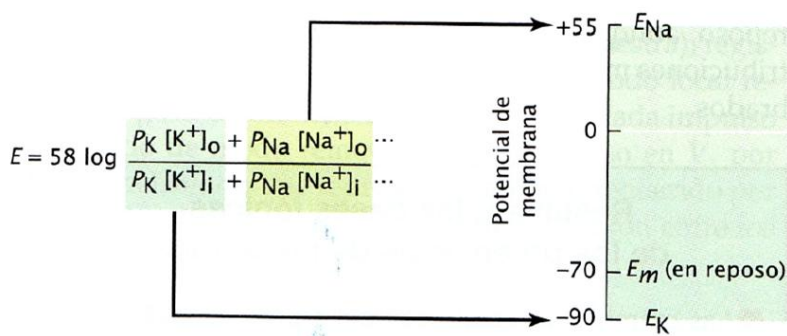
$$C_{ee} = V_m - V_x$$



3.10. Irudia. Sodioarekiko iragazkortasun altua erakusten duen zelula baten geldialdiko mintz potentziala. Geziak potentziala V_K n mantentzen duen aparatua itzaltzen deneko unea adierazten du.

Demagun sodio kanal gehiago daudela potasioarenak baino eta aurreko prozedura berdina egin dugula. Iragazkortasuna handiago duenez, mintza zeharkatu eta positiboagoa egingo du barne medioa. Sodioak kanal gehiago dituenez, erreakzio abiadura handiagoa du. Horrenbestez, sodioaren oreka potentzialetik gertuago egingo da oreka potentziala.

Na^+ rekiko iragazkortasun aldatuko balitz, Na^+ ren kanalak irekiko balira, mintzaren potentziala V_{Na} rantz gerturatuko litzateke. \rightarrow Nerbio bulkada edo ekintza potentziala. (mintz potentzialaren bat bateko aldaketa bortitza).



$$V_m = 58 \text{ mV} \text{ Log} \left(\frac{[K^+]_e + b[Na^+]_e}{[K^+]_i + b[Na^+]_i} \right)$$

3.11. Irudia. **Goldman ekuazioa.** Mintz potentziala iragazkortasun erlatiboan bitartez adierazten da. P_K P_{Na} baino altuagoa bada orduan mintz potentzialaren balioa V_K tik gertu kokatuko da. P_{Na} handitzen bada eta P_K baino handiagoa egiten bada, V_m sodioaren oreka potentzialera hurbilduko da (V_{Na}).

Iragazkorrek diren ioi guztiak kontuan hartzeko erabiliko den formula hau da.

$P, P_{Na}+...$ konstantea: zelularen mintzak ioi horrekiko duen iragazkortasun adierazten duen balioa. Bi faktore hartu behar dira kontutan

1. bi konpartimenduetan dagoen ioien kontzentrazioa.
2. mintzaren iragazkortasuna ioiarekiko.

- **Zergatik da mintz potentziala negatiboa?** Mintza, geldialdian, K^+ rekiko oso iragazkorra da eta horregatik mintz potentziala potasioaren oreka potentzialetik gertu dago.

- **Zergatik da polarra?** Mintzaren bi aldeetako ioien kontzentrazioa ezberdina delako. Anioiek ezin dute mintza zeharkatu, ioi horiek negatiboki kargatuta egoteak eragiten du, iragazkorrek diren ioiak asimetrikoki bananduta egotea. Sodio-potasio ponpari esker, kontzentrazioak ez dira aldatzen, mintz potentziala bere horretan mantenduz. Ponpa elektrogenikoa da: $3Na^+$ atera eta $2K^+$ sartzen ditu, elektronegatibotasuna sortzen lagunduz.

Korronte ioinikoa. Ioiek mintza zeharkatzen dute eta karga dutenez eragin elektrikoa erakutsiko dute. Zeintzuk dira korronte ionikoak? Barnera sartzeko dagoen sodio korronte ionikoa eta hau konpentsatzeko gertatzen den potasio korronte elektrikoa.

Zeren menpekoa da ioi batek garraiatzen duen korrontea? Mintza zeharkatzen duen indar elektroeragileen (oreka potentziala eta mintz potentzialaren arteko kenketa) eta iragazkortasunen (edo konduktantziak; konduktantziak kontutan hartzen du iragazkortasuna eta ioien kontzentrazioa) mempekoak.

$$i_x = g_x (V_m - V_x) \quad \text{non, } g_x = \text{konduktantzia.}$$

Zelula orekan badago korronteak berdinak izan beharko litezke (sodio eta potasio kasuan). Potasioaren kasuan potentzial handia dauka eta konduktantzia handia, baina sodioak potentzial txikia eta konduktantzia txikia. Hau da: $i_{Na} = i_K$

ARIKETA ADIBIDEA: Kalkulatu V_{K^+} , V_{Na^+} eta V_m . Zein izango litzateke V_m baldin eta potasioaren kanpo kontzentrazioa bikoizten bada? Eta sodioaren kanpo kontzentrazioa bikoiztuz gero?

$$[K^+]_k = 10mM$$

$$[K^+]_b = 150mM$$

$$[Na^+]_k = 120mM$$

$$[Na^+]_b = 5mM$$

$$pK = 150 pNA$$

ERANTZUNAK:

1. $V_{K^+} = -68.2 mV$; $V_{Na^+} = +80 mV$; $V_m = -66.3 mV$
2. $V_m = -49.8 mV$
3. $V_m = -64.5 mV$

3.GAIA. NERBIO BULKADA.

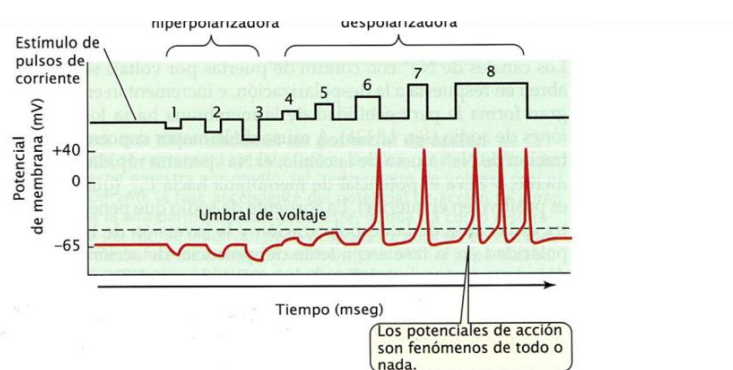
POTENZIAL GRADUATUA.

Estimulu batek, zelula kitzikagarri baten mintz plasmaticoan aurkitzen diren kanal ionikoak ireki/itxi egiten dituenean, potentzial graduatua (=potentzial pasiboa) gertatzen da, hau da, mintzaren potentzialean aldaketa, desbidazio txikia, V_m -a negatiboagoa edo positiboagoa bilakatzea eragiten duena.

Seinale elektriko mota hau, graduatua dagoela esaten da, bere magnitudea kinadaren intentsitatearekiko proportzionala delako.

Ekintza potentziala: Boltai aldaketa handi eta labur bat da. 0 mV-ko balioa gainditzen duen goranzko fase bat(despolarizazioa) eta ondoren birpolarizazioa edo beheranzko fasea duena. Bukaeran hiperpolarizazio fase bat ere behatzen da.

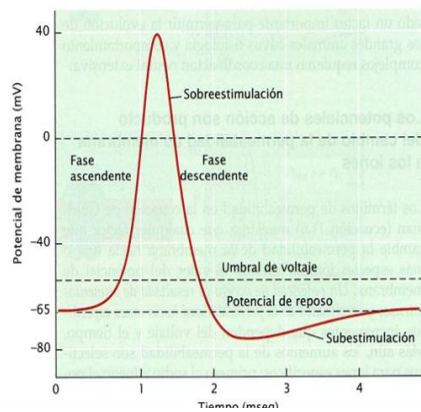
Hiperpolarizazio batek ez du nerbio bulkadarik sortzen, despolarizazio bat gertatu behar da, eta honek balio jakin bat gainditu behar du. Nerbio bulkadak ez du anplituderik ez egiturarik galtzen. Bat gertatu ondoren aldi errefraktario bat dago beti, nun mintzak ez duen erantzunik ematen. Aldi honetan zelula ez da kitzikagarria.



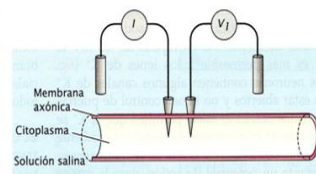
3.17. Irudia. Axoiaren erantzuna kinada ezberdinen aurrean. Karga negatiboek (1-3) hiperpolarizazioak sortarazten dituzte. Intentsitate gutxiko karga positiboek (4-5) despolarizazioak eragiten dituzte eta atari-maila gainditzean (6) ekintza-potentziala sortzen dute. Intentsitate handiagoko despolarizazioek (7) anplitude bereko ekintza potentziala sortuko dute, eta kinada denboran mantentzen bada (8) ekintza potentzialen segida bat agertuko da.

Despolarizazioan mintza sodioaren oreka potentzialerantz hurbiltzen da sodioaren iragazkortasuna handitu egiten delako. Ez da 0 mV ra iristen potasioak uzten ez diolako. Gero tentsio menpeko sodio kanalak inaktibatu egiten dira konformazio aldaketa bat dela eta. Konformazio aldaketa hau kargaren araberakoa da, aminoazidoen konformazio aldaketa bat gertatzen da kanalaren goiko aldean eta horrela kanala goitik irekitzen da Na^+ pasa dadin. Ondoren, erantzun motelago batean, karga eta potentzial aldaketak direla eta, beheko aldeko aminoazidoen konformazio aldaketa gertatzen da, era honetan sodioaren iragazkortasuna txikituz. Bitartean, potasioak irtetzen jarraituko du.

(a) Un potencial de acción



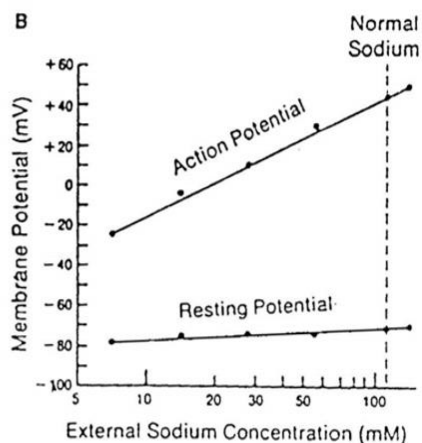
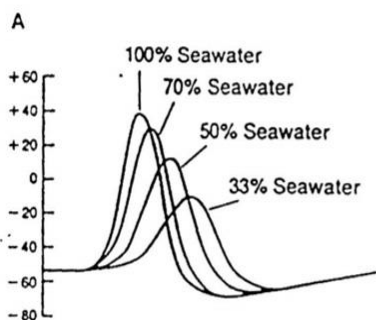
(b) Estimulo y registro de los potenciales de acción



3.14. Irudia. Ekintza potentziala boltai aldaketa labur bat da, 0 mV-ko balioa gainditzen duen goranzko fase bat (despolarizazioa) eta ondoren birpolarizazioa edo beheranzko fasea duena. Bukieran hiperpolarizazio fase bat ere behatzen da.

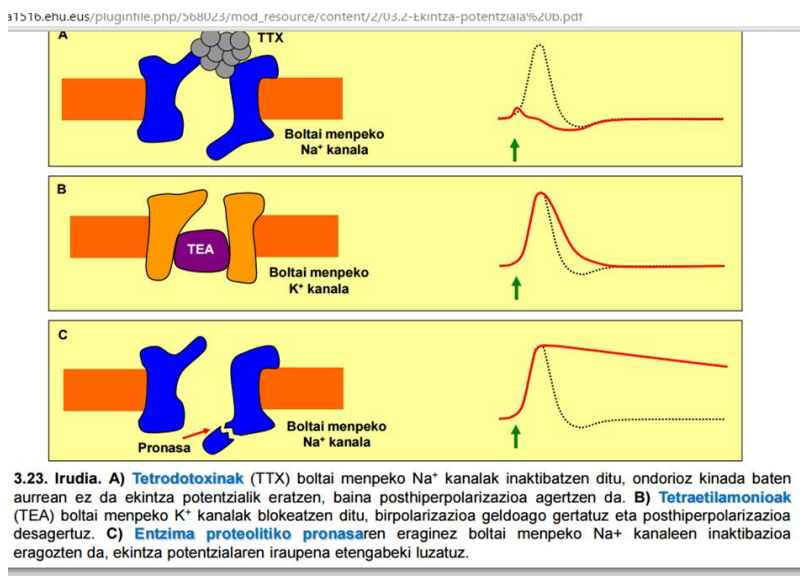
Potasioak soilik parte hartuko balu, mintzaren potentziala jatorrizko egoerara itzultzeko denbora gehiago beharko luke. Irudian ikusten den jaitsiera maldatsua sodio kanalaren inaktibazioari esker gertatzen da, bestela malda txikiagoa izango zen.

Proba desberdinak egin dira Na^+ en garrantzia mintzaren potentzian ikusteko. Adibidez itsas urari sodio kontzentrazioa jaistean, nerbio bulkadaren anplitude maximoa %33ra jaisten zen. Nahiz eta sodioaren kanalak irekiak egon, sodioaren joera zelula barnera sartzeko txikiagoa zen kontzentrazio gradiente aldaketa dela eta. Na^+ ioiaren kontzentrazioak ekintza potentzian zuten eragina handia zela frogatu zen. Izan ere, Na^+ kontzentratuagoko medioetan, V_m -ak medio diluituetan baino balio positiboagoak lortzen zituen.



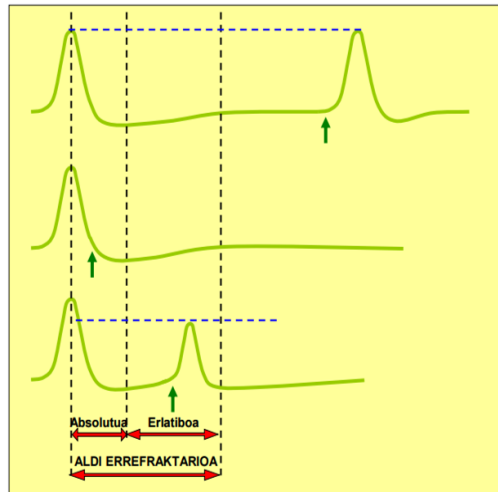
3.15. Irudia. Ekintza potentzialak Na^+ kontzentrazioarekiko duen menpekotasuna. **A)** Ekintza potentzialaren balioa itsas uretan (100%) eta anplitudearen beherapena kontzentrazioa jeistean. **B)** Na^+ ren kanpo kontzentrazioak ekintza potentzialaren eta atsedenaldiko potentzialaren anplitudean duen eragina (Hodgkin eta Katz, 1949).

Proba farmakologikoen artean aurkitzen da “Fugu” arrainaren (pez globo) tetrodotoxinarekin egindakoa. Toxina honek tentsio edo boltaje menpeko sodio kanalak inaktibatzen ditu. Honela, paralisia gertatzen da. Toxina hau arraianren azal, gibel eta gonadetan aurkitzen da batez ere. Froga honi esker frogatu zen sodioa kanalen inaktibazioak nerbio bulkadaren inaktibazioa zekarrela. TTX ren grafikoan ikusten dugu nola K⁺en menpeko kanalei ez dien eragiten toxina honek, izan ere grafikoan ikusten dugu nola hiperpolarizazioa gertatzen den.



TEA (Tetraetilamonio): ez da horren azkar erreparatzen zelula eta galdu egiten da hiperpolarizazio aldia. Izan ere, boltai menpeko potasio kanalak inaktibatzen ditu bertara lotzen delako

Tentsio menpeko potasio kanalak ere badaude, hauek kargen eta potentzialen aldaketen ondorioz konformazio aldaketak jasaten dituzte. Potasioaren iragazkortasuna handiagoa da tentsio menpeko sodio kanalak ixten direnean. Izan ere, jada irekiak zeudenez gain tentsio menpekoak irekitzen dira, horregatik mintzaren hiperpolarizazioa gertatzen da, potasioaren oreka potentzialaren baliorarte. Tentsio edo boltaje menpeko potasio kanalak despolarizazioaren aurrean irekitzen dira eta berriz ixten dira mintza erreparatzen denean. K⁺ ren iragazkortasuna berriro ere jatorriko egoerara iritsiko da.



3.22. Irudia. Ekintza potentzial baten ondoren **aldi errefraktario absolutua** dago, zeinean despolarizazio batek ez duen inolako erantzunik eragiten. Aldi hau boltai menpeko Na⁺ kanaleak inaktibo dauden uneari dagokio. Aldi errefraktario absolutuaren ondoren **aldi errefraktario erlatiboa** dator, atari-maila altuagoko aldia eta anplitude txikiagoko ekintza potentzialekin. Aldi honetan boltai menpeko Na⁺ kanaleak atsedendaldiko egoeran daude baina boltai menpeko K⁺ kanaleak oraindik irekita daude. (Geziek kinadaren unea adierazten dute).

Aldi errefraktarioa Na⁺ en tentsio menpeko kanalak berriz ere aktibatzeko behar duten denbora tartea da. Aldi errefraktario absolutua kanalak inaktibatuta daudenean da. Aldi errefraktario erlatiboan mintzak erantzun dezake baina atari maila altuago bat behar da.

Teorikoki, ekintza potentzial baten ondoren aldi errefraktario absolutua dago, zeinean despolarizazio batek ez duen inolako erantzunik eragiten. Aldi hau boltai menpeko Na⁺ kanaleak inaktibo dauden uneari dagokio.

Aldi errefraktario absolutuaren ondoren aldi errefraktario erlatiboa dator, atari-maila altuagoko aldia eta anplitude txikiagoko ekintza potentzialekin. Aldi honetan boltai menpeko Na⁺ kanaleak atsedendaldiko egoeran daude baina boltai menpeko K⁺ kanaleak oraindik irekita daudenez, pk atsedendaldian baino altuagoa da eta ondorioz, mintzaren potentziala negatiboagoa (Geziek kinadaren unea adierazten dute). Praktikan, aldi errefraktarioaren iraupena oso laburra denez, betiere ekintza potentzialaren anplitudea berdin mantentzen dela behatu daiteke.

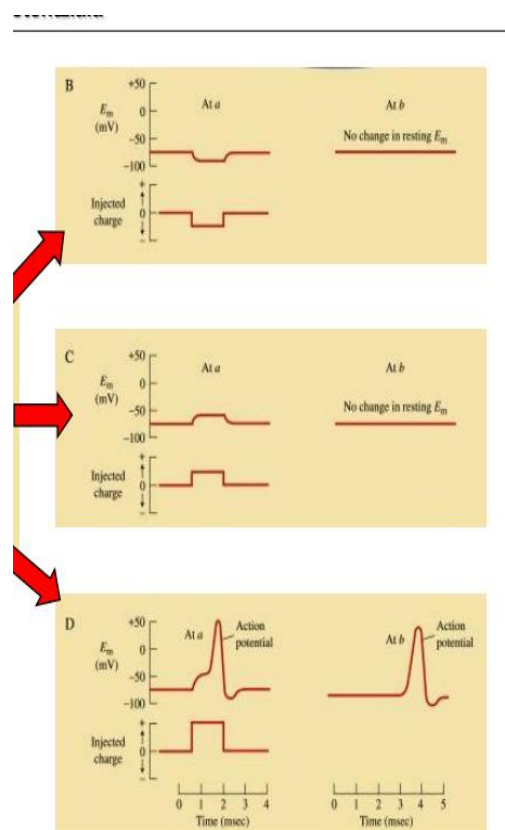
Ekintza potentzialak bera baino aurreraro eta atzerago dauden mintzaren puntuetan potentziala atari mailakoa baino altuagoa izatea eragiten du. Honek, aldi berean, beste ekintza potentzial bat bere osotasunean eragingo du, berriz ere ekintza potentziala desplazatuz.

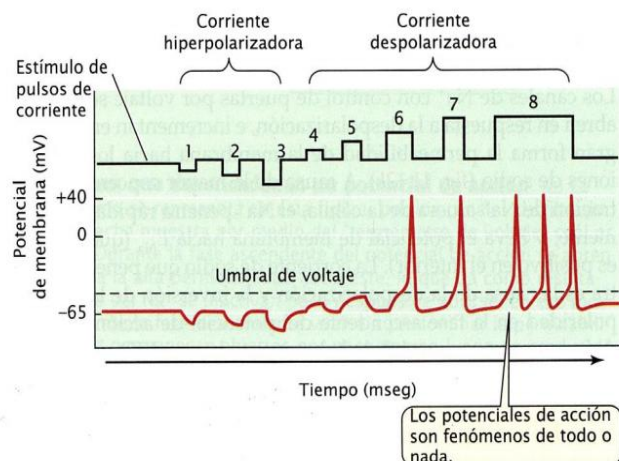
Ekintza potentzialaren ezaugarriak:

1. Despolarizazio batek eragiten du. → Balio positiboak soilik izango dute eragina
2. Despolarizazioak balio minimo bat lortu behar du ekintza potentziala eratzeko (atarimaila) → 10-20mVetako balio minimoa gainditu behar, bestela potentzial graduatua litzateke.
3. “Dena edo ezer ez” eratako erantzuna da. → Edo gertatzen da edo ez.
4. Axoian zehar anplitudea edo egitura mantenduz hedatuko da.
5. Mintz potentzialak 0mV-tako balioak gainditzen du, balio positiboak hartuz.
6. Ekintza potentzial baten ondoren aldi errefraktario bat dago, zeinean neuronak ezingo duen beste ekintza potentzial bat eratu.

Demagun, neurona baten axoian bi zunda intrazelular ditugula. A puntutik kargak injektatuz gero, bai gune honetan zein 10cm-tara kokatzen den B puntuan mintzaren potentziala neurtzerakoan, aukera ezberdinak daude:

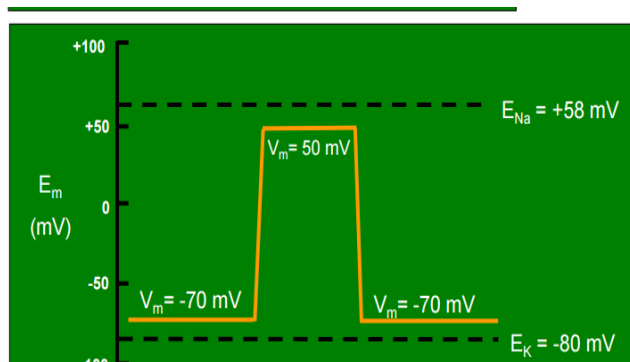
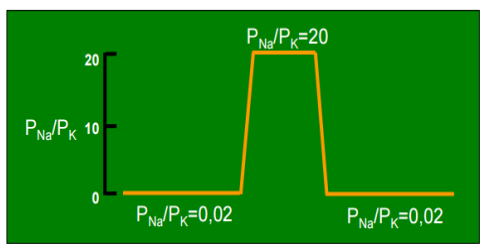
1. Karga negatiboen injekzioak **hiperpolarizazioa** sorrarazten du (Vm negatiboagoa bilakatu) a puntuan baina b puntuan ez da potentzial aldaketarik gertatzen. Zergatik? Seinalea galdu delako 10cm-ko distantzia horretan, kargak kanporatuak izan dira b punturantz ailegatu diren momenturako. Korrontearen hedapen elektrotoniko hau potentzial graduatuaren berezitasuna da.
2. Karga positibo gutxi batzuen injekzioak **despolarizazioa** eragiten du (Vm positiboagoa bilakatu) a-n baina ez da b-raino iristen. Kasu honetan ere, **potentzial graduatua** bideratu da, injektatutako kargak ez dira behar beste izan ekintza potentziala bideratzeko.
3. **Despolarizazioa** handiagoa bada (atarimailatik gora) **ekintza potentziala** sortzen da eta b-raino iristen da anplitudean txikitu gabe.





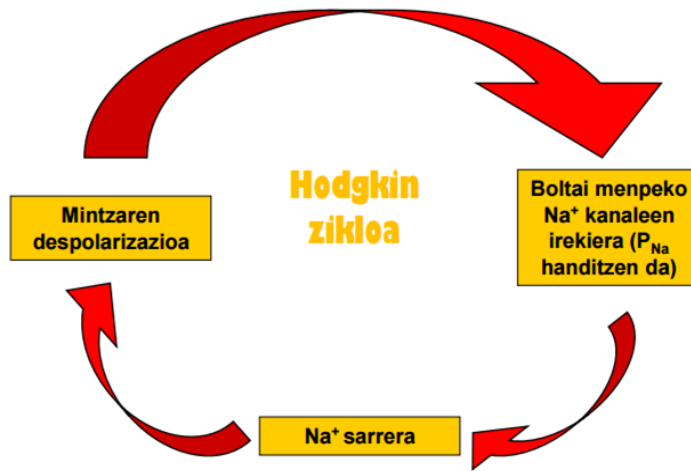
3.17. Irudia. Axioren erantzuna kinada ezberdinen aurrean.

- Karga negatiboek (1-3) hiperpolarizazioak sortarazten dituzte, V_m -a negatiboagoa bihurtuz. Potentzial graduatua izango da.
- Intentsitate gutxiko karga positiboen korronteeek (4-5) despolarizazioak eragiten dituzte (kasu honetan potentzial graduatua) eta atari-maila gainditzean (6) ekintza potentziala sortzen dute.
- Intentsitate handiagoko despolarizazioek(7) anplitude bereko ekintza potentziala sortuko dute. Gogoan izan, ekintza potentziala kinadaren intentsitatearekiko independentea dela! Bestalde, kinada denboran mantentzen bada (8) ekintza potentzialen segida bat agertuko da.



Atsedendian ($V_m = -70 \text{ mV}$), K^+ ioiak Na^+ ioia baino iragazkortasun altuagoa erakusten du, kontuan izanda potasiozko 50-100 kanal gehiago daudela sodio kanal bakoitzeko. Hori dela eta, V_m -a, V_K -ren balioetik gertu azaltzen da.

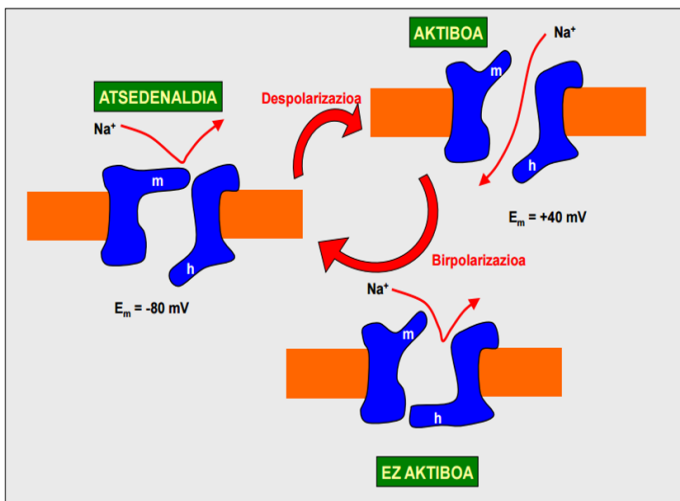
Ekintza potentziala gertatzean, ordea, geldialdian irekita ez zeuden sodio kanal batzuk irekitzen dira, hala nola, Voltaje menpeko Na kanalak. Modu honetan, p_{Na} igokoenez p_{K} -rekiko, V_m -a, V_{Na} -ra hurbilduko da, positiboagoa bilakatuz.



3.19. Irudia. Hodgkin zikloa ekintza potentzialaren goranzko aldiaren erantzulea da.

3.19. Irudia. Hodgkin zikloa ekintza potentzialaren goranzko aldiaren erantzulea da.

Zelula kitzikagarrietan, ekintza potentzialaren ondorioz, mintzaren despolarizazioa gertatzen da (V_m -ak balio positiboak hartzen ditu). Despolarizazioan, oso sentikorrek diren Boltai menpeko Na^+ kanalak irekitzen dira, p_{Na} handitzen delarik. Sodiaren iragazkortasuna handiagoa denez, bere indar elektroeragileak bultzatuta, mintzaren barnealderantz sartuko da. Despolarizazio honek, atari maila gainditzen baldin bada, hau da, Na^+ ren sarrerak duen eragina K^+ ren irteerak duena baino altuagoa bada, orduan ekintza potentziala bideragarria izango da eta erretroelikadura erakusten duen Hodgkinen zikloan sartuko da.



3.20. Irudia. Boltai menpeko Na^+ kanalak eta ekintza potentzian zehar gertatzen diren potentzial aldeketekin duten erlazioa.

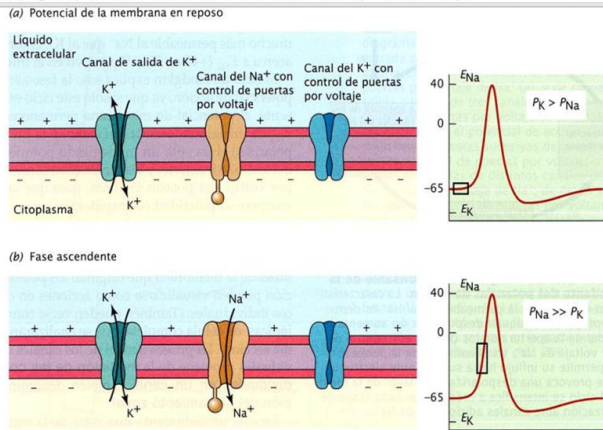
3.20. Irudia. Boltai menpeko Na^+ kanalak eta ekintza potentzian zehar gertatzen diren potentzial aldeketekin duten erlazioa.

Atsedendian, mota honetako kanalak kinadari erantzuteko prest daude. 2 konpuerta azaltzen dituzte: m eta h. Despolarizazioa gertatzean, kanalen m konpuerta azkar irekiko da, Na^+ ioien sarrera baimenduz eta ondorioz V_m -a positiboagoa bihurtuz. Birpolarizazioa eta gero, h abiadura

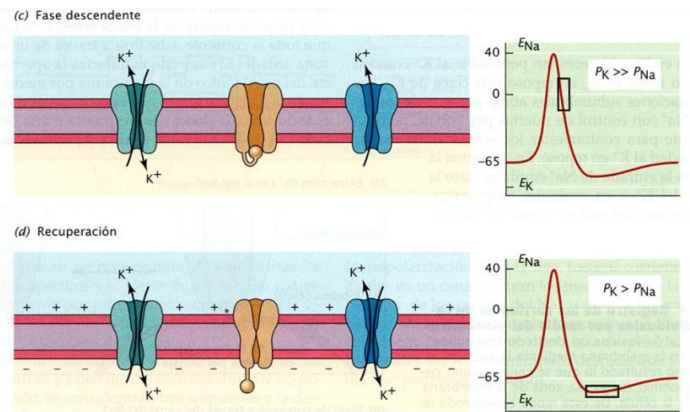
geldoa itxiko da, V_m -aren balioa berriro ere negatiboagorantz eramanez. Egoera ez aktibo honetan, Boltai menpeko Na^+ kanaleak ezin izango dute bestelako ekintza potentzialari erantzun.

Animali gehienetan, Boltai menpeko K^+ kanaleak ere agertzen dira, abiadura geldoa irekitzen den konpuerta bakarraz osaturikoak. 3.21 Irudia.

11516.enu.es/pluginfile.php/568023/mod_resource/content/2/US-2-Ekintza-potenziala%2UB.pdf



3.21-A. Irudia. a) Atsedendian mintza K^+ rekiko iragazkorrak da K^+ kanalak beti irekita daudelako. **b)** Despolarizazio fasean boltai menpeko Na^+ kanalak irekitzen dira, sodioaren iragazkortasuna handitzean mintz potentziala E_{Na} ra hurbiltzen da.



3.21-B. Irudia. c) Boltai menpeko Na^+ kanalak ireki eta berehala inaktibatzen dira. Bitartean boltai menpeko K^+ kanalak irekitzen dira, mintzaren birpolarizazioa gertatuz. **d)** Boltai menpeko K^+ kanalak denbora labur batez irekita mantentzen dira K^+ kanaleekin batera, horrela posthiperpolarizazioa gertatzen da, E_K tik oso gertu dauden balioak lortuz.

a) Atsedendian mintza K^+ rekiko iragazkorrak da K^+ kanalak beti irekita daudelako. Bertatik K^+ ren irteera gertatzen denez, mintz potentziala E_K tik hurbill azalduko da.

b) Despolarizazio fasean boltai menpeko Na^+ kanalak irekitzen dira (m konpuertatik), sodioaren iragazkortasuna handitzean mintz potentziala E_{Na} ra hurbiltzen da.

c) Boltai menpeko Na^+ kanalak ireki eta berehala inaktibatzen dira. Bitartean boltai menpeko K^+ kanalak irekitzen dira, mintzaren birpolarizazioa gertatuz.

d) Boltai menpeko K^+ kanalak denbora labur batez irekita mantentzen dira K^+ kanaleekin batera, horrela posthiperpolarizazioa gertatzen da, E_K tik oso gertu dauden balioak lortuz.

Ariketa. Kasu bakoitzean mintz potentziala kalkulatu. (Goldman ekuazioaz baliatu.)

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Na kanalak: 1 | $[Na]_k = 120$ |
| K kanalak: 50 | $[Na]_b = 12$ |
| Boltai menpeko Na kanalak: 500 | $[k]_k = 125$ |
| Boltai menpeko K kanalak: 20 | $[k]_b = 5$ |

1/ Geldialdian:

$$b = p_{Na}/p_K = 1/50 = 0.02$$

$$V_m = 58 \text{ mV} \log \frac{5 + 0.02 \times 120}{125 + 0.02 \times 12} = -71.2 \text{ mV}$$

2/ Ekintza potentziala gertatzean:

V_{MNa+k} irekitzen dira.

$$b = 501/50 = 10 \text{ (gutxigorabehera)}$$

$$V_m = 58 \text{ mV} \log \frac{5 + 10 \times 120}{125 + 10 \times 12} = 40.1 \text{ mV} \text{ (VNa tik hurbilago orain)}$$

3/ Posthiperpolarizazioan:

Egoera hau VMk+ kanalak dituzten animalietan soilik gertatu.

$$b = 1/70 = 0.0142$$

$$V_m = 58 \text{mV} \log \frac{5 + 0.014 \times 120}{125 + 0.014 \times 12} = -73.8 \text{mV}$$

Atsedendian baino V_m negatiboagoa lortu, oraindik ere VMK kanalak irekita mantentzen direlako.

4/ Aldi errefraktario erlatiboan, ekintza potentziala sortuz gero:

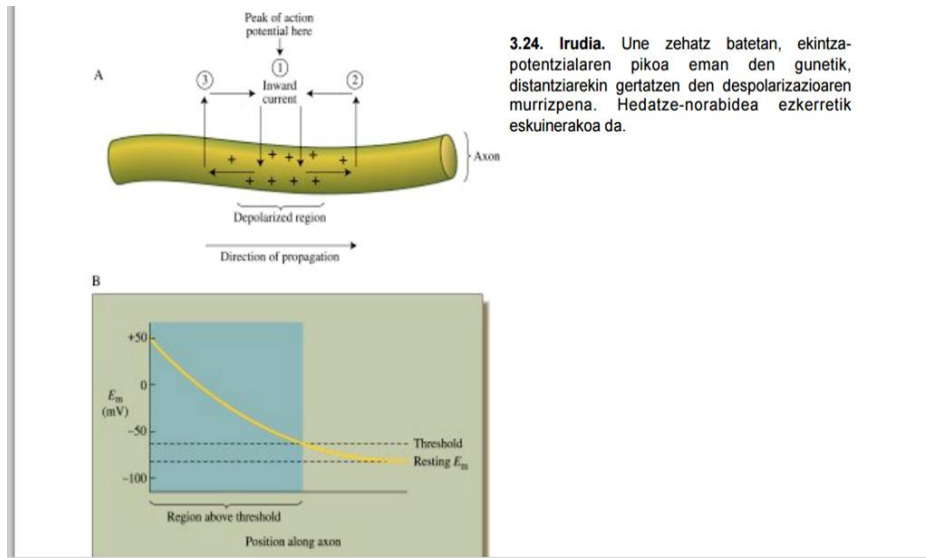
Hau gertatzeko, atari maila altuagoa gainditzea ezinbestekoa da.

$$b = 501/70 = 7.16$$

$$V_m = 58 \text{mV} \log \frac{5 + 7.16 \times 120}{125 + 7.16 \times 12} = 35.4 \text{mV}$$

Anplitude txikiagorekin, 40mV beharrean! Zergatik? VMk+ kanaleak irekita daudelako.

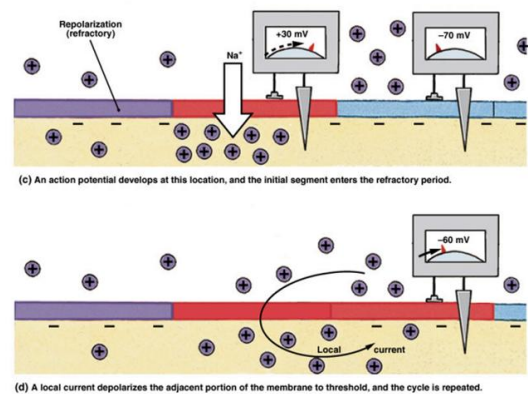
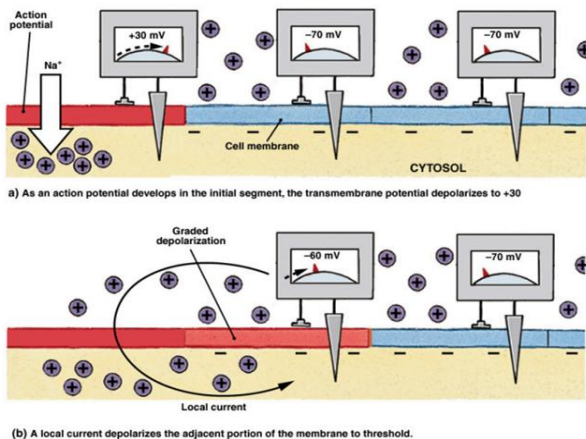
3.1. NERBIO BULKADAREN TRASMISIOA.



3.24. Irudia. Une zehatz batetan, ekintza-potentzialaren pikoa eman den gunetik, distantziarekin gertatzen den despolarizazioaren murrizpena. Hedatze-norabidea ezkerretik eskuinerakoa da.

Despolarizazioaren eragina ondoko puntuetan ikusten dugu grafiko honetan. Nerbio bulkada gertatu den puntutik urrundu ahala potentziala txikiagotzen doa, baina inguruko zonaldeetan potentziala atari mailakoa baino handiagoa denez, puntu hauetan despolarizazioa eragingo du honela beste nerbio bulkada bat sortuz eta transmitituz. Beraz, ikusten dugu nola zonalde urrunduetan nahiz eta ekintza potentziala agertzen den nerbio bulkadarik ez dela gertatzen. Irudiko potentzialaren hedapena trasmisio pasiboa da. Trasmisio aktiboa gertu dauden puntuetan nerbio bulkada bat sortzea izango zen.

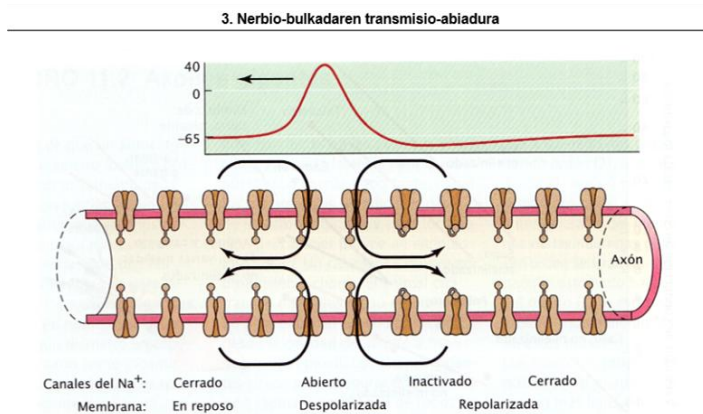
3. NERBIO-BULKADAREN TRASMISIO-ABIADURA



3.25.A. Irudia. Nerbio-bulkadaren hedapena. Ekintza-potentziala gertatzen denean mintz-potentzialak balio positiboak hartzen ditu (+30 mV baino altuagoak) (a). Honek, aurrean dagoen mintz zatiaren potentziala atari mailatik gora igotzea eragiten du (b).

3.25.B. Irudia. Nerbio-bulkadaren hedapena. Atari-maila gainditzen denean ekintza-potentziala sortzen da gune honetan, atzeko mintz zatia aldi errefraktarioan geratzen den bitartean (c). Nerbio-bulkada honek aurretik duen mintz zatia atari-mailatik gora despolarizatzen du (d), zikloa behin eta berrir errepikatuz.

Boltaje menpeko sodio kanalak irekiz doaz puntuz puntu despolarizazioa mintzan zehar hedatu ahala. Axoi isolatu batean ikus dezakegu nola nerbio bulkada alde guztietarantz helarazten den. Informazioa alde guztietara hedatzen den arren, nerbio sisteman informazioa norantza bakar batean gertatzen da. Izan ere, boltaje menpeko sodio kanalak inaktibatuta gelditzen dira despolarizazioaren ondoren, eta honek eragiten du informazioa berriz ere atzerantz ez egitea. Nerbio bulkada pasatzean, atzeko mintz zatia aldi errefraktario absolutuan geratzen da, eta honen ondorioz ez da gai izango despolarizazio berri baten aurrean erantzuteko. (Beheko irudian ekintza potentziala eskuinetik ezkerrera hedatzen da). Mintza aldi errefraktarioan egoteak eragiten du beraz informazioa norantza bakarrean hedatzea.

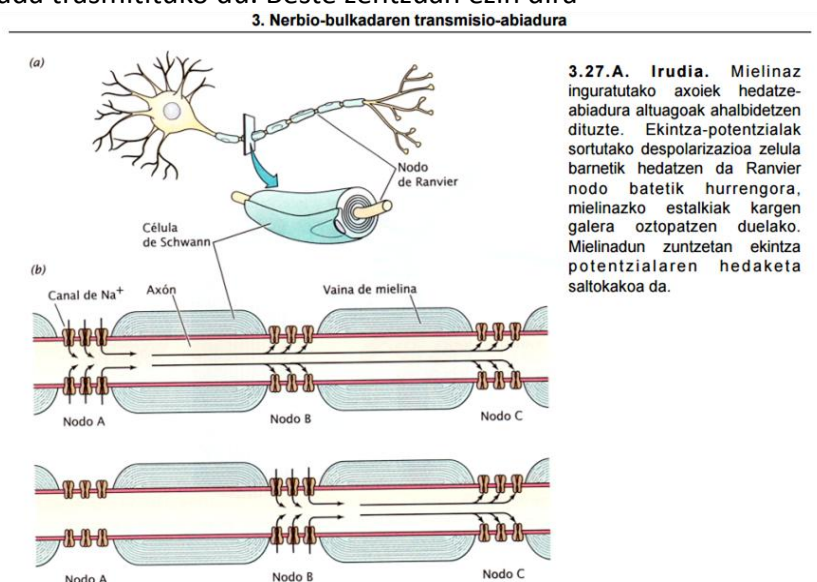


3.26. Irudia. Tentsio menpeko Na⁺ kanaleen inaktibazioak ekintza-potentziala atzerantz hedatzea galarazten du. Nerbio bulkada pasatzean, atzeko mintz zatia aldi errefraktario absolutuan geratzen da, eta honen ondorioz ez da gai izango despolarizazio berri baten aurrean erantzuteko. (Ekintza-potentziala eskuinetik ezkerrera hedatzen da).

Neuronen alde dentritikora informazioa heltzen da eta bertan erabakitzen da bidaliko den edo ez. Bertan **potenzial graduatuak** gertatzen dira, hauek distantzia jakin batean eta intentsitate jakin batean gutxituz doan informazioa da.

Neuronen kono axonikotik aurrera aurkitzen dira tentsio menpeko sodio kanalak. Honera iritsitako ekintza potentzialaren balioaren arabera transmitituko da nerbio bulkada. Atari maila gainditzen ez duen despolarizazio bat ordea, seguruen ez da beste neurona batera iritsiko. Atari maila gainditzen duen despolarizazioak ordea, norantza bakarrean transmitituko den nerbio bulkada transmitituko du. Beste zentzuan ezin dira transmititu tentsio menpeko sodio kanalak ez daudelako.

Mintzaren erresistentzia zenbat eta handiagoa izan bulkada axoplasman zehar (eta ez mintza) emango da. Puntu bakoitzean korrontearen intentsitatearen zati bat galduko da.



3.27.A. Irudia. Mielinaz inguratutako axoiek hedatze-abiadura altuagoak ahalbidetzen dituzte. Ekintza-potentzialak sortutako despolarizazioa zelula baretik hedatzen da Ranvier nodo batetik hurrengora, mielinazko estalkiak kargen galera oztopatzen duelako. Mielinadun zuntzetan ekintza potentzialaren hedaketa saltokakoa da.

EBOLUZIOAN ZEHAR informazioaren transmisioaren optimizazio gertatu da:

- Animalien axoien diametroa handitu egin da eboluzioan zehar nerbio bulkada oso azkar transmititzeko. Izan ere “kable” potoloago batek erresistentzia gutxiago jartzen du eta horrela intentsitatearen handipena eman zen. Hau ornodun zein ornogabeetan gertatu da.
- Mielinaren erabilpena soilik ornodunetan gertatu den eboluzioaren atala izan da. Honela, axoiaren mintzaren azalera txikitu egin da. Neuronen axoietan kiribilkatu eta mintz zelularren geruzak eratzten ditu (glia zelulen luzakinak).
 - Mielinaren isolatzen funtzioa galtzean esklerosia gertatzen da. Izan ere, informazio-helarazketa asko moteltzen da.
 - Mielina zorroa: axoiean zehar modu ez-jarraian banatuta daude. Etengune batzuk ageri dira (Ranvier noduluak) zeinetan nerbio bulkada berriztatu egiten den. Prozesua azkartzen dute, nahikoa da nodulu bateko despolarizazioa, hurrengo noduluan bulkada berriztatzeko.

4.GAIA. TRANSMISIO SINAPTIKOA.

NEURONAREN ESTRUKTURA.

Neuronek gorputz zelular (soma) bat eta hainbat luzapen ditu .

a) Soma edo perikariona: Zelularen zatirik handiena, nukleoa bertan azaltzen da. Hemendik axoia eta dendritak aterako dira. zte (axoia eta dendritak).

b) Dendritak: Egitura zuhaixkara dute eta seinaleen harreraz arduratzen da, hau da, beste zelula edo neuronetatik datorren informazioa bertara heltzen da. Heltzen den informazio hori gero soman metatzen dute. Dendritan jasotzen duen kinada kono axonikora bidaliko du. Kono axonikoan Na^+ kanalen hasiera da (hementxe kokatuta dago despolarizazio menpeko nerbio bulkadaren sorrera eta hedapena).

c) Axoia: Somatik ateratzen den beste proiektzioa da eta dendritetatik datorren informazioaren garraioaz arduratuko da. Bukarera iristean GUNE SINAPTIKOA azaldu, zeinak hurrengo zelulara informazioaren transferentziaz arduratuko da. Gune honetan, zelula PRESINAPTIKOAK (informazioa dakarrena) eta POSTSINAPTIKOAK (informazioa hartzen duena) elkartuko dira. Bi zelulen artean arraidura sinaptiko mehea agertzen da, non substantzia kimiko bat askatuko den zelula postsinaptikoan eragina izango duena.

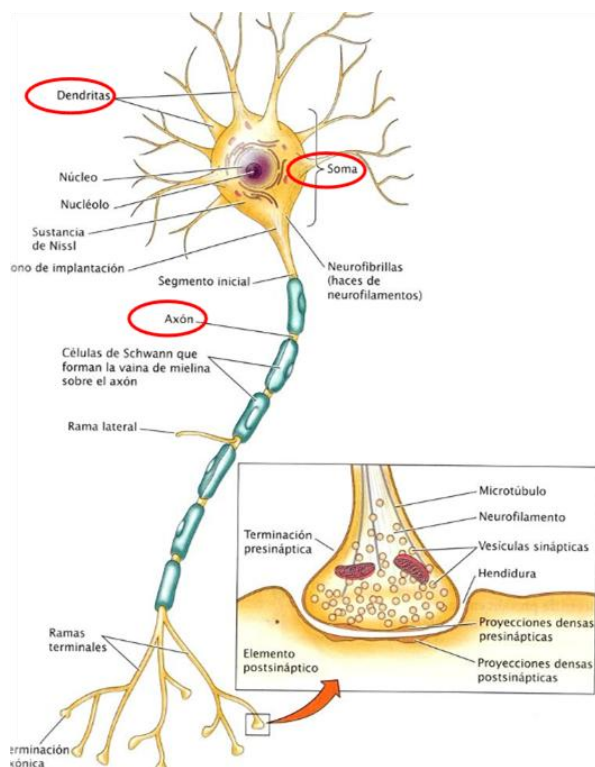
Neuronaren bukaera (axoiaren amaiera) zonalde funtzionala da, eta hurrengo zelularekin (zelula postsinaptikoa) lotuta dago sinapsi fenomenoaren bidez.

Sinapsian: informazioa ez da zuzenean korrante ioniko bidez transmititzen. Mezulari kimikoek parte hartzen dute-→ neurotransmisoreak.

Sinapsi elektrikoa (ez-ohikoa) eta sinapsi kimikoa (neurotransmisoreak, orokorra den sinapsia) daude.

Z. presinaptikoa ^{informazioa} → zelula postsinaptikoa.

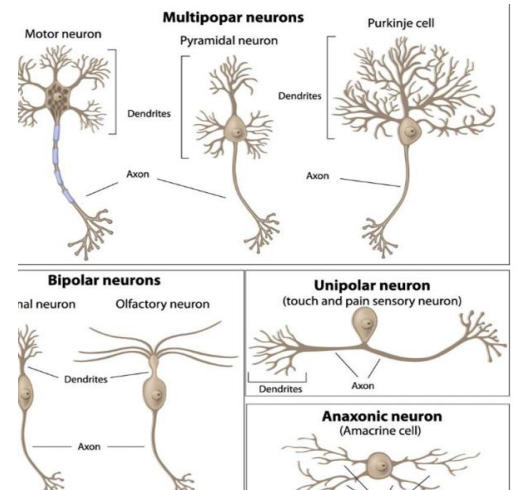
Z. presinaptikoa ^{informazioa} → z.postsinaptikoa



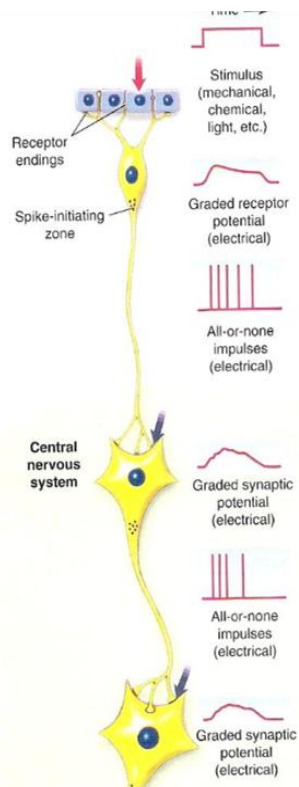
NEURONA MOTAK.

Azaldutako prozesu sinaptikoa berdina da neurona guztietan nahiz eta egestura desberdina eduki:

- Neurona multipolarrak: gune askotatik informazioa hartzen dutenak
- Neurona bipolarrak: gune bakarretik informazioa jaso
- Neurona unipolarrak: soma axoiaren erdian kokatzen dute
- Axoi gabeko neuronak



3. SEINALEAREN BARREIAPENA.



4.3. Irudia. Seinalea bidaltzeko potentzial graduatuak eta ekintza-potentzialak tartekatzen dira Hartzailan eratzten den potentzial graduatua kinadaren anplitude eta iraupenarekiko proportzionala da. Potentzial honek ekintza-potentzial bat sortzen du neuronaren axoian (lehen mailako hartzailan), eta honek arraildura sinaptikora askatzen den neurotransmisore kantitatea kontrolatzen du. Ondorioz, neurona postsinaptikoaren mintzaren iragazkortasuna aldatu egiten da eta potentzial graduatu bat eratuko da. Potentzial honek atari maila gainditzen badu ekintza potentzial bat (edo segida bat) sortuko du zelula postsinaptikoan.

Informazioa kanpo mediotik jasotzean, kinada hori bi seinaleen bidez garraiatzen da: ekintza potentziala eta potentzial graduatuak (distantzia laburretan dute eragina, berehala desagertzen direlako). Biak ezinbestekoak direnez, tartekatzen egiten dira.

EREDUA

Zelula hartzaileak kitzikagarriak dira eta hauek hartzaile batzuk izango dituzte zeintzuk kinada ezberdinen aurrean erreakzionatuko dute.

Potentzial diferentzia bat sortaraziko da kanalak irekiaraziz eta horren ondorioz, mintz potentziala aldatu egingo da.

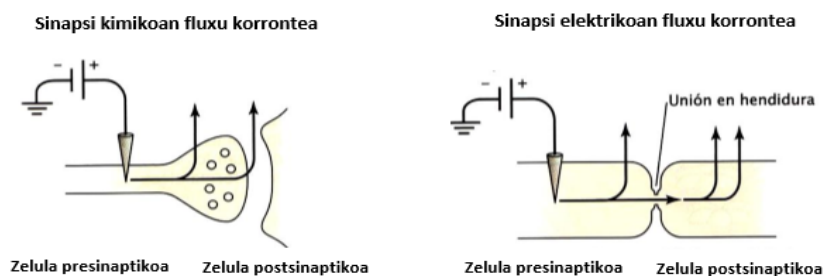
Potentzial hau graduatua da, iraupenarekiko proportzionala eta distantzia laburretara desagertu egiten dena. Kasu honetan, potentzial graduatu honek, soma zeharkatzen du kono axonikora helduz. Bertan, boltai menpeko sodio kanalen (VMNa+K) kopuru handiagatik ekintza potentziala emango da (atari maila gainditzekotan).

Axoi guztian zehar (anplitudea galdu gabe) barreiatu ondoren, sinapsia gertatuko da, informazio transferentzia emanez.

Ekintza potentziala sinapsira iristean, zelula postsinaptikoan mintzaren iragazkortasuna aldatu eta potentzial graduatu bat eratuko du. Berrito ere, honek, soma zeharkatu eta kono axonikoan atari maila gainditzen badu ekintza potentzial berri bat sortuko du. Beraz, garunera iritsi arte bi seinale hauen arteko prozesua bete beharko da.

Badakigun bezala, zelula kitzikagarrien ezaugarria boltai menpeko sodio kanalak (VMNa+K) dira, eta honen ondorioz gertatzen da ekintza potentziala. Baina honek ez du esan nahi boltai menpeko sodio kanalak zelula osoan agertu behar direnik (soman eta dendritetan ez) eta agertzekotan oso dentsitate txikian.

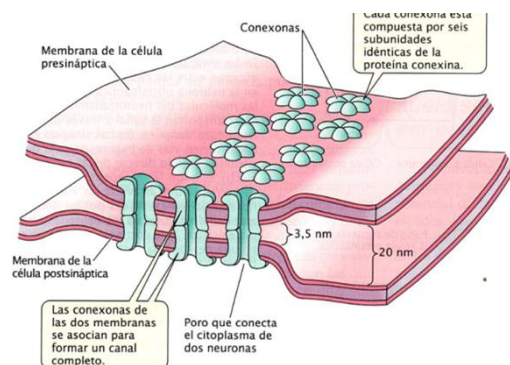
SINAPSI MOTAK



| EZAUGARRIA | SINAPSI ELEKTRIKOA | SINAPSI KIMIKOA |
|---|--------------------|--|
| Zelula pre- eta postsinaptikoen mintzen arteko distantzia | 3,5 nm | 30-50 nm |
| Jarraikortasun zitoplasmatikoa | Bai | Ez |
| Osagai estrukturalak | Gap loturak | Gune aktiboak eta besikulak zelula presinaptikoetan; Neurotransmisore hartzaileak zelula postsinaptikoetan |
| Transmisioaren erantzulea | Korronte ionikoa | Bitartekari kimikoa (neurotransmisorea) |
| Atzerapen sinaptikoa | Ez da nabaritzen | Gutxienez 0,3 ms, orokorrean 1-5 ms |
| Transmisioaren norabidea | Norantza bitan | Norantza bakarrekoa |

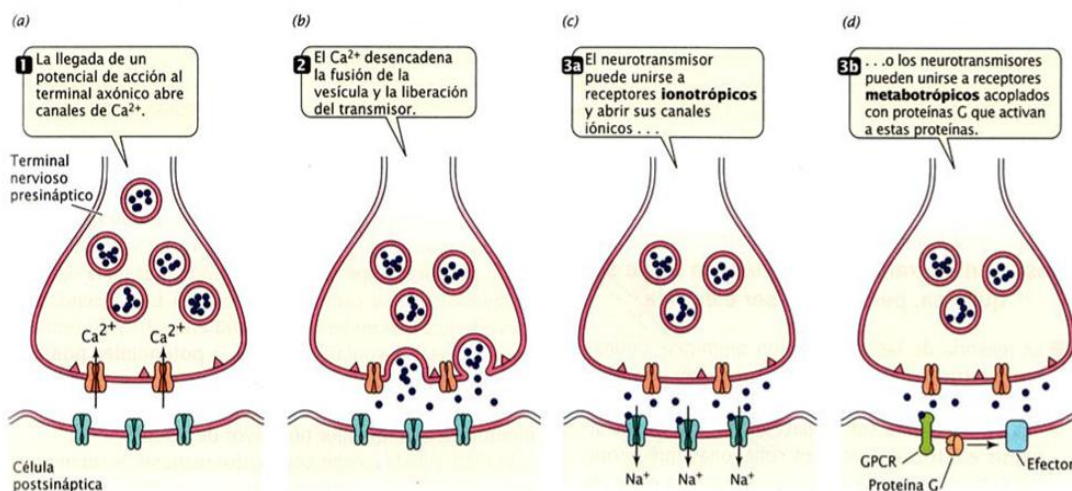
Potentzial graduatua egongo da : zelula presinaptikoaren azken zatian mezulari kimikoa askatu eta hurrengo zelulan potentzial graduatua eragingo du.

- **Sinapsi elektrikoa** emango da: korrante elektrikoa igarotzeko bi neuronak gap loturen bidez egon behar dira lotuta. Kanal hauek zelulak komunikatzen dituzten tunelak dira eta 6 konexoi alineatuz eratuta daude. Distantzia minimoa 3.5nmkoa izango da (zelula normalekin konparatuta oso murriztuta). Sinkronizazioa baimentzen du, muskulu kardiakoan mota honetako konexioak daude. Zelula bakarrak seinalea jaso eta hurrengo zeluletara berehala transmititzen du. Bestalde sistema honek ez du modelatzeko aukerarik ematen. Sinapsi honetan bi norantzatan ematen da → korrante ionikoa zelula batera (goian) edo bestera (behera) jun daiteke, bi norantzatan alegia. Zenbait kasutan hala ere, konexio hauek ez dute erresistentzia berdina alde batera edo bestera.



4.5. Irudia. Gap loturen estruktura molekularra. Proteinen hexameroek bi zelulen zitoplasmak

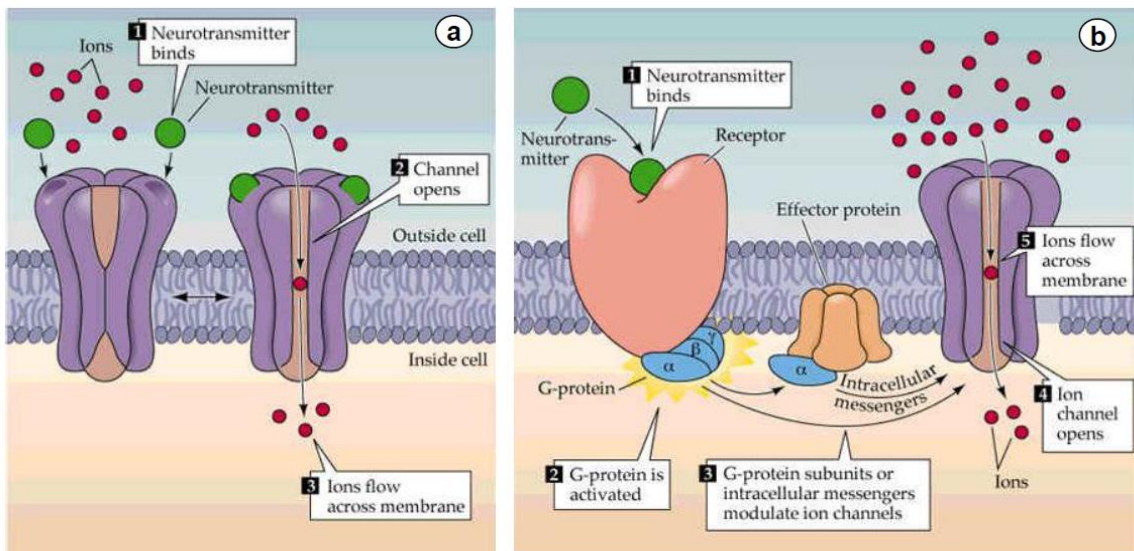
- **Sinapsi kimikoa** : Ca^{2+} ek eragiten du. Nerbio bulkadan, zelulek ez dute kanal espezifikorik. Bukaera axoietan ordea, tentsio menpeko kanalak ageri dira zeintzuk printzipioz itxiak ageri diren. Hauek irekitzean Ca^{2+} zelulara sartzen da (gradiantearen alde) eta honen sarreraren seinaleak, besikula sinaptikoak mintz zelularra hurbiltzea eragiten du. Besikula hauek mintzarekin fusionatu eta exozitosi prozesu baten bidez neurotransmisoreak arraidura sinaptikora (bi neuronen arteko gunea, 30-50 nm) askatzen dituzte. Neurotransmisore hauek zelula postsinaptikoak dituen hartzaile espezifiko batzuetara lotuko dira. Hartzaileak bi motatakoak izan daitezke:



4.6. Irudia. **Sinapsi kimikoa** Ekintza-potentzialak Ca^{2+} kanalak irekitzea eragiten du. Kaltzioaren sarrerak besikulek neurotransmisorea arraidura sinaptikoan askatzea eragiten du. Neurotransmisoreak zelula postsinaptikoan iragazkortasun aldaketak sortzen dituzten kanale ionikoak irekiaz edota erreakzio entzimatikoen sekuentzia bat aktibatuz, hartzaile G proteina bati lotuta dagoelako eta honek bestelako proteinak aktibatze dituzten bigarren mailako mezulariak ekoizten ditu.

Hartzaile ionotropikoa: adibidez, muskuluetan azetilkolina kanal ionikora lotzen da eta honen iragazkortasuna aldatzen du. Hartzailea kanal bat da, potentzia postsinaptiko baten ondorioz kanala zeharkatzen du neurotransmisoreak.

- Hartzaile metatropikoa : neurotransmisoreak konformazio aldaketa eragiten du beste proteina batean. G proteina bati lotzen zaio eta kanal inonikoaren konformazio aldaketa eragiten du. ez da kanal bat. Lotzean, kanal baten irekiera indutitzen duen prozesua mobilizatuko du. Horrela, korrante ionikoa pasa eta korrante postsinaptikoa suertatuz.



4.12. Irudia. a) Kanalei lotutako hartzaileak, **hartzaile ionotropikoak**, eta b) kanalarekiko independenteak diren hartzaileak, **hartzaile metabotropikoak**. Azken hauen ekintza-mekanismoak konplexutasun maila ezberdina erakus dezake, askotan bigarren mezulariak agertzen dira anplifikazioa ahalbidetuz

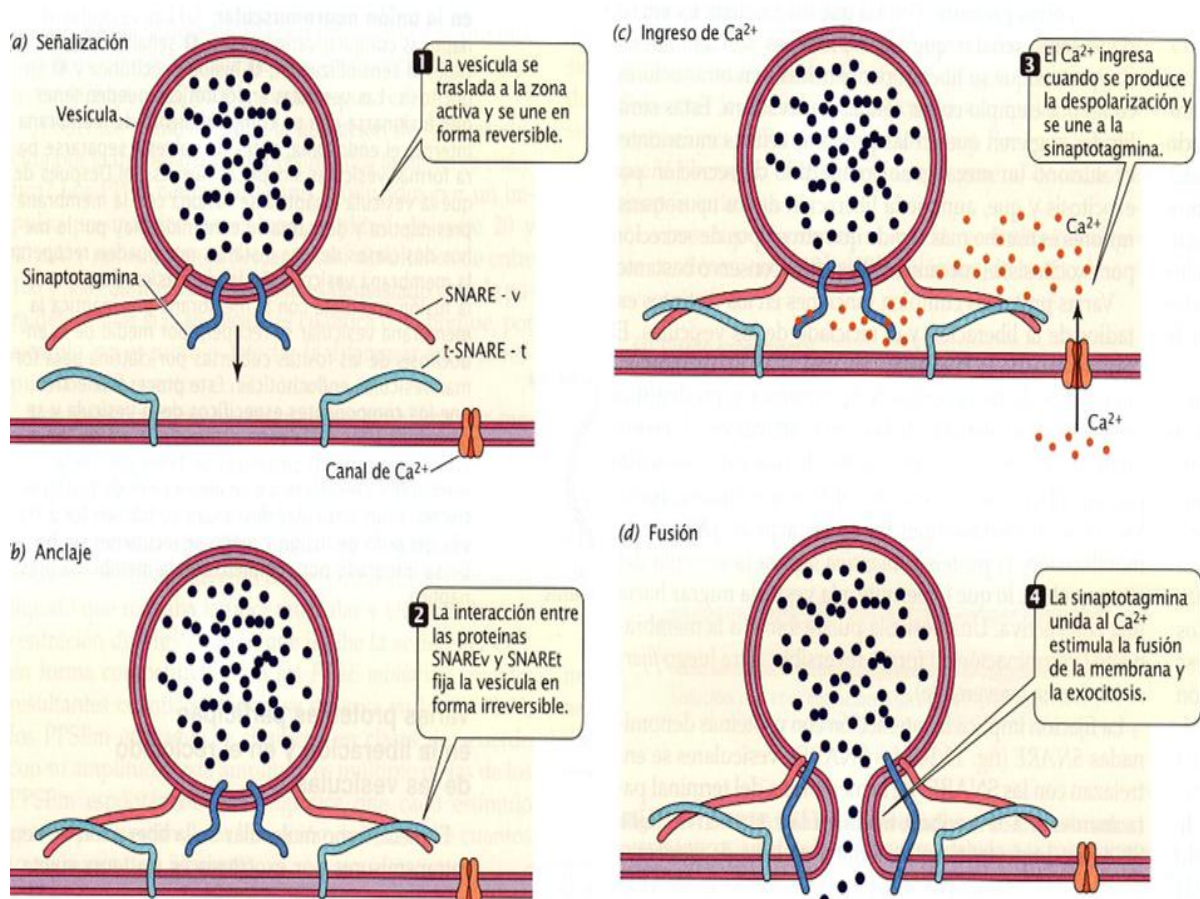
Besikulak orain zitoeskeletoari lotuko dira bukaera sinaptikoan, SINAPSINA eta AKTINA bidez. Kaltzioa barneratzen denean, hau KALMODULINAREKIN lotu egiten da konplexu bat eratuz eta horrela, beste proteina bat aktibatuko da (KINASA). Azken honek loturak puskatu (aktina eta sinapsinarena) eta horrela, besikulak solte geratuko da mintzerantz desplazatuz.

Besikularen mintzean proteina berezi batzuk daude:

1) SNARE-v: hau zelula presinaptikoaren t-SNARE-t-rekin lotu eta beraz, besikula gune aktiboan ainguratzen da. Besikulen exozitosi prozesua SNARE proteina batzuen bidez erregulatuta dago. Hauek, besikula neuronaren mintz terminalera lotzea ahalbidetzen dute.

2) Sinaptotagmina: lehendik sartu den kaltzioa besikulan dagoen proteina honekin lotu eta horrela bi mintzak fusionatzen dira.

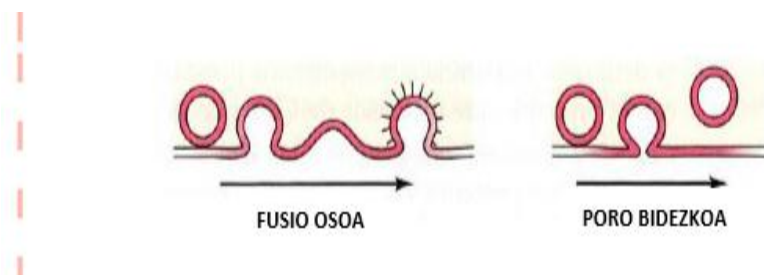
Transmisio sinaptikoa. Neurotransmisoreen askapena. Kanal ionikoak eta potentzial postsinaptikoak



BESIKULA SINAPTIKOEN BIRZIKLATZEA.

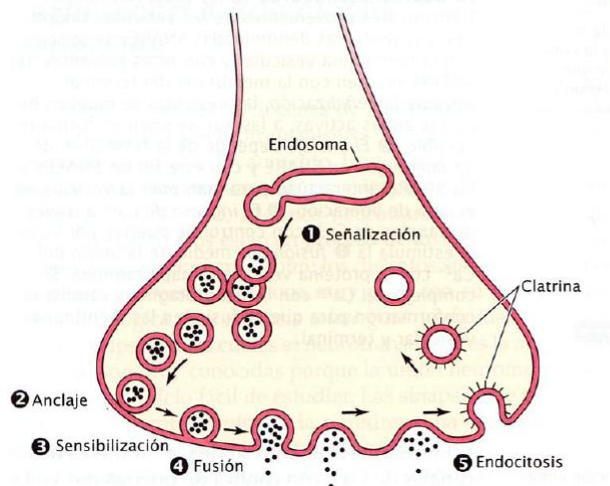
Mintzen arteko fusioa osoa izan daiteke edo poro txiki bat eratuz:

- **Fusio osoa:** besikularen mintza mintz presinaptikoarekin guztiz fusionatzen da eta endozitosi bidez berreskuratzen da.
- **Poro bidezkoa "besa y corre":** besikula sinaptikoak mintzarekin fusionatzen dira poro mehe bat eratuz.



Besikulak gune aktiboan etengabe fusionatzen dira, eta honek mintzaren luzapen bat ekartzen du. Endozitosi bidez besikulak birziklatu egiten dira, barruan zeuzkaten neurotransmisoreak behin askatuta, inbaginatu eta besikula berriak sortuko dira. Hauek neurotransmisorez beteko dira eta hurrengo sinapsirako prest egongo dira.

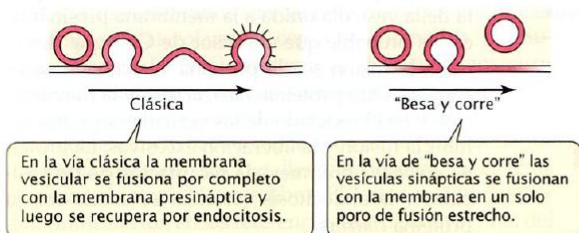
(a) Revisión del reciclado de las vesículas



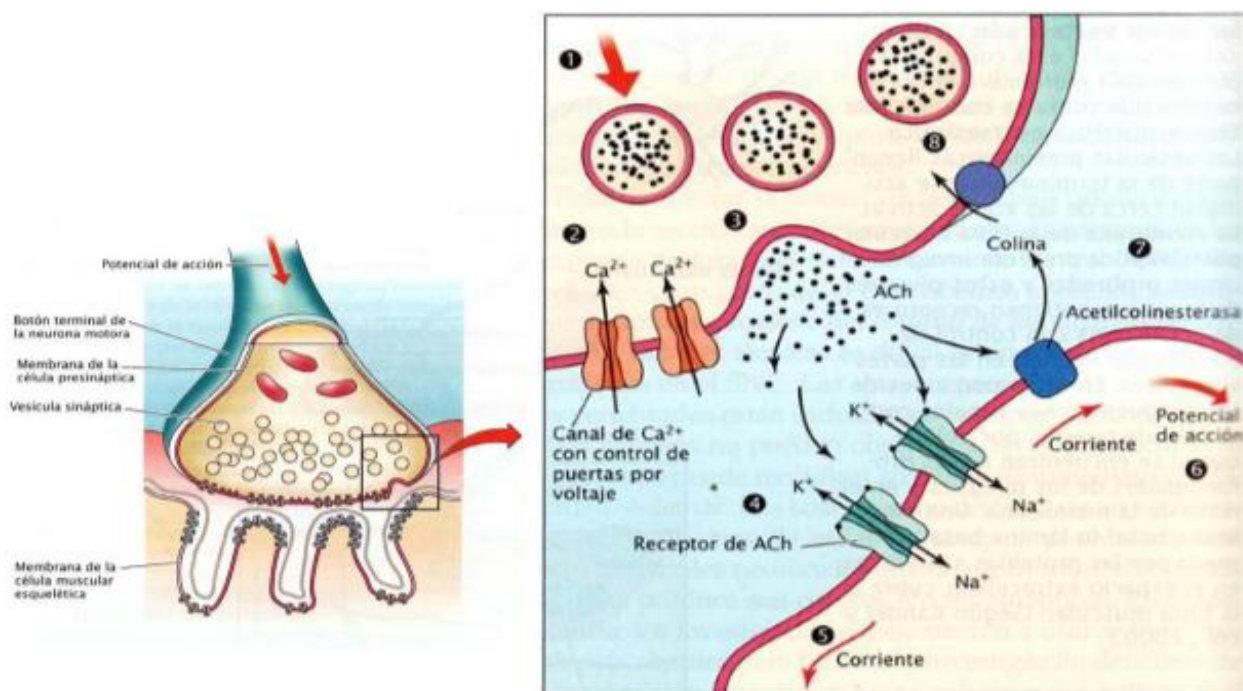
4.9. Irudia. Besikula sinaptikoen berziklatzea.

Mintzen arteko fusioa osoa izan daiteke edo poro txiki bat eratuz.

(b) Recuperación de la membrana de la vesícula



SINAPSI KIMIKOAREN GERTAERA.



- 1) Ekintza potentzialak terminal sinaptikoa despolarizatzen du.
- 2) Boltai menpeko Ca^{2+} kanalak irekitzen dira.
- 3) Besikulak mintzarekin fusionatzen dira neurotransmisorea askatuz (ACh).
- 4) Kanal ionotipikoa da ACh neurotransmisorearen hartzailea eta beraz Na^{+} eta K^{+} ioiak neurri berean pasatuko dira kanalean zehar.
- 5) Sarrera horrek korrante bat sortuko du mintzean zehar.
- 6) Ekintza potentziala emango da.
- 7) Hartzailera atxikitzen ez diren ACh-ak Azetilcolinesterasa entzimak hidrolizatu egingo ditu Azetil eta Kolina emanez.
- 8) Kolina zelula presinaptikora itzuliko da berriro, berrerabilia izateko.

Lotura neuromuskularrean, eta egoera honetan potasioa eta sodioa neurri berean pasatuko dira ($pK = pNa$).

Ekintza poteltzial bakoitzeko muskulua uzkuritu egiten da kinada kitzikagarria delako.

Zer gertatuko da ACh-ren iragazkortasuna emendatzen bada?

Iragazkortasuna emendatzean, mintz potentziala positiboagoa egingo da, despolarizazio handiagoa pairatuko duelako. Hori dela eta, neurotransmisoreak askatu egingo dira eta kanal berri gehiago irekitzea eragingo dute. Ioiien iragazkortasuna ere aldatu egingo da honenbestez, K^+ kanal gehiago irekiz, baina Na^+ iragazkorragoa bihurtuko denez, garrantzi handiagoa izango du eta balantze netoak sodioaren sarrera baimenduko du. Zelula gehiago despolarizatuko da eta potentzial postsinaptiko handia sorraraziko du.

POTENZIAL POSTSINAPTIKOAK.

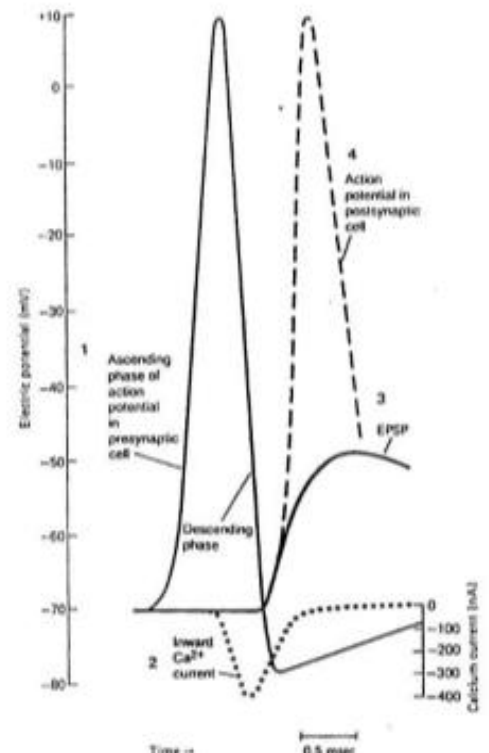
Transmisio sinaptikoan zeharreko gertakizunen erlazioa tenporala da. Zelula presinaptikoaren bukaera sinaptikoan, ekintza potentzialak eragindako sinapsiaren ondorioz potentzial postsinaptiko bat eratzen da. Potentzial hau graduatua da, anplitude txikiagokoa, baina iraupen luzeagokoa.

Kanala irekitzean potentzial aldaketa bat ematen da. Potentzial postsinaptikoa dendrita eta soman zehar garraiatzen da kono axonikoraino non atari maila gainditzen du.

Erantzuna ezberdina izan daiteke ioiaren arabera:

$Na \rightarrow$ despolarizazioa

$Cl / K \rightarrow$ inhibizioa

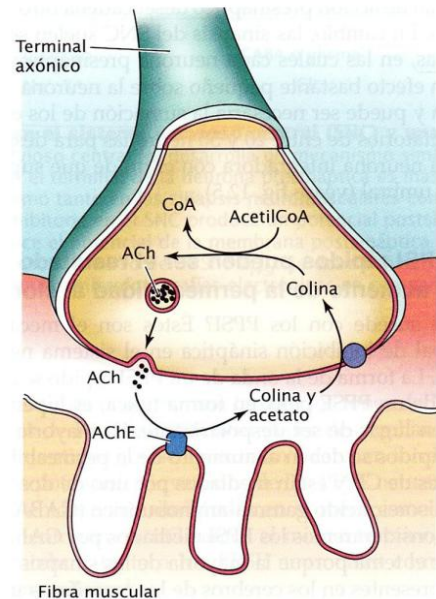


NEUROTRASMISOREEN SINTESIA ETA DEGRADAZIOA.

Neurotransmisore batek bere funtzioa egin eta gero, garrantzitsua da denbora guztian erantzuna ez emateko, bertatik askatzea. Koordinazioa behar duen prozesu bat da, transmisorearen "heriotza" suposatuko baitu. Seinalea mozteko (etete) 2 modu daude:

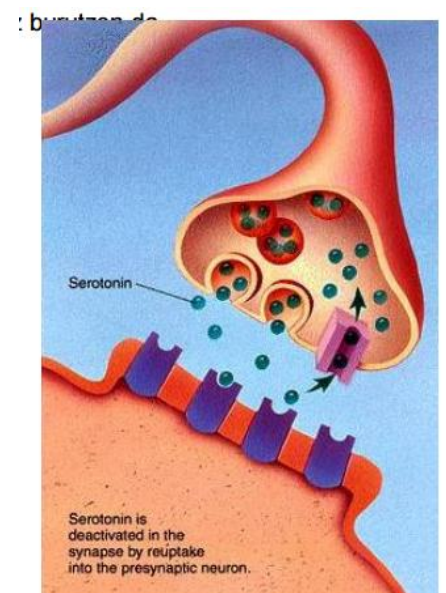
1) Azetilkolinarene (ACh) kasua

ACh bukaera sinaptikoaren zitoplasman sintetizatzen da. Arraildura sinaptikora heltzean bere funtzioa egiten du eta erantzun hori etete neurotransmisorea HIDROLIZATU egiten da (aktiboa ez den molekula bat), azetilkolina apurtuz. Ekintza horretaz azetilcolinesterasa (AChE) entzima arduratzen da, ACh- tik kolina eta azetiloa lortuz. Kontzentrazioa esponentzialki murrizten joaten da eragina galdu arte. Entzimaren bidez banandutako kolina (berez lortzea zaila dena), garraiatzaile baten bidez arraildura gunetik terminal sinaptikora itzultzen au ACh berria sintetizatzen da. Azetiloa, berriz, asko lortzen da eta azetatoa bihurtzen da ondoren beste prozesuetan parte hartu dezan, Krebsen adibidez. Zikloa behin eta berriro errepikatzen da.



2) Serotonina

Inaktibazioa neurona presinaptikora gertatzen den gertatzen den garraio bidez burutzen da. Serotoninak honetan ere kontzentrazioa esponentzialki murrizten da eragina galdu arte. Bertan, mintzean dauden GARRAIATZAILEAK serotoninari lotu eta arraildura gunetik zelula presinaptikora eramaten dute paketatu ostean prest egon dadin berriro ere besikula berriak sortzeko. Iraupena laburreko prozesua da.



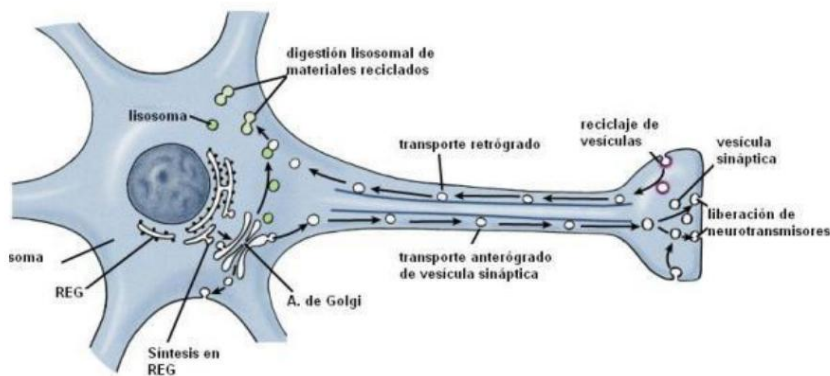
NEUROTRASMISORE MOTAK.

Neurotransmisoreak bi taldetan sailkatzen dira:

1) Aminak: molekula txikiak dira. Aminoazidoak dira edo hauetatik eratorriak (Azetilcolina izan ezik!). Sintesia bukaera sinaptikoan ematen da, bide metaboliko errazetatik sortuak. Lotura neurotransmuskularrean eskuragarritasun handia dute.

2) Peptidikoak: Proteina handiak dira. Sintesia nukleoan ematen da, DNAREN transkripzio eta itzulpenaren bidez (itzulpena erribosometan). Jarraian, Golgin paketatzen dira bukaera sinaptikoan. Axoien zeharreko garraioa.

- Arazoa: eskuragarritasuna, kopuru oso txikia nukleoan.
- Abantaila: oso potenteak dira eta hartzaileekin oso espezifikoak direnez seinalea amplifikatzeko aukera handiagoa daukate.



4.16. Irudia. Besikulen garraio axonikoa.

Neurotransmisore batek hartzaile asko izan dezake, horregatik erantzun ezberdinak sortarazten ditu hartzailearen arabera, baita kanalen eta korronteen arabera ere.

| Neurotransmisor | Clase de receptor | Directo/ ionotrópico | Indirecto/ metabotrópico | Mecanismo de acción común |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| Aminas | | | | |
| Acetilcolina | Nicotínico | X | | PPSE |
| | Muscarínico M_1 - M_5 | | | Proteína G → PPSI |
| Dopamina | d_1 | | X | |
| | d_2 | | X | |
| | d_3 | | X | |
| Noradrenalina | $\alpha_{1,2,3}$ | | X | |
| Serotonina | $\beta_{1,2}$ | | X | |
| | SHT ₁ | | X | |
| | SHT ₂ | | X | |
| | SHT ₃ | | X | |
| Aminoácidos | | | | |
| Glutamato | AMPA | X | | PPSE |
| | NMDA | X | | Segundo mensajero Ca^{2+} |
| | Metabotrópico | | X | DAG/IP ₃ |
| GABA | GABA _A | X | | PPSI |
| | GABA _B | | X | Proteína G → PPSI |
| Glicina | | X | | PPSI |
| Péptidos | | | X | Acoplado a proteína G (algún tipo de tirosina cinasa) |

PPSE = potencial postsináptico excitatorio; PPSI = potencial postsináptico inhibitorio; DAG/IP₃ = diacilglicerol/inositol trifosfato.

***Aminak** ezagunenak dira hormona bezala jokatzen dutelako sarritan.

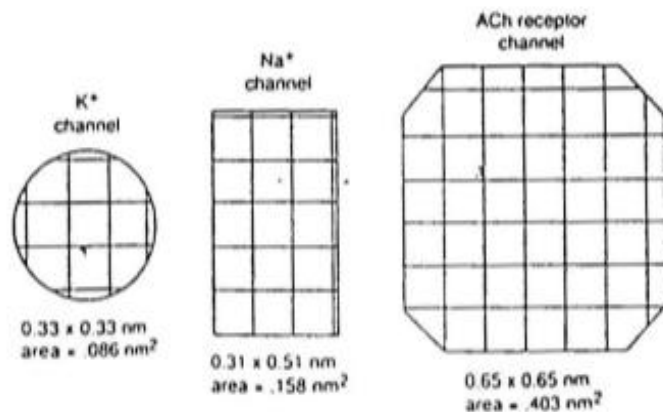
Adibidea: Azetilkolina neurotransmisore bakarra izanik 2 hartzaille mota izan detzake eratzun ezberdinak ematen dituztenak:

- **Nikotinikoa** lotura neuromuskularrean parte hartzen, hartzaille ionotropikoa izanik. Atari maila gaituz gero, ekintza potentziala emango da, kitzikatzaillea delako.
- **Muskarinikoa**, ordea, hartzaille metabotropikoa da eta inhibitzailea izango da gainera. Horren ondorioz, oso zaila izango da ekintza potentziala ematea.

IONIKOAK KANAL

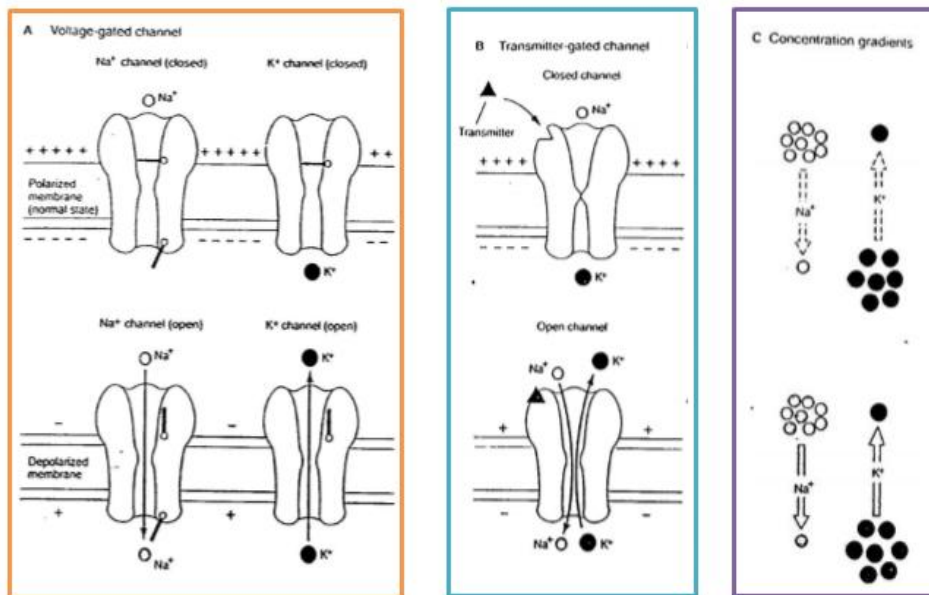
Zelula postsinaptikoen hartzailleak neurotransmisoreekiko espezifikoak dira. Hauek heltzean ohikoa den bezala kanalak ireki egiten dira. Iragazkortasun handia duten ioiak pasatzen dira normalean hauetatik, esaterako Na, K edota Ach (azetilkolina). Bakoitzak korrante ioniko ezberdinak izaten ditu. Gainera, zenbait irizpideen mende daude:

- Poloaren tamaina
- H₂O banatzeko gaitasuna
- Karga



Kanalen ekintza mekanismoak ezberdinak izan daitezke:

1. Kanalei lotutako hartzailen ekintza mekanismoa .



A) Boltai menpeko kanalak

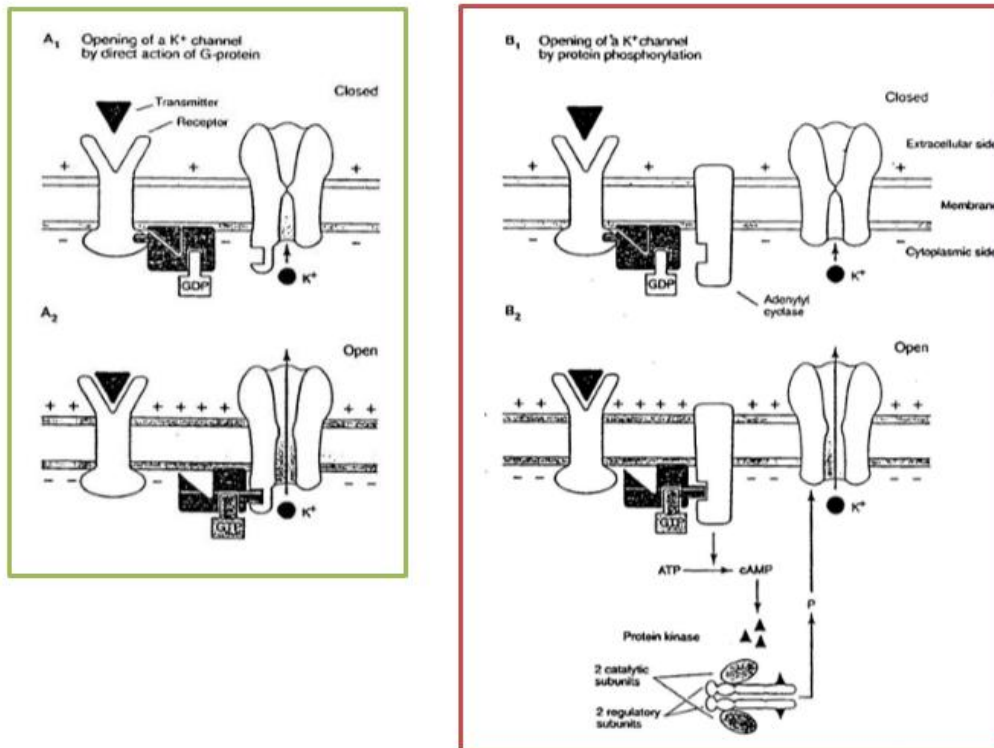
- Atsedendian itxi / Despolarizazioan ireki
- Kanal ionotropikoak dira, kanal bakarra eta azkarragoak dira, berak kontrolatzen duelako iragazkortasuna.

B) Neurotransmisore menpeko kanalak

- Neurotransmisorearen eraginez ireki. loien iragazkortasuna gora egin.
 - ✓ Na sartu / K atera
- Kanal metabotropikoak dira, irekiera kontrolatzen dute. Bigarren mezulariak ohikoak izaten dira, baina horretarako gradiente minimo baten beharra dute. Askoz ere geldoagoak izaten direnez (bitartekari gehiago behar dituztelako), ireki-itxi mugimenduak denbora asko behar du. Bitartekari gehiago egoteak abantaila bat suposatzen du, izan ere, seinalea amplifikatzeko aukera handiago ematen baitu, molekula bakar batek kanal ugari ireki ditzakeelako.

C) Gradiente ionikoa

2. Kanalarekiko independenteak diren hartzaileen ekintza mekanismoa



Hartzaile hauek bigarren mezulariaren bidez eraentzen duten kanalaren aktibitatea. Neurotransmisore gutxi batzuk eragin handia izan dezakete normalean molekula (G proteina, Adenilil ziklasa, CAMP, kinsa) bat baino gehiago aktibatzen dituztelako.

A) K⁺ kanalen irekidura G proteinen zuzeneko ekintzaz

- Neurotransmisorea G proteina aktibatzen du (G proteina bat baino gehiago aktibatu daitezke).
- G proteina kanalera itsastean ireki egiten du. o Azkar gertatzen da.

B) K⁺ kanalen irekidura proteinen fosforilazioaz

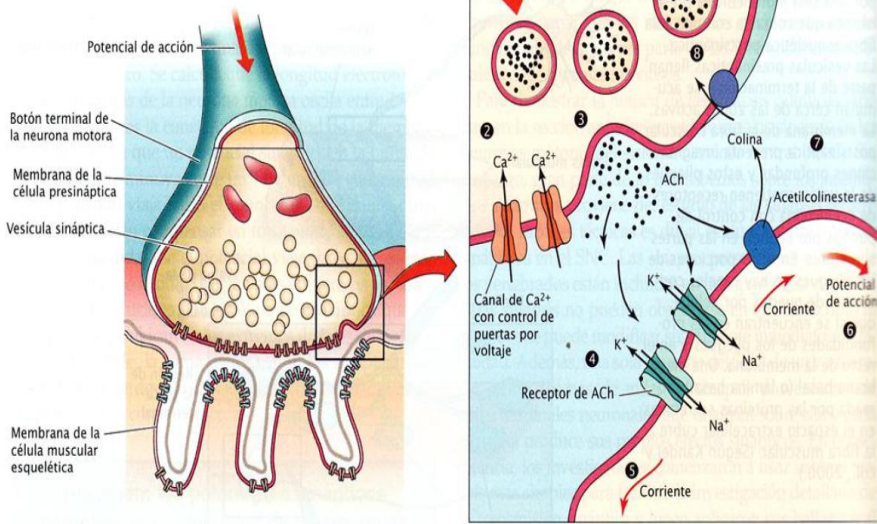
Neurotransmisoreak G proteina aktibatzen du eta Adenilil ziklasarekin lotzen da hau ere aktibatuz. Ziklasa honek (ATP gastuaz) cAMP ekoizten du, bigarren mezularia dena, eta kinsa aktibatzen du. Aktibatu berri den kinsa, kanalari lotzen zaio eta honen irekiera eragiten du.

2.5. INTEGRAZIO SINAPTIKOA. Batuketa, inhibizioa eta errazketa.

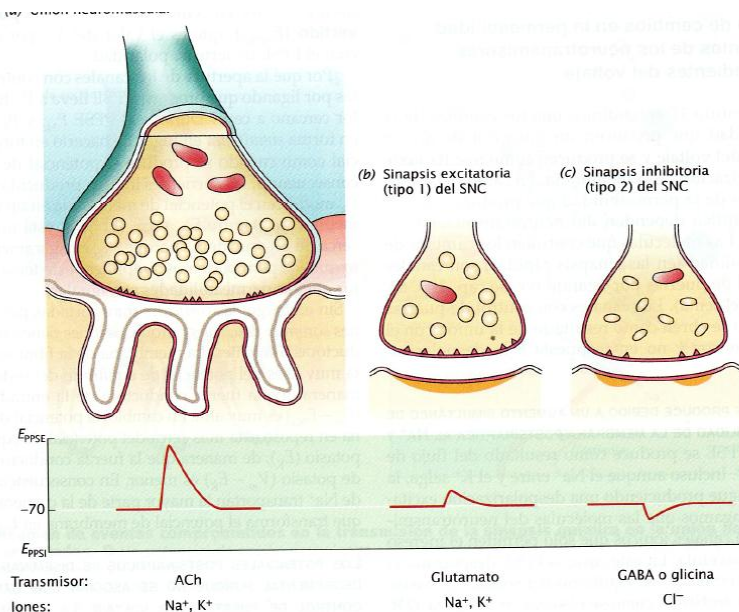
Neurona batek, aldi berean, seinale bat baino gehiago jaso ditzake beste neuronetatik. Seinale guzti hauek integratu egiten ditu erantzun bakarra eman ahal izateko. Irsten diren seinale guztiak ez dira berdinak: ekintza potentzial desberdinekoak izan daitezke, kimikoak, elektrikoak...

Neurotrasmisoreak eta zelula motore- muskulu elkarrekintza.

Zelula motore-muskulu zelula arteko lotura bakarra da. Muskulu zelulak oso handiak dira, eta hauek osorik uzkuertzeko nerbio bulkada beharrezkoa da. Neurotrasmisoreek ez dute erantzun jakin bat eragiten, neurotrasmisore- zel.errezeptore (edozein) loturaren arabera izango da erantzuna.



4.10. Irudia. Ornodunen lotura neuromuskularrean gertatzen den sinapsi kimikoaren gertakarien laburpena. (1) Ekintza potentzialak terminal sinaptikoa despolarizatzen du. (2) Boltai menpeko Ca²⁺ kanalak irekitzen dira. (3) Besikulak mintzarekin fusionatzen dira neurotrasmisorea askatuz (ACh).



- Azetilkolina Na⁺ eta K⁺ ren iragazkortasuna handitzen du, honela potentzial graduatu bat sortuz eta muskuluaren uzkuertzeta eraginez. Bere ausentzian muskulua erlaxatuta dago.

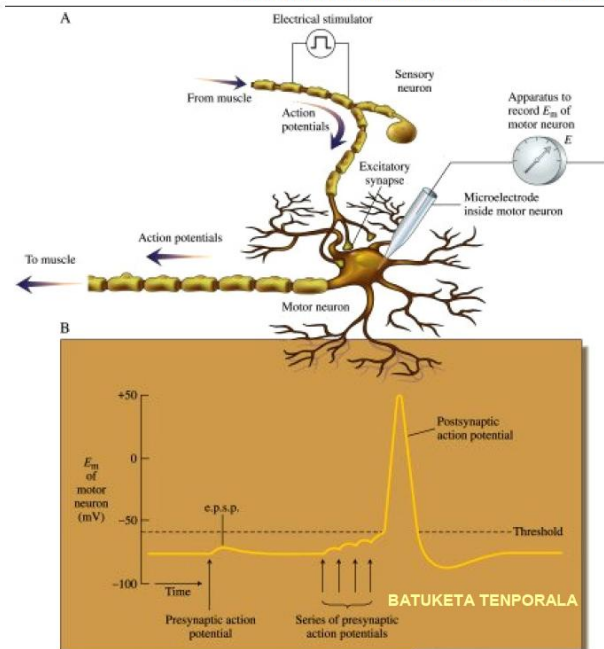
- Glutamatoak Na⁺ eta K⁺(NSZ) ren iragazkortasuna handitzen du ere, baino eragiten duen despolarizazioa zelula postsinaptikoan txikiagoa da.

5.1. Irudia. (a) Lotura neuromuskularreko sinapsia kitzikatzailea da beti baina nerbio sistema zentralean (b) kitzikatzailea zein (c) inhibitzailea izan daiteke.

- GABA edo glizinak inhibitzaile (NSZ) bezala jokatzen dute, Cl⁻ ren iragazkortasuna handitzen duelako eta hiperpolarizazio bat eragiten duelako.

Neurona motoretan informazioa direkto muskulu zelulara transmititzen da, neurona motoreak muskulu zelularekin kontaktuan daudenak direlako. Nerbio bulkada bakarra ez da nahikoa izaten neurona motoreak erantzun aktibo bat emateko. Lau ekintza potentzial (nerbio bulkada) iristekotan bata bestearen jarraian,erantzunak gehituz doaz atari maila gainditu arte. Lau nerbio bulkadek esan nahi dute kinadaren intentsitatea handia dela.

5. Integrazio sinaptikoa. Inhibizioa, batuketa eta errazketa

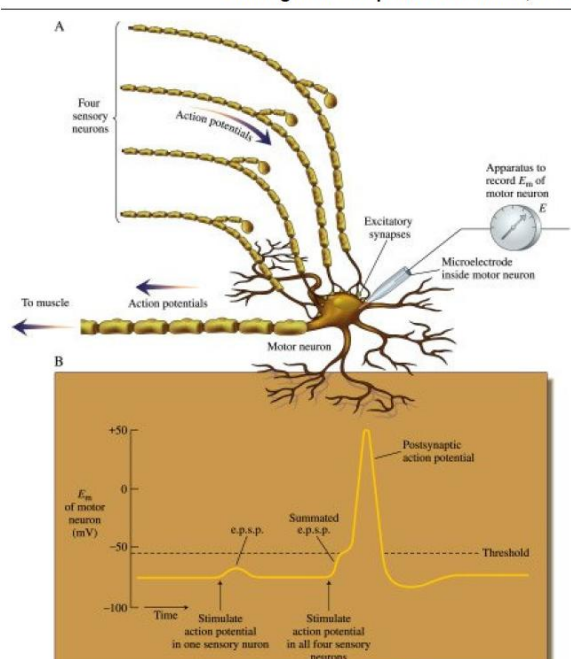


5.2. Irudia. Transmisio sinaptiko kitzikatzailea. Ekintza potentzial presinaptiko bakar batek despolarizazio txiki bat sortuko du zelula postsinaptikoan. Honelako erantzunei potentzial postsinaptiko kitzikatzaile deritze (EPSP). Ekintza potentzialaren eragina desagertu aurretik bigarren ekintza potentzial bat iristen bada, bigarren EPSPa lehenengora batu daiteke despolarizazio handiagoa sortuz. Bukaera presinaptiko beretik datozen ekintza potentzialen eraginen batura **batuketa tenporala** da.

Aktibatzaile:

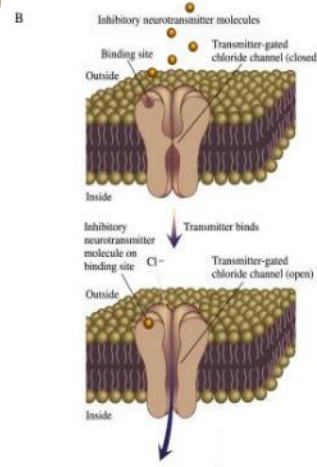
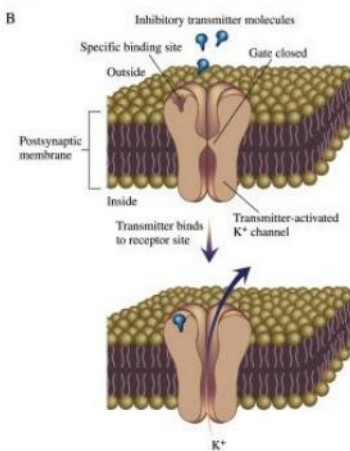
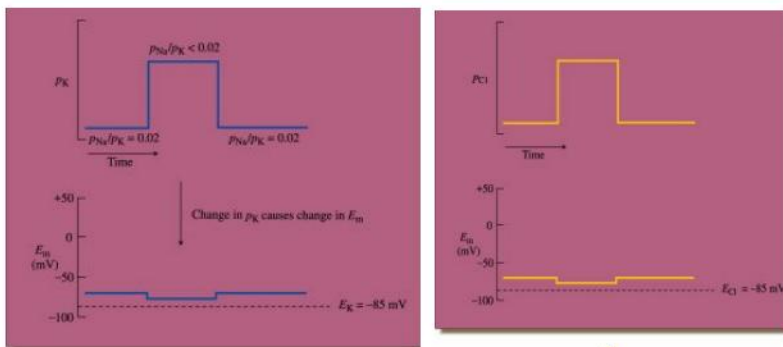
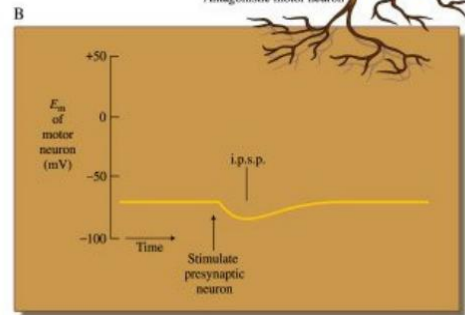
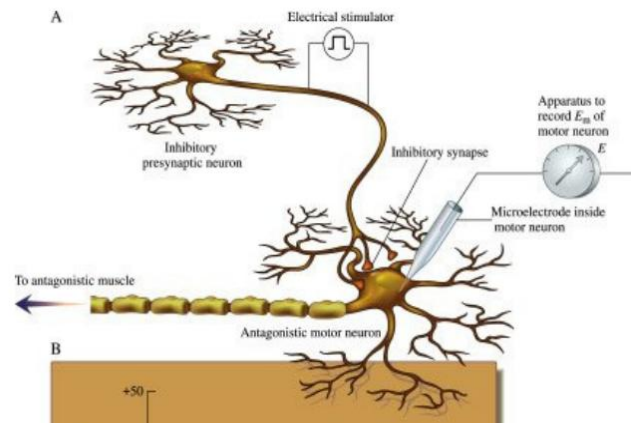
Lau nerbio bulkada hauek zelula presinaptikora iristen dira, bertan azetilkolina neurotransmisorea askatuko delarik. Neurotransmisore honek eragingo du erantzun postsinaptiko bat (potentzial graduatua).

5. Integrazio sinaptikoa. Inhibizioa, batur



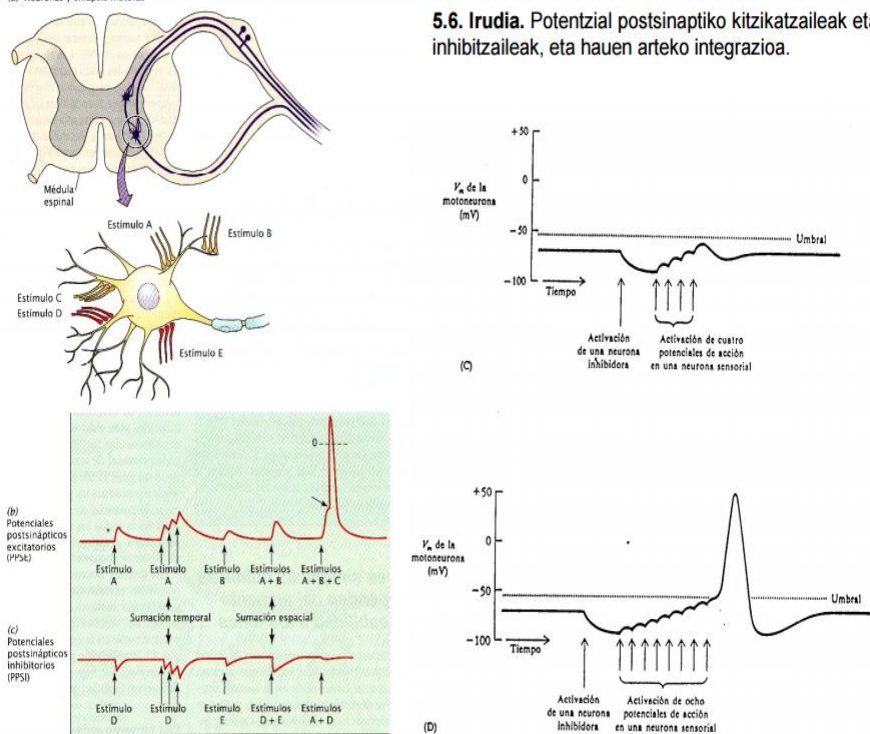
5.2. Irudia. Transmisio sinaptiko kitzikatzailea. Ekintza potentzial presinaptiko bakar batek despolarizazio txiki bat sortuko du zelula postsinaptikoan. Honelako erantzunei potentzial postsinaptiko kitzikatzaile deritze (EPSP). Ekintza potentzialaren eragina desagertu aurretik bigarren ekintza potentzial bat iristen bada, bigarren EPSPa lehenengora batu daiteke despolarizazio handiagoa sortuz. Bukaera presinaptiko beretik datozen ekintza potentzialen eraginen batura **batuketa tenporala** da.

Inhibitzaile: Neurotransmisoreek hiperpolarizazioa sortzen dutenean ematen da (mintza negatiboago bihurtu) Potentzial honek ez du inoiz ekintza potentzialik sortuko eta potentzial postsinaptiko kitzikatzaila deuseztatu dezake.



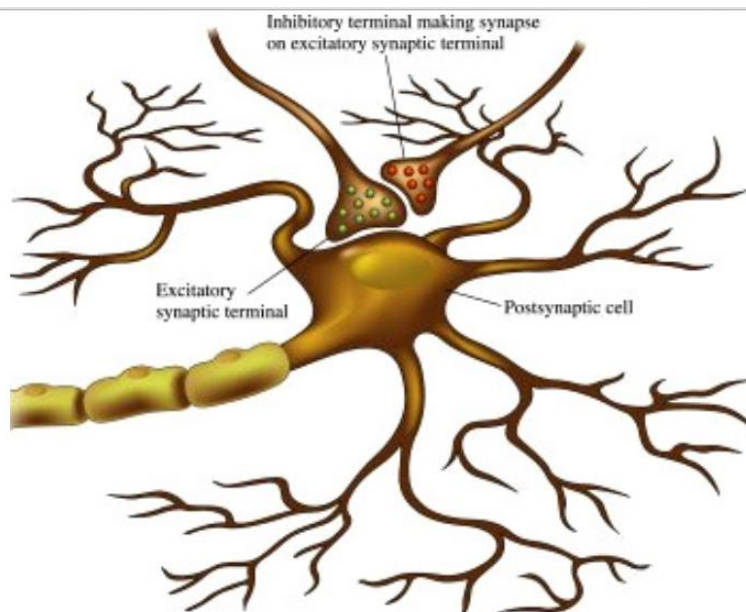
Potentzial postsinaptiko inhibitzailea K^+ eta Cl^- kanalak irekitzen sortzen da, mintz potentziala negatiboagoa bihurtzen delako, atari mailatik urrunduz. K^+ ateratzen da eta Cl^- sartu.

5.6. Irudia. Potenzial postsinaptiko kitzikatzailak eta inhibitzaileak, eta hauen arteko integrazioa.



Sinapsi inihibitzaile batek, eragingo du ekintza potentzial gehiagoren beharra egotea atari maila gainditu eta nerbio bulkada bat edo potentzial garduatu bat sortzeko (C eta D irudiak). Horrela, informazioa soilik pasako da kinada askoz ere intentsoagoekin.

Neuronen ze lekutara iristen den neurona sentsorialaren kinada oso garrantzitsua da. Kono axonikotik geroz eta urrunago gertatu, kinada intentsoagoa izan beharko da nerbio bulkada bat sorrarazteko. Izan ere, potentzial graduatuak direnez kono axonikora iristen direnak, geroz eta haietatik gertuago eman sinapsia; konora iritsiko den potentziala altuagoa izango da. Oso urruti emanda gerta daiteke ez iristea kinadarik kono axonikora. Kinada inhibitzaileak normalean kono axonikotik gertu ematen dira.



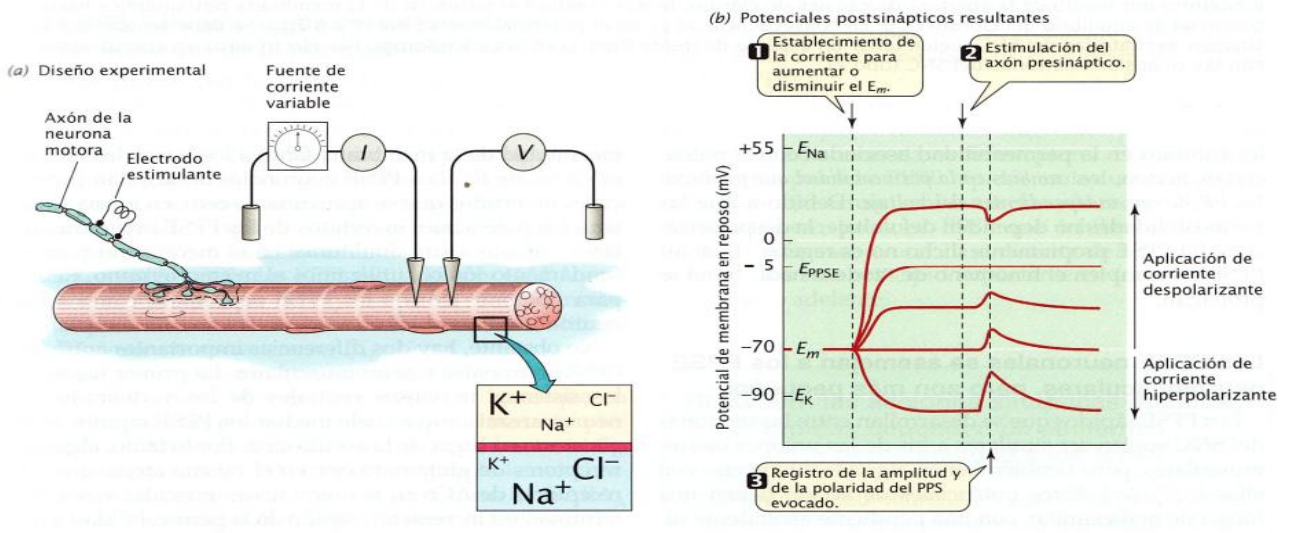
5.7. Irudia. Sinapsi inihibitzaileek zelula postsinaptikoan zein terminal presinaptiko kitzikatzailan izan dezakete eragina.

Sinapsi inhibitzaileak, sinapsi kitzikatzaillearen eragina murriztu dezake, kitzikatzailleak jariatuko dituen neurotransmisoreak txikituz. 5.7 irudian, inhibitzailea kitzikatzaillearen zelula presinaptikoa da, eta kitzikatzaillea neurona motorearen zelula presinaptikoa. Honi, **inhibizio presinaptikoa** deritzaio. Honetan, seinale inhibitzaileak zelula presinaptikoko seinale kitzikatzailleainhibitzen duelarik.

Irudiko zelula inhibitzailea neurona motorearekin kontaktu zuzenean egongo bazen, berari sinapsia eginez, zelula kitzikatzaillearen eta inhibitzailearen 2 neurotransmisore moten arteko borroka bate gongo zen. Aurreko egoeran, seguru gaude inhibitzioa gertatuko dala ordea. Lehen esan bezala, seinale hiperpolarizatzaile eta despolarizatzaileak tenporalki eta espazialki batu daitezke, seinale bakarrean bihurtuz. Batuketa honen ondorioz, tarteko egoeran geratu daiteke, batak bestea inhibititu dezake edo bestearen eragina moteldu. Zenbaitetan, seinale kitzikatzaille gehiago egon arren, seinale inhibitzaile batek atari mailara ez iristea eragin dezake.

- **Hiperpolarizazioa** sortzen duen edozein sinapsi, **inhibitzailea** da.
- **Atari maila gainditzeko aukera** ematen duen edozein sinapsi, **kitzikatzaillea** da.
- **Seinalea positiboa** izan arren, **ez** badu atari **maila gainditzeko aukerarik** ematen (bere errebertsio potentziala ez delako atari mailara iristen) **inhibitzailea** izango da.

Errebertsio potentziala: egoera berri baten aurrean mintz potentziala zein baliorantz mugituko litzatekeen eta balio maximoa zein izan daitekeen adierazten duen balioa.



5.8. Irudia. Lotura neuromuskularrean korrante postsinaptikoak errebertsio potentziala eragiten du (E_{EPSP}) zuntz muskularraren mintzean.

5.8 irudia.

→Azetil kolinaren erantzuna handiagoa da mintz potentzialaren balio oso baxua de-nean(hiperpolarizatuago dagonean, despolarizazio handiago bat eragingo du).

- K^+ ek sartzeko joera handiagoa izango du.
 - i. 1.Gradiante elektrikoaren indarra handiagoa izango delako. Na^+ gain K^+ ere sartuko da beraz.
 - ii. Potasioaren oreka potentziala baino urrunduago aurkituko de-nez mintzaren potentziala, K^+ ek ere sartzeko joera izango du bere oreka baliora iritsi arte. Hasieran sodioa eta potasioa sartuko dira baino gero potasioak sartzeari utziko dio bere oreka baliora iristean.

→ Na^+ ek sartzeko joera txikiagoa du mintza despolarizatuago dagoenean. Izan ere, gradiente elektrokimikoa txikiagoa da eta sodioaren oreka potentzialetik gertuago aurkituko da mintza.

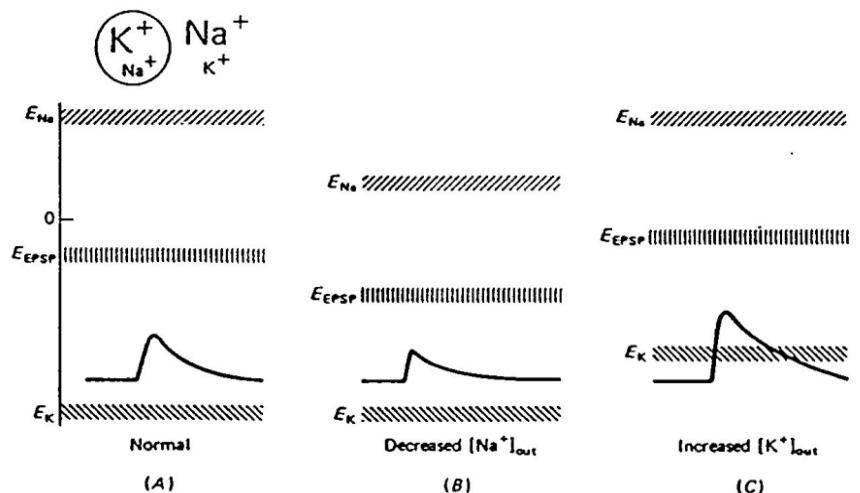
→Bi iragazkortasunen balioak orekan daude, ez dago mintz potentzialaren aldaketa. Balio honi errebertsio potentziala deritzo.

→Hiperpolarizazioa gertatzen da, K^+ ek ateratzeko joera handiagoa du Na^+ ek sartzeko baino. (oso gertu gaude V_{Na^+} etik)

$i_{Na^+} = P_{Na^+} (V_m - V_{Na^+})$

$i_{K^+} = P_{K^+} (V_m - V_{K^+})$

→ V_{Na^+} superatuko bagenu, hiperpolarizazioa handiagoa izango da bai K^+ eta Na^+ ateratzeko joera izango dutelako.



5.9. Irudia. Errebertsio potentzialaren anplitudea sodio eta potasio ioien kontzentrazioen menpekoea da.

Errebertsio potentziala atari mailatik behera kokatzen bada, ez da kitzikapenik egongo. Despolarizazioak gertatu arren ez da zuen atari maila gaindituko, sinapsi inhibitzailea izango zen.

Errebertsio potentziala atari mailatik gora badago, sinapsi kitzikatzailea da. Nahiz eta askatutako neurotransmisoreak ez izan gai atari maila gainditzeko moduko potentziala sortzeko eta nerbio bulkadarik ez gertatu, nerbio bulkada gertatu daitekeenez izaera kitzikatzailea duen sinapsia izango da.

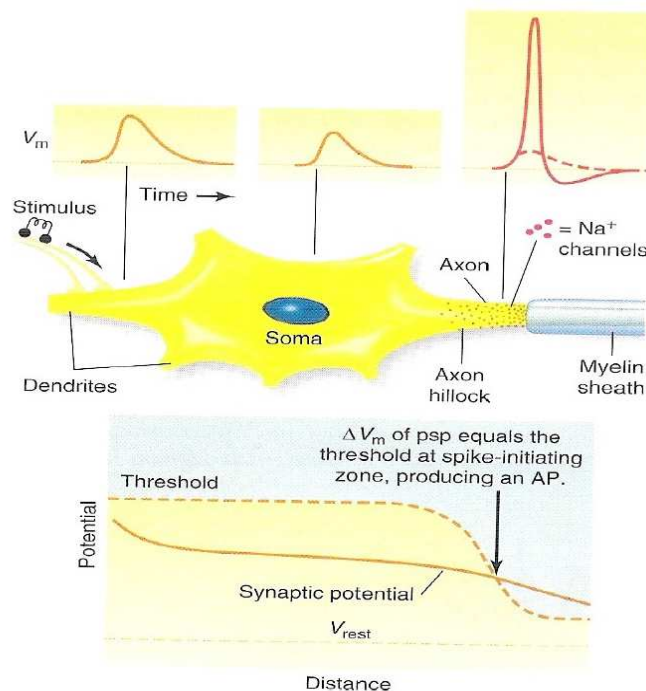
Azetil kolinak errebertsio potentziala V_{Na^+} eta V_{K^+} artean kokatzen du, bien kanalak irekitzen dituelako.

Sodioaren kontzentrazio extrazelularra jaisten badugu, V_{Na^+} jaisten ari gara ere, gradiente elektriko desberdintasuna txikituz. Despolarizazioa txikiagoa izango da. Horrela ondorioztatu zen sodioak potentzial postsinaptikoan eragina zuela.

6.GAIA. OINARRIZKO INTEGRAZIO NEURONALA. KONBERGENTZIA ETA DIBERGENTZIA. NEURONA ZIRKUITUAK.

Neurona bakoitzak milaka neuronetatik sinapsi desberdinak jasoko ditu. Seinale hauek era askotakoak izan daitezke: neurotransmisore deseberdinak eraginda, kanal deseberdinen irekitzea...eta bakoitzak mintz aldaketa bat (deseberdina bakoitzean) ekarriko du. Neuronak seinale guzti horiek integratu eta potentzial postsinaptiko graduatu bakarria erakutsiko du. Seinale hauen integrazioa batuketa espazial zein tenporaletan datza sinapsi kitzikatzaileetan eta kenketan seinale inhibitzaileen kasuan.

Neuronen soman ez dago boltai menpeko sodio kanalik eta bertako atari maila oso oso altua da. Hori dela eta, soman ez da inoiz nerbio bulkadarik sortuko. Beraz, sinapsiaren ondorioz sortutako potentzial graduatua gutxipenez transmititzen da kono axonikora iritsi arte. Kono axonikoan atari maila baxuagoa da, eta potentziala honera iristean nahiz eta sortuko duen despolarizazioa jatorrikoa baino baxuagoa izan nerbio bulkada bat eragingo du bertako atari maila gainditzen bada. Kono axonikoan atari maila baxuagoa da boltai menpeko sodio eta potasio kanalak daudelako. Hortaz, bertan erantzun bat emango da, ekintza potentziala (EP) sortu bai ala ez; eta baiezkoa izatekotan zein maiztasunekin sortuko den kontrolatuko du. Horrela, nerbio bulkaden maiztasunaren arabera kinadaren intentsitatea jakin dezakegu, adb: nerbio bulkada gutxi badaude kinadaren intentsitatea txikia izan dela ondoriozta dezakegu. Behin ekintza potentziala sortzen bada, axoian zehar anplitudea galdu gabe garraiatuko da.



6.1. Irudia. Potentzial sinaptikoaren atari mailaren murrizpena eta ekintza potentzialaren sorrera.

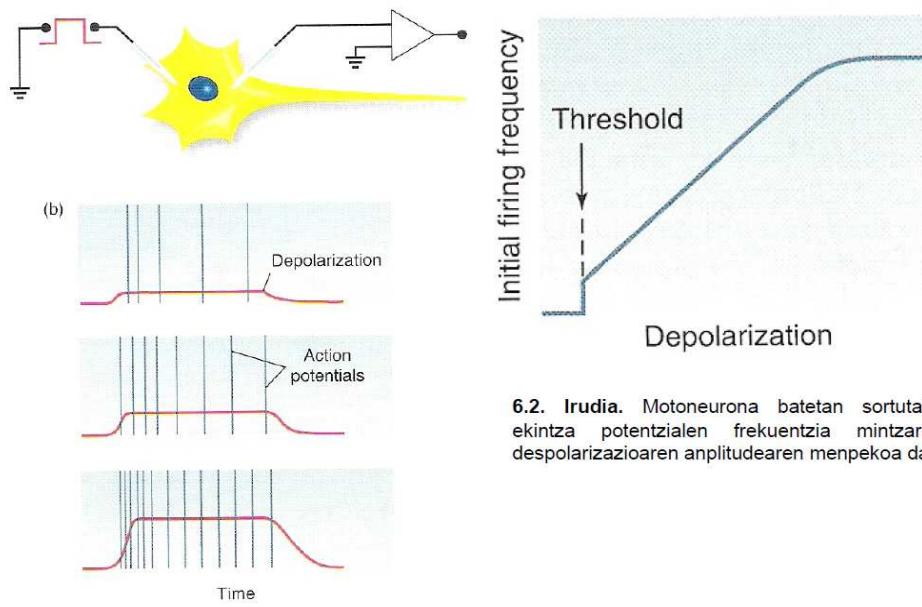
Zelula kitzikagarrietan, orokorrean, guk deskribatzen dugun geldialdi edo atsedendaldiko egoera ez da mantenduko. Etengabe, modu konstantean, seinaleak jasoko dituzte eta hauei erantzunez ekintza potentzialak sortaraziko dituzte. Horregatik, normalean, guk seinale hauen modulazioa edota bidaltzen diren ekintza potentzialen maiztasuna da neurtuko duguna. Neuronak etengabe daude EP bidaltzen, EP hauen maiztasunak dira aldatuko direnak (graduazioa). EP maiztasuna, (EP kopurua/denbora unitateko) kono axonikora iritsen den potentzial graduatuaren menpekoa izango da. Halaber, EP maiztasuna seinale intentsitate adierazlea izango da.

Adibidez, gure begiko fofohartzaileak ez daude geldi argia noiz iritsiko zain. Seguruena fofohartzaileak nerbio sistema zentzuzko (NSZ) bidaltzen duen seinalea etengabekoa da.

Neuronaren somak eta dendritek zelula ez kitzikagarri moduan jokatuko dute, horregatik atari maila (AM) izugarri altua izango dute. Ekintza potentzialak beraz, neuronan kono axonikoko sortzen dira, hemen VMNa kanalen dentsitate oso altua dagoelako eta ondorioz atari maila txikia izango delako. Nahiz eta potentzial postsinaptiko graduatuak dendrita eta soman zehar garraiatzean anplitudea galdu, kono axonikoko atari maila gainditu ahalko dute gehienetan, ekintza potentziala sortuz.

Halaber, sinapsia (kono axonikotik duen distantziak eragina) non ematen denaren arabera, desberdintasunak egongo dira. Ez du eragin berdina dendrita puntako sinapsi batek edo kono axonikotik gertu geratzen den sinapsiak. Kono axonikotik zenbat gertuago egon, orduan eta eragin altuagoa izango du, potentzial graduatuak distantzia motza egin beharko baitu.

Potentzial graduatua kono axonikora iristean AM gora badago EP sortuko da. EP motza izango da eta aldi errefraktario absolutuan sartuko da. Potentzial graduatu luzeagoa denez, aldi errefraktario horren ostean jarratzen badu, 2. EP sortu daiteke. Zenbat eta potentzial graduatua intentsiboagoa izan, lehenago gaindituko du AM eta frekuentzia altuagoa izango da. Gainera, potentzial graduatuaren anplitudea zenbat eta handiagoa izan, azkarrago emango da 2. EP hori. Anplitude txikiagokoa izatekoan, VMNa gutxiago irekiko dira eta denbora gehiago beharko du AM gainditzeko.



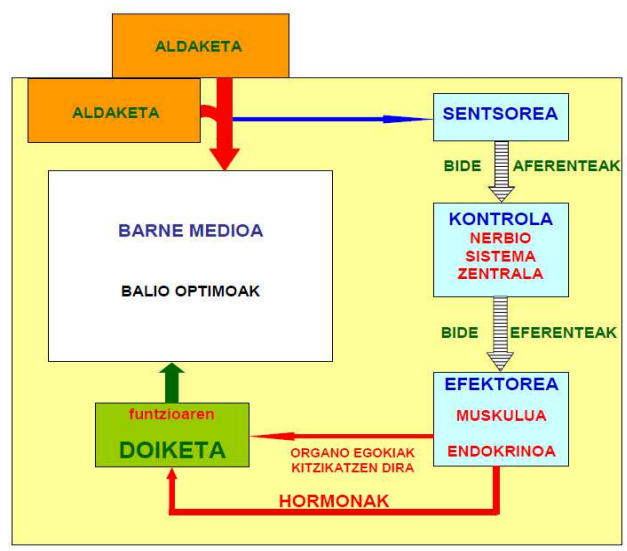
6.2. Irudia. Motoneurona batetan sortutako ekintza potentzialen frekuentzia mintzaren despolarizazioaren anplitudearen menpekoa da.

Despolarizazio maila (anplitudea) eta EP maiztasun artean erlazioa dago. Despolarizazio balio minimoa behar da, AM hain zuzen, behin maila lortuta maiztasun bat izango dugu (EP/t unitateko). Despolarizazioa emendatzen doan heinean maiztasuna emendatzen doa, EP gehiago bidaliz.

- Muga bat egongo da. Zeinek mugatuko du EP maiztasun maximoa? Aldi errefraktario absolutuak. Denbora minimo batean, gutxienez EP sortu gabe egongo da. Ekintza potentzialaren maiztasun maximoa tentsio (boltai) menpeko sodio kanalaren (ireki-itxi) araberakoa izango da. Segunduko zenbat nerbio bulkada transmititzen diren neurtu dezakegu.

NS-ra informazioa bidaltzeko animalia talde guztiek tresneria berdina erabiltzen dute: korrante ionikoak (EP ete PG). Kanalak irekitzean, iragazkortasun aldaketa emango da, eta honek potentzial aldaketa eragingo du (potentzial graduatua sortuko da eta AM gainditu ezker aurrerago ekintza potentziala).

Eredua (6.3 irudia): barne eta kanpo informazioa jasotzeko sentsoreak, neurona eraldatuak ditugu. Sentsoare hauekin inguru edo barne medioko informazioa jasotzen dugu eta kinada espezifiko aurrean erantzun desberdinak egongo dira (termoartzailea, ekanohartzaile, kimiohartzaile), kinada iturriaren araberakoak.



6.3. Irudia. Barne medioaren mantenturako animalien sentsoare-kontrol-efektore sistema.

Hartzaileen funtzioa= kinadaren energia (mekanikoa, kimikoa, elektromagnetikoa) eraldatu behar du NSZ-ak ulertzen duen hizkuntzara. NSZ ulertzen duen seinale mota potentzial aldaketa izango da. Kinada hauen aurrean, kanal batzuk ireki eta potentzial aldaketa emnago da. Hori kontrolera, NSZ iritsiko da neuronatik neuronara seinalearen garraioa emanez (sinpasia→korrante ionikoa→potentzial graduatu→integratu seinale batean→soma elektrotonikoki igaro, anplitudea murriztuz jungo da→kono axonikoan VMNa altua denez→AM baxuagoa→bertan sortu ekintza potentzialak=seinalearen garraiorako prozedura berdina erabiliko da neurona guztietan). Kontroladorean erantzuna sortu eta prozedura berdinarekin efektoreraino garraiatuko da seinalea. Ikus daitekeenez, bide oson zehar potentzial graduatuak, ekintza potentzialak Na eta K kanalen mugimenduak eta sinapsiak aginduko dute..

Animalia guztion tresneria berdin izan arren, animalia batzuek NS konplexuagoak eta funtzio konplexuagoak betetzen dituzte. Gizakiarengan, animalien artean konplexuena izango da baina sinpleagoen oinarri berdinak izango ditu. Diferentzia kopuruan egongo da NS konplexuetan unitate (neurona) kopurua oso altua, zirkuitu konplexuagoak eratu eta funtzio konplexuagoa kontrolatzeko.(ad/ gizaki garunean 1010 neurona).

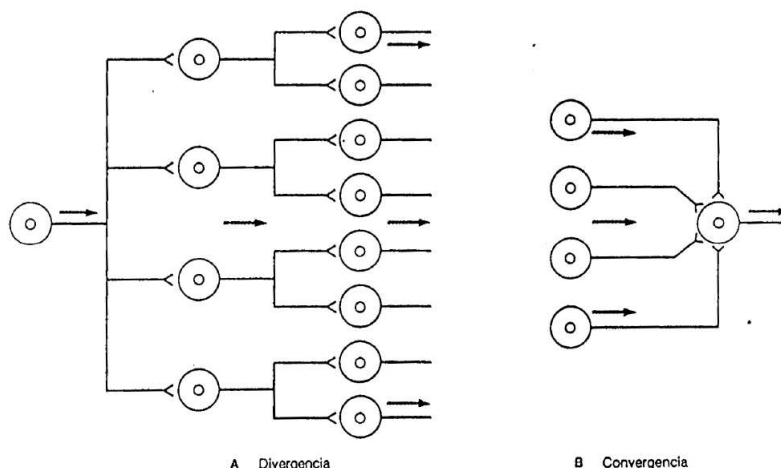
NS sistema organismoko garrantzitsuenetarikoa izango da, beste sistemak kontrolatzen dituelako. Zirkuitu ugari daude **baina badaude askotan errepikaten diren zirkuituak.**

1) Zirkuitu dibergente eta konbergenteak

Neuronak adarkatu egiten dira. Neurona bakoitzak milaka neuronera bidaltzen du informazioa dibergitu egiten da. Eta neurona horrek milaka neuronen seinaleak jasoko ditu, konbergentziaz. Oso zirkuitu garrantzitsuak dira, batuketa tenporal eta espazialerako, ezinbestekoak izango baitira (gogoratu sinpasi desberdinen batura eman AM gainditu eta EP sortzeko).

DIBERGENTZIA: Zelula batek jasotzen duen kinada askotan zabaldu egiten da, adartzen da.

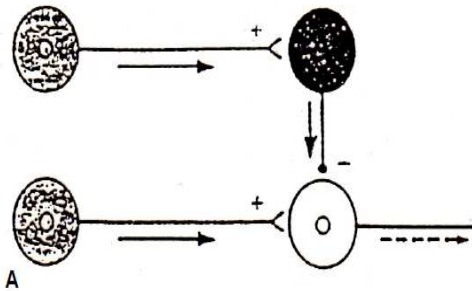
KONBERGENTZIA: Beste batzuetan neurona bakar batek jasotzen du hainbat neuronek jasotako informazioa.



6.4. Irudia. A) **Dibergentzian** neurona bat adarkatu egiten da, zenbait neuronekin loturak eratuz. B) **Konbergentzian** neurona bakar batek beste askoren loturak jasotzen ditu.

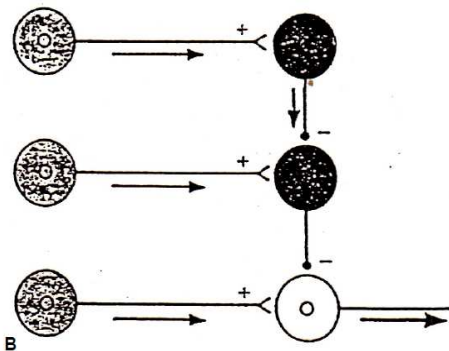
2) Zirkuitu inhibitzaileak. Interneurona inhibitzaile baten aktibitatearen eragina

- (a) Kasua. Neurona inhibitzaileak transmisioaren probabilitatea murrizten du. Neurona batek 2. kitzikatu eta 2. honek seinalea emnago luke, baina 2. neurona inhibitzen duen 3. Interneurona (beltza) inhibitzailea badago, seinalea inhibi daiteke. Interneurona neuronan ardean daudenak dira eta motoneuronak muskuluei loturik.



6.5. Irudia. Interneurona inhibitzaile baten aktibitatearen eragina. **A)** Neurona inhibitzaileak transmisioaren probabilitatea murrizten du. **B)** Neurona inhibitzaile batek beste neurona inhibitzaile baten aktibitatea murriztu dezake, transmisio probabilitatea emendatuz.

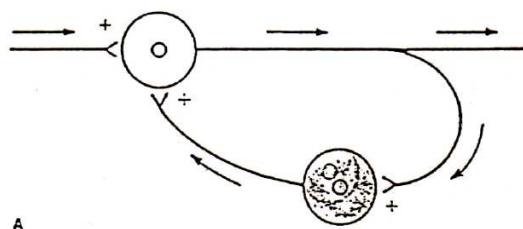
- (b) Kasua. Neurona inhibitzaile batek beste neurona inhibitzaile baten aktibitatea murriztu dezake, transmisio probabilitatea emendatuz. Neurona inhibitzaileak, beste neurona inhibitzaile baten eragina jaso dezake,



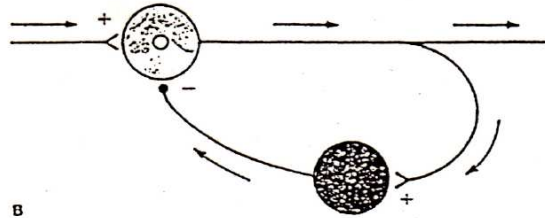
→ Inibizioak neurona kitzikatzaileak kontrolatzeko erabiltzen dira. Azpitik hasita lehenengo biak kitzikatzen badira inhibituta gelditzen da informazioa. Hiruetan kinada ematen badugu ordea, informazioa pasako da.

3) Erretroelikadura zirkuituak positibo zein negatiboak..

Erretroelikadura (+): Interneurona kitzikatzaile baten bidez. Neurona baten seinalea jasotzean, adarkatu egiten da dibergitu. Adarkatze horretan interneurona kitzikatzaile bat kitzikatzen bada, honek jatorrizko neurona kitzikatuko du. Horrela ziklo amaigabe batean sartuko da. (beste mekanismoek eragingo dute hau etetea). Erreberberentea da etengabe elikatzen delako. Sortzen da zirkuitu bat zeinek ez duen kinada baten beharrik. Memoriako zenbat sistemek horrelako zirkuitua dute.

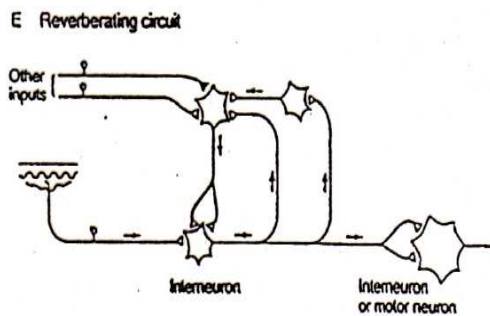


Erretroelikadura (-): Kinada iristean seinalea pasa, eta neurotransmisioa eten egiten da, interneurona inhibitzailea aktibatzen aktibatzen eta honek hasierakoa inhibituko du. Erretroelikadura zirkuitu konplexuagoa: Kinada + puntuan emanda ere, autoelikatze negatiboa denez, kinada hau inhibititu egingo da.

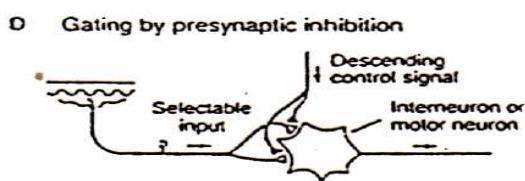


6.6. Irudia. A) **Atzeraelikadura positiboa** interneurona kitzikatzaille baten eraginez. B) **Atzeraelikadura negatiboa** interneurona inhibitzaile baten eraginez.

Erretroelikadura zirkuitu konplexuagoa:

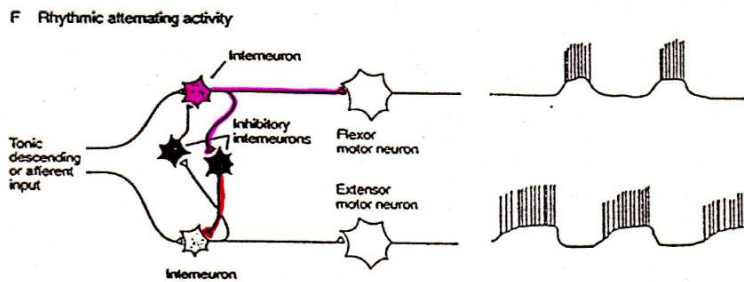


4) Zuzenean kitzikatzaillea den neurona presinaptikoa inhibituta daiteke.



- B) Konbergentzia.
- D) Inhibizio presinaptikoa.

5) Txandakako aktibitate erritmikoa (muskulu antagonikoetan).



Muskulu

6.7. Irudia. B. Neuronen arteko zirkuituak.

E) Atzeraelikadura.

F) Txandakako aktibitate erritmikoa (muskulu antagonikoak).

antagonikoetako zirkuitoa. Muskulu antagonikoak, animalien beso, hanka, hegoetan aurkitu. Kontrako funzioa izango duten bi muskulok osatzen dute, bata muskulo flexorea eta bestea extensorea, bata uzkuertzean bestea erlaxatuko da eta aldrebes.

Nola lortzen dute hori? Zirkuitu neuronal bidez. Goian flexorea kitzitzen duen motoreuna arrosa dago, eta azpian, estentsorea kitzikatzen duen motoneurona gorria. Bakoitzak interneurona kitzikatzailer seinala jasoko dute, eta honek 2 gauza egimgo ditu:

1) dagoekion muskulua kitzikatua eta

2) kontrola muskuloa kitzikatzen duen inteneurona inhibituko du. Horrela beti emango da muskulu baten uzkurketa eta bestearen erlaxaketa. 2 zirkuitu paralelo eta seinala baten bidez 2 funtzio beteko dira.

6) Inhibizio laterala

Demagun eskuko azalera/eremu zati bat hartzen dugula. Epidermisen seinala mekanikoak detektatzeko mekanohartzaileak egongo dira.

Eskuan pisu bat jartzen dugunean, mekanohartzaileak aktibatu eta seinala bidaliko dute kontrolatzaileera. Pisu honen eraginez hartzaile bakoitzak ekintza potentzialak bidaliko ditu maiztasun jakin batez (seinala intentsitate araberakoa), esaterako 20 EP/segunduko.

Baina eremuko hartzaile bakoitzak seinala bidaltzean bere inguruko hartzaileen inhibizioa jasoko du, honen hasierako eragina murriztuz.

2 EP/s inhibizioz eragiten badute inguruko hartzaileak:

1) ertzeko mekanohartzaileak bidalitako ekintza potentzialak=

✓ hasierako 20EP/s – inguruko 3 jartzaileak eragiten duten inhibizioa
 $2EP/s \times 3 \rightarrow$ bidalitako EP totala= $20 EP/s - 6 EP/s = 14 EP/s$

- 2) erdiko mekanohartzaileak bidalitako ekintza potentzialak=
✓ hasierako 20 EP/s – inguruko 8 hartzaileek eragiten duten inhibizioa
 $2EP/s \times 8 \rightarrow$ bidalitako EP totala= $20EP/s - 16EP/s = 4 EP/s$

Emaitzetan ikus daiteke ertzetako hartzaileek jaten duten inhibizioa txikiagoa dela, erdiko hartzaileek jasaten dutena baino, hauek hartzaileez ingurtatuta daudenez, guzti hoiien inhibizioa jasango dute. Ertzekoak aldiz ez daude guztiz inguratuta. Horregatik eskuan jasaten dugun pertzepzioa desberdina ertzetan edo erdian, ertzetan pisutsuagoa sentitzea garrantzitsua izango baita mugak/ertzak definitzeko.

Inhibizio laterala gizakion ikusmenean:

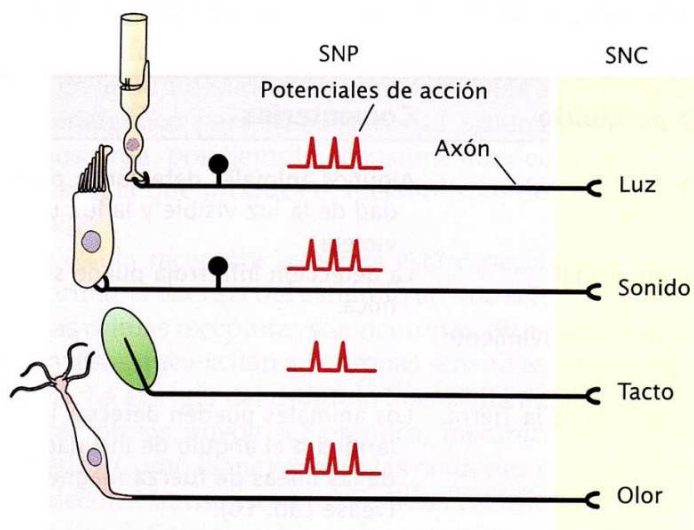
Argitik ilunera doan banda kolore batzuetan gertatzen dena. Eskubiko banda kolorea ilunagoa denez, sortzen duen kinada handiagoa izango da. Eskubiko aldeko neuronari kinada intentsoagoa bat iritsiko zaio eta honek sortzen duen inhibizioa handiagoa izango da bere ezker aldekoak eragiten diona baino. Horregatik, banda bateko eskubi aldeko zona ilunagoa ikusten dugu eta ezker aldekoa argiagoa.

7. GAIA. HARRERA SENTSORIALA.

Animaliek inguruko zein barne-medioko informazioa jasotzen dute eta informazio hori jasotzeko sentsoreak beharko dituzte, zelula hartzaileak hain zuzen. Sentsoreak kasu gehienetan neurona eraldatuak izango dira baina jatorri epiteliala ere izan dezakete. Beren funtzioa **kinadaren energia energia elektriko** bihurtzea iznago da NSZ-ak uler dezan. Seinale elektriko hori lortuko da potencial aldaketa baten bitartez. Potenzial graduatu bat sortuko da eta gero ekintza potentziala gertatuko da ala ez. Potenzial graduatu bat sortuko da eta gero ekintza potentziala gertatuko da ala ez. Potenzial graduatua sortzeko zelula hauek E espezifikoko baten aurrean erantzungo dute (kinada) eta ondorioz kanal batzuk irekiko dira, iragazkortasun aldaketa emango da, korrante ionikoa pasako da eta mintz potentzial aldaketa bat sortu, potentzial graduatua hain zuzen.

Nola bereizten da energia mota desberdinak dituzten kinadak?

Kinadak sortutako potentziala **nundik datorren** eta **nora doan** behatuz. Honi markatutako lerroen printzipioa deritzo. Hartzaile mota bakoitzak soilik berak hauteman dezakeen zerbait transmitituko du. Horrela, hartzaile batek jasotzen duen informazioak bide jakin bat jarraituko du → garuneko gune konkretu batera iurtsiko dena → gune horretara iritsi izanagatik jakin ahalko du NS-ak zein seinale mota izan den jaso dena eta seinale ezberdinak bereiztu ahalko ditu. Gainera, maiztasunak seinale horren intentsitatea adieraziko du. Horregatik garrantzitsua izango da hartzaileak oso espezifikoak izatea eta E mota bakarraren aurrean erantzutea. Horretarako, normalean, hartzaileak inguratuz babes egiturak eta filtrazio sistemak agertzen dira. Hala ere, batzuetan arazoak egon daitezke E oso intentsoa bada: ftohartzaileek fotoien aurrean soilik erantzuten dute berez, baina energia mekaniko handiko seinale bat iristen bada (kolpe bat) eta ftohartzaileen babes egiturak gainditzen baditu, ftohartzaileak kitzikatu eta horiek seinalea bidal dezakete eta NS-ak ftohartzaileen seinalea zela interpretatzen du → izarrak ikusiko ditugu (argitxoak begietan).



Burbuinaren zein alde den estimulatzen dena esan nahi du bertara “kable” espezifiko bat iritsi dela. Burbuinaren alde bakoitzaren estimulazioak, sentsazio desberdinak sorraraziko ditu. Zentzumen organoek informazioa filtratzen laguntzen dute, ez dira harrera sentsoriala.

Normalean zelula hartzailleak taldeetan multzokatzen dira, organo espezifikoak era ditzakete eta taldekatzeen arabera modu desberdinetan sailkatu daitezke. Adib: hartzailleak interozeptoreak edo exterozeptoreak izan daitezke barne medioko edo kanpo medioko informazioa jasotzen dutenaren arabera. Baina onartuena dagoen sailkapena **kinadaren energia motaren arabera** da:

7.1. Taula. Hartzaille sensorialen sailkapena kitzikatzen dituen energia motaren arabera.

| Energía del estímulo | Modalidad del receptor | Estímulo percibido | Comentarios | |
|--------------------------|------------------------|--|---|-------------------|
| Energía electromagnética | Fotorreceptores | Luz visible. Luz ultravioleta. ¿Radiación infrarroja? | Algunos animales detectan la polaridad de la luz visible y la luz ultravioleta. La detección infrarroja puede ser térmica. | |
| | Electrorreceptores | Campo eléctrico o movimiento de cargas. | | |
| | Magnetorreceptores | Campo magnético de la Tierra. | Los animales pueden detectar la polaridad o el ángulo de inclinación de las líneas de fuerza magnética (véase cap. 16). | |
| Energía térmica | Termorreceptores | Calor Frío | Los "receptores infrarrojos" de la víbora de cascabel son en realidad receptores sensibles al calor. | |
| Energía química | Quimiorreceptores | Estímulos olfatorios (quimiorreceptores a distancia). Gusto (quimiorreceptores de contacto). | La fuente química está alejada. La fuente química está cerca. | |
| | | Quimiorreceptores internos | O ₂ , CO ₂ , H ⁺ , etc. | |
| Energía mecánica | Mecanorreceptores | Tacto, presión. Longitud muscular. Tensión muscular. Posición y movimiento de las articulaciones. Sonido (estímulos auditivos). Equilibrio y aceleración. | } Piel o superficie corporal. } Propioceptores | |
| | | Osmorreceptores | | Presión osmótica. |

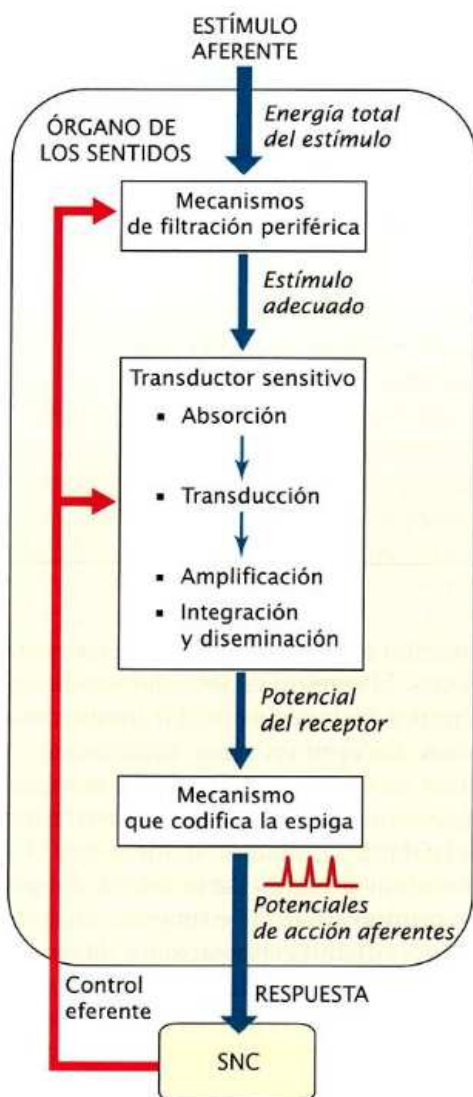
horien artean zentzumenak agertzen dira baina hala ere zentzumen horietatik kanpo beste hartzaille asko daude. Badaude hartzaille batzuk animalia konkretu batzuetan soilik agertzen direnak, adibidez argi ultramorearekiko hartzailleak dituzten animalia batzuk.

Hartzaille horiek jasotzen duten informazioa (energia mota espezifikoa) transformatu egin behar dute transdukzio prozesuaren bidez. Transdukzioaren bidez energia mota jakina energia elektriko bihurtzen da. Transdukzioaren aurretik filtrazio periferikoa ematen da (hartzaille bakoitzera dagokion energia mota soilik iristea, babes-forma ezberdinei esker). Transdukzioan lehenbizi hartzailleak kinadaren energia xurgatu behar du (hori xurgatzeko gai izan behar du) eta xurgapenaren ondorioz hartzaillea aktibatu egingo da. Hartzaillearen aktibazioz modu zuzen edo ez-zuzenean kanal

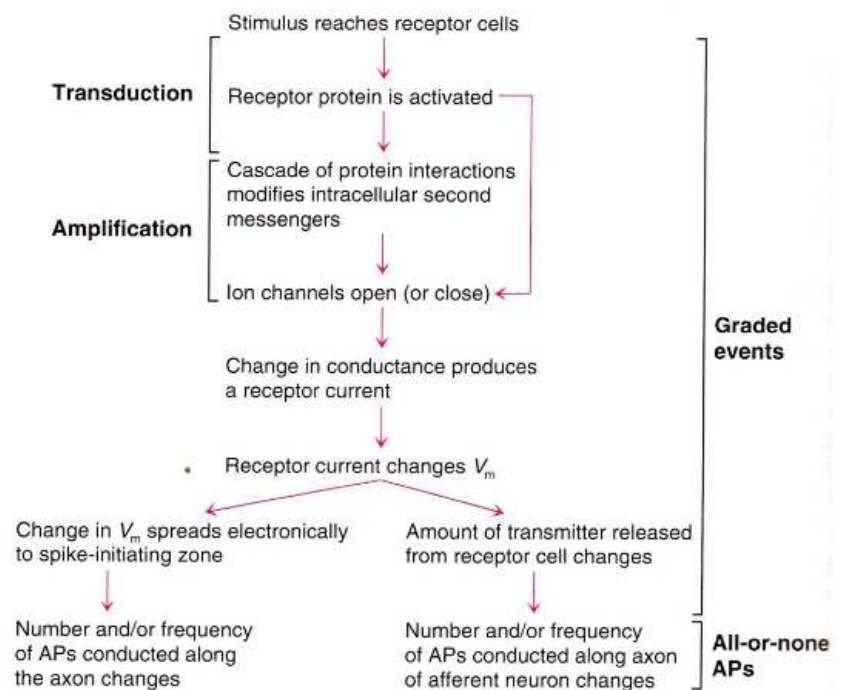
kopuru bat ixten edo irekitzen da(irekiko den kanal kopurua intentsitatearen araberakoa). Horrela iragazkortasuna aldatu eta ioien mugimendua gertatzen da, baldintza berri batzuk agertuz eta potentzial aldaketa gertatuz. Gertatzen diren iragazkortasun aldaketa guztien ondorioz, potentzial graduatu bakarria sortu beharko da potentzial hartzailea ere deitzen zaiona. Hau, garraiatu eta hedatu egingo da gutxipenez ekintza potentziala sortu behar den lekuraino (boltai menpeko sodio kanal ugariak diren lekura adib.) eta bertan atari maila gainditzekotan ekintza potentziala gertatuko da trasdukzioaren ondorioz. Behin ekintza potentziala sortu behar den lekura iristen dela, ekintza potentzialaren maiztasuna modulatu da.

Potentzial hartzailea mintzaren potentzialaren aldaketa da, gutxipenez transmititzen den potentzial graduatu bat hain zuzen. Potentzial hartzailea despolarizazio bat (gero eta handiagoa kinada handiagoaren aurrean) edota hiperpolarizazio bat (gero eta handiagoa ere kinada intentsoagoen aurrean.) izan daiteke.

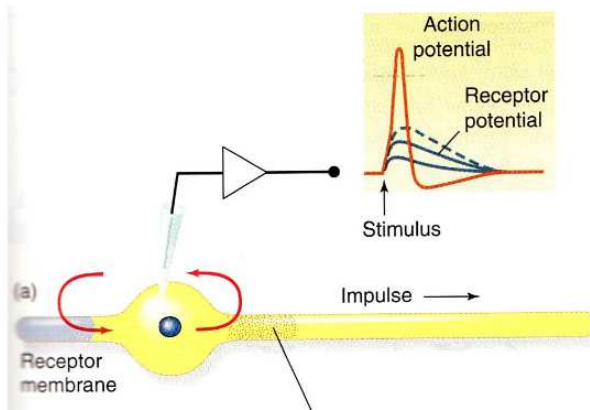
Potentzial hartzailea altua eta despolarizatzailea bada, nerbio bulkadak sorraraziko ditu bata bestearen ostean. Txikia bada, nerbio bulkadak maiztasun txikiarekin sorraraziko ditu sortzekotan. Sortzen diren nerbio bulkada guztiak berdinak dira, ez dakigu kinadaren intentsitateak atari maila 1, 2 ,3 ... aldiz superatu duen. Honen informazioa, nerbio bulkaden maiztasunak ematen digu.



7.2. Irudia. Sistema hartzaile orokor batetan gertatzen diren prozesuak (erantzun nerbiosoaren pausuak).

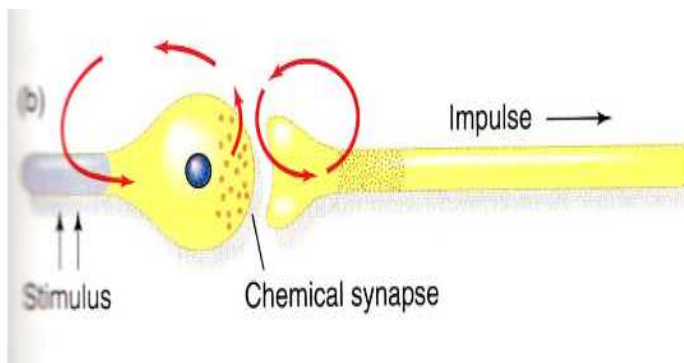


Lehen mailako hartzailleak edota hartzaille primarioak: Hartzaille hauek zelula kitzikagarriak dira, eta kinada jaso, transdukzioa burutu eta potentzial hartzaitetik nerbio bulkada sortzeko gai dira. Potentzial hartzaillea potentzial sortzailea da. → transdukzioa eta ekintza potentzialaren sorrera zelula berean gertatzen dira.

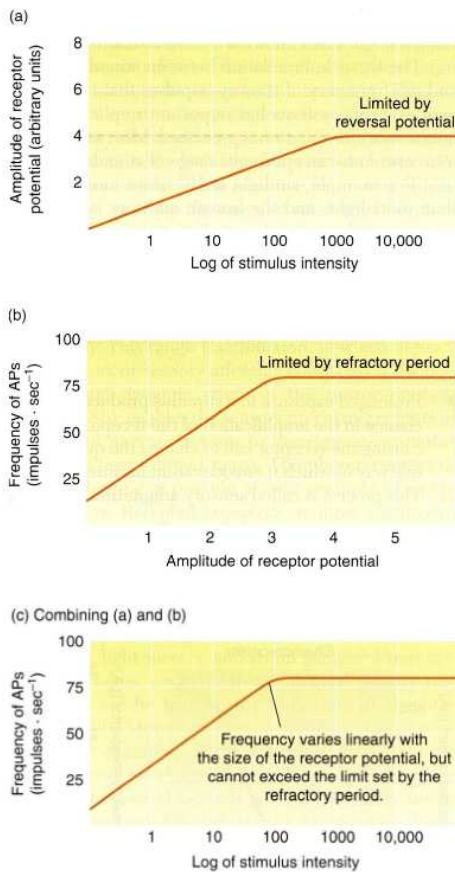


7.3. irudia. Potentzial hartzaillea ekintza potentzial bilakatzailea da. Lehen mailako hartzailleetan eraturako potentzial hartzaillea elektronikoki hedatzen da axoiaren lehen segmenturaino, ekintza potentziala sortuko den guneraino.

Bigarren mailako hartzailleak edo hartzaille sekundarioak: Potentzial hartzaillea sortzeko gai dira baino hartzaille hauek ez direnez neuronak ezin dituzten nerbio bulkadak sortu. Horretarako neurotransmisoreak askatuko dituzte eta ondorengo zelulari informazioa pasako diote, beste neuronan potentzial postsinaptikoa eratuaz. Potentzial hartzaillea ez da potentzial sortzailea. Hartzaille hauek axoia galdu duten neurona eraldatuak edota jatorri epiteliala duten zelulak dira eta euren soma amaieran izango dute bukaera sinaptikoa. Boltai menpeko Ca kanalak irekitzeko ez da behar nerbio bulkadarik, potentzial graduatu batekin nahikoa da. Mintz potentziala positiboago egiten da, Ca kanalak irekitzen dira, Ca sartzen da, neurotransmisoreak askatzen dira eta sinapsia gertatuko da. Potentzial graduaturen anplitudearen arabera neurotransmisore gehiago edo gutxiago askatuko dira eta beraz 2. Neuronan eragin handiagoa edo txikiagoa izango du. Zelula postsinaptikoa iznago da ekintza potentziala sortuko duena.



7.3. irudia. Bigarren mailako zl. Hartzailleetan ez da ekintza potentzialik sortzen vaina sinapsi kimiko baten bidez neurotransmisoreak askatzen ditu, hurrengo zelulak ekintza potentziala buru dezan.

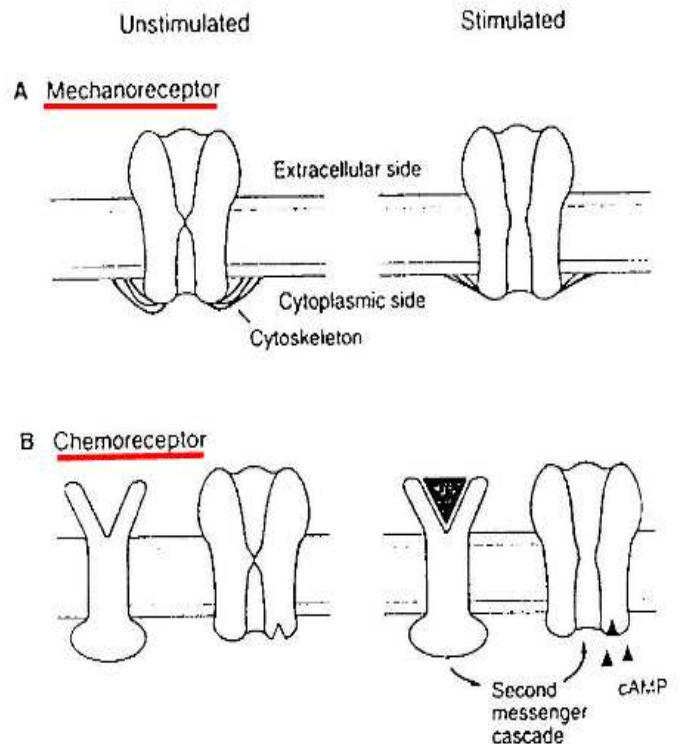


Kinadaren intentsitatearen eta potentzial hartzaillearen arteko erlazioa logaritmikoa da. Potentzial hartzailleak erlazio logaritmikoa dauka tarte zabal batean kinadarekin. Gero lineala bihurtzen da.

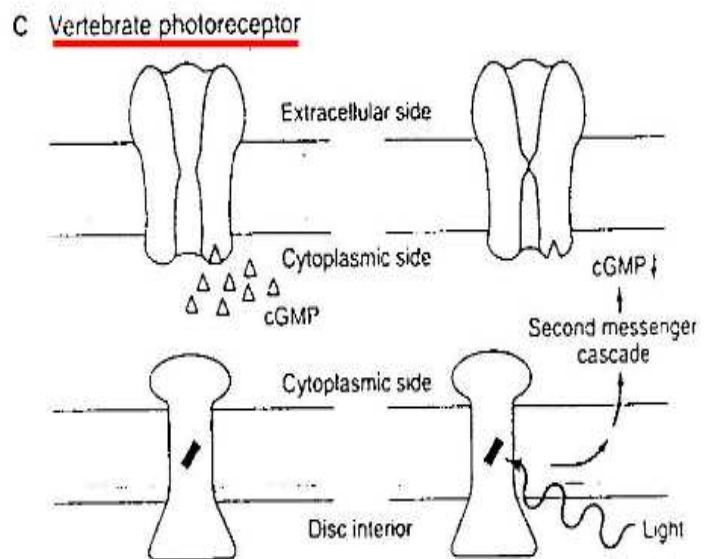
Transdukzio moten 3 adibide:

Mekanohartzaile bat: kasu honetan kanal bat eratzten duen proteina bat zitoeskeletora lotuta dagoena eta beraz, mintzaren portaerak eragina izango du kanal horren irekiera mailan. Mintza energia mekaniko baten ondorioz luzatzen edo estutzen bada, egitura horiek tiratu egingo diote proteina horri bere konformazioa aldatuz, irekiz edo itxiz. Energia mekanikoa bera izango da kanala irekiko duena. Iragazkortasuna aldatzean, korrante ionikoa sortuko da eta potentzial aldaketa bat (potentzial graduatua edo potentzial hartzaillea).

Kimiohartzaile bat: sinapsian ikusi dugun antzeko prozesua da, neurotransmisorea ez da izango baino beste sustantzia kimiko bat izango da. Hartzaillea sustantziarekin lotzen denean, bitartekariak agertzen dira kasu honetan (kanal metaboprotiko bat izango da) eta bigarren mezulari baten bidez kanala irekiko da (dastamenean eta usaimenean hau gertatzen da).



Ornodunen fotohartzaille bat: argi kopurua emendatzen denean kanal kopurua itxiko da → kanalek kinadaren aurrean erantzungo dute. Argirik ez dagoenean edo argi intentsitate baxua dagoenean, kanal asko irekita egongo dira baina argia iristen denean, proteina bati asoziatuta dagoen fotopigmentu bat dago eta fotoiaren energia xurgatzean konformazioa aldatu eta 2. mezularien bidez GMP ziklikoaren kontzentrazioa jaitsi eta kanalak itxiko dira. Beraz, korrante ionikoa murriztuko da potentzial aldaketa bat gertatuko da eta kasu honetan argiaren aurrean hartzaille horrek bidaliko lituzkeen ekintza potentzialen maiztasuna murriztu egiten da.



Intentsitatearen kodifikazioa: NSZ-ak nola daki kinada bat intentsoagoa edo ahulagoa den? Zeren arabera gertatzen da hori?

Ekintza potentzialen maiztasunaren arabera da hori. Gauza da hartzailleek kodifikatu dezaketen kinadaren intentsitate tartea mugatua izango dela. Hau da, intentsitate maila bat egongo da (beheko muga bat) zeinetatik behera hartzaillea ez den aktibatuko eta beraz ez den seinalea transduzituko. Beraz, hartzaillearen sentikortasuna izango litzateke muga horiek jarriko zituena. Baina goiko muga bat ere egongo da, maximo bat, zeinetatik gora hartzailleak ezingo lukeen erantzun desberdin bat eman. Maximo hori errebertsio potentzialak eta aldi errefraktario absolutuak mugatzen dute. Ondorioz, hartzaille batek kodifikatu dezakeen intentsitate tartea mugatua izango da.

- Intentsitate batetik behera hartzailleak ez du inolako erantzunik ematen, hortik gora intentsitatea emendatu ahala ekintza potentzialen maiztasuna handituz joango da maximo batera iritsi arte eta maximo hori izango da errebertsio potentzialak eta aldi errefraktario absolutuak ezarriko dutena eta hortik gora ere, ekintza potentzialen maiztasuna ez da aldatuko.

Hartzailleak kodifikatu dezakeen tarteari (intentsitate desberdinen aurrean erantzun ezberdin bat emateko daukan tarte horri) **hein dinamikoa deitzen** zaio. Beraz intentsitateak soilik bereiz daitezke hein dinamikoaren tartean. Hein dinamikoa

mugatua izango da baina hartzaileek badituzte bi mekanismo muga hori aldatzeko edo hein hori handitzeko:

1. **Kinadaren intentsitatearen eta ekintza potentzialen maiztasunen artean dagoen erlazio semilogaritimikoa:** kinadaren intentsitatearen eta irekitzen diren kanal kopuruaren arteko erlazio lineala da, zenbat eta intentsoagoa kanal kopuru gehiago irekiko dira. Eta badakigu kanal kopuruak eta iragazkortasunak ere erlazio bera dutela. Beraz, intentsitatearen eta iragazkortasunaren artean dagoen erlazioa lineala da. Bestalde, kinadaren eta hartzailearen anplitudeen artean dagoen erlazioa semilogaritimikoa izango da. Izan ere, potentzial hartzaile bat zein den jakiteko, zein kanal irekitzen diren esaten badigute, zein balioruntz joango den V_m kalkula dezakegu Goldmanen ekuazioaren bidez. V_m ez da zuzenean iragazkortasunaren logaritmoa ioien kontzentrazioak eta abar genituelako Goldmanen ekuazioan, baina bai dela erlazio semilogaritimiko bat (V_m kalkulatzeko ez delako zuzenean iragazkortasunaren logaritmoa kalkulatu). Erlazio hori linealizatu daiteke intentsitatearen logaritmoa kalkulatu eta beraz, V_m ren anplitudearekiko zeukan erlazioa linealizatzea lortzen dugu. Anplitudean eta ekintza potentzialaren maiztasunak erlazio zuzena dute, lineala. Beraz, ateratzen zaigu kinadaren intentsitatearen eta ekintza potentzialen arteko maiztasuna semilogaritimikoa dela edo kinadaren logaritmoarekiko erlazioa lineala erakusten duela. Bi erlazio horiek kontuan izanda kinadaren intentsitatearekin batera ekintza potentzialaren maiztasuna emendatzen dugu. Erlazio semilogaritimikoa izanda, ekintza potentzialaren maiztasuna emendatu arren, modu txikiago batean emendatzen da; hau da, hasiera batean intentsitate pixkat handitzen denean ekintza potentzialen

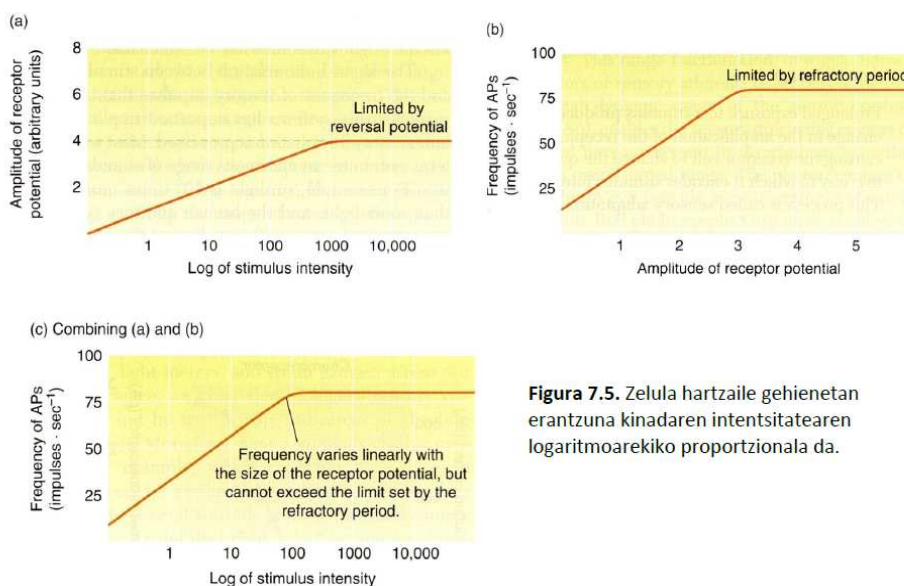


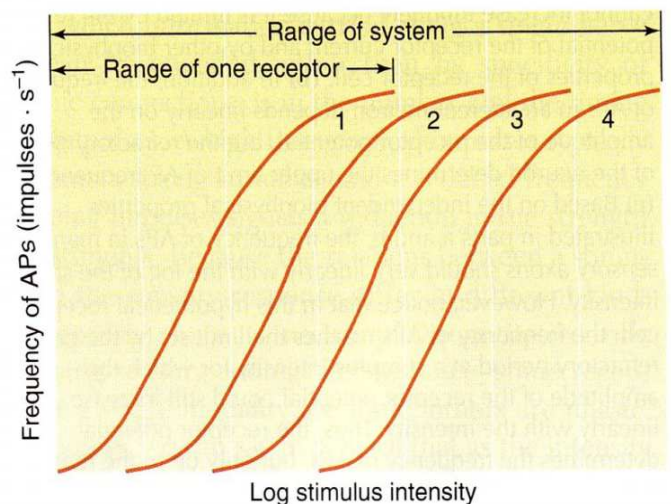
Figura 7.5. Zelula hartzaile gehienetan erantzuna kinadaren intentsitatearen logaritmoarekiko proportzionala da.

maiztasuna asko handitzen da, baina intentsitate altuagoetan ekintza potentzialen maiztasunean aldaketa berdina gertatzeko kinada askoz ere intentsoagoa beharko genuke. Horrek hein dinamikoaren tartean emendatzen du. Erlazio lineala balitz, ekintza potentzialen maiztasunaren muga bat genuke intentsitate baxuan, baina

erlazioa semilogaritmikoa denez, ekintza potentzialen maiztasunen aldaketa berdin bat emateko intentsitate aldaketa handiago bat behar dugu, eta ondorioz hein hori izugarri handitzen da nahiz eta pertzepzioa ez den berdina izango. Izan ere, intentsitate altuetan sentikortasuna galtzen da. Hartzailleek proportzionalki garrantzitsuak diren aldaketak sentitzen dituzte. Adibidez: guk 5 eta 10°C artean oso ondo berezi dezakegu, baina 50-55°C tartean ez dugu bereiztuko. Erlazio honen ondorioz hein dinamikoa askoz ere handiagoa da, tarte guzti horretan erantzun desberdinak emango ditugu eta nahiz eta sentikortasuna goiko eremuko intentsitateetan galdu, aldaketa garrantzitsuak sumatzeko gai izango gara.

2. **Hein dinamikoaren zatiketa:** zelula hartzailleak taldekatzen dira organoak eratzeko (begietan ftohartzaile pillak bat). Sentikortasun ezberdineko hartzailleak egongo dira → hein dinamiko desberdina izango du organo bakoitzak → organo bakoitzak izango duen hein dinamikoa organo hori osatzen duten hartzaille guztien hein dinamikoaren batura izango da.

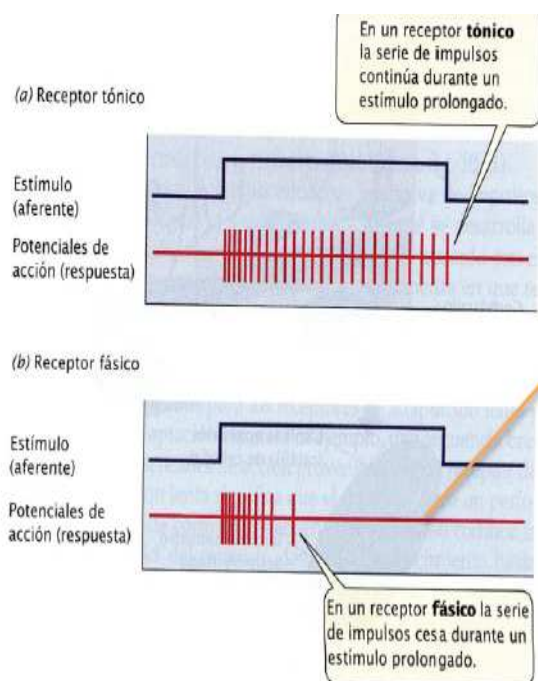
Adib.: Organo bat zeinean 4 hartzaille dauden bakoitza sentikortasun ezberdinekoa (hein dinamiko ezberdinekoa). 1.oso sentikorra da baina berehala saturatzen da, intentsitate ertainetan. 4.hartzailleak intentsitate altuak behar ditu erantzun bat emateko eta beraz intentsitate oso altuak saturatzeko. Organoak hartzaille guztien erantzun diferentziala jasoko du eta kasu honetan lauena hartzen du, eta guztien ekintza potentzialen batura egiten du (bakoitzak ekintza potentzial desberdinak bidaliko dizkio) eta horrela organoen hein dinamikoa zabalagoa izango da. Adib.: ftohartzaileak: konoak (koloretako ikusmena ematen digutenak sentikortasun baxuko hartzailleak dira) eta bastoiak (txuri beltzean besterik ez digute uzten ikusten eta oso sentikorrak dira). Gauz konoentzako ez dago argi nahikorik, soilik bastoiak erantzuten dute eta horregatik gauz ez dugu kolorerik bereizten. Argi intentsitatea emendatzean, bastoiak saturatu eta beraien erantzun maximoa emango dute. Handik aurrera konoentzako nahikoa energi dago eta dagoen argi intentsitatearen arabera erantzun bat ematen dute. Bien hein dinamikoaren zatiketari esker ikus dezakegu egoera bakoitzean.



Hartzaileen moldapena: kinada egonkor bat daukagunean (intentsitatea konstante mantentzen dela denboraren aurrean) hartzaileak emango duen erantzuna murrizten da → ekintza potentzialen maiztasuna murriztuko da → gure pertzepzioa gutxitzen da hartzailearen moldapena aldatzen delako. Adib. : leku ilun batetik argi asko dagoen gune batera irteten garenean hasieran argiak min egiten digu baina berehala ohitzen gara hartzailearen moldapena dela eta. Edo uretara sartzen garenean itsasoan oso hotza egoten da hasieran baina denbora bat pasata ohitzen gara. Hartzaile guztiek dute moldatzeko gaitasuna baina moldatze abiadura ezberdina izango dute.

- **Hartzaile tonikoek** moldapen abiadura baxua dute. Kinada egonkor baten aurrean (intentsitatea kte denean alegia) beraien erantzuna murrizten dute (maiztasuna jaisten dutelako) baina murrizpen hori txikia izango da eta kinada mantentzen den denbora guztian erantzuten jarraituko du. Kinadaren intentsitatea jaitsiko balitz bezala sentitzen dugu. Kinadaren intentsitateari buruzko informazioa ematen digute nahiz era pertzepzioa gutxitu.
- **Hartzaile fasikoak** moldapen abiadura azkarrekoak dira. Kinada egonkor baten aurrean gertatzen den erantzuna azkarra izango da eta gainera kinada horren iraupena nahiko luzea baldin bada, erantzuteari utziko dio. Denbora luze batez kinada mantentzen denez maiztasuna gutxitzen da nahiko azkar eta momentu batetik aurrera guk ez genuke kinada sentituko. Irudian gaizki dago kinada bukatzen denean ekintza potentzialak agertu beharko lirateke, intentsitatea aldatzen bada edo kinada agertzen bada berriro ere, ekintza potentzialak berriz agertzen direlako.

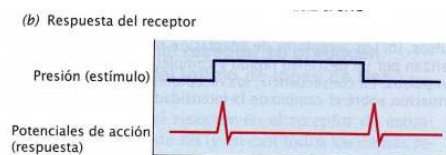
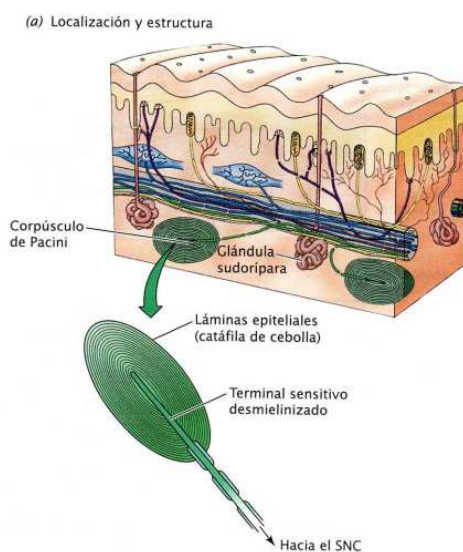
Orokorrean hartzaile tonikoek kinadaren intentsitateari buruzko informazioa ematen digute (zenbateko intentsitatea daukan) nahiz eta pertzepzioa murriztu daitekeen; eta hartzaile fasikoek batez ere aldaketei buruzko informazioa ematen digute.



Hemen, ekintza potentzialak berriz agertu beharko luke, edozer aldatzearekin berriro agertzen delako ekintza potentziala.

7.7. Irudia. Moldapen abiadura baxuko hartzaileak (tonikoak) eta moldapen abiadura altukoak (fasikoak).

Adibidez: 1. hartzaille fasiko baten muturreko adibidea da Paciniren gorpuskulua, fasikoen artean moldapen oso oso azkarra duena. Kinada egonkor baten aurrean ekintza potentzial bat bidaltzen du kinada hasten denean eta amaitzen denean beste bat eta tartean ez du ekintza potentzialik bidaltzen (ez du inolako erantzunik ematen). Kinadaren intentsitatea aldatzen den bakoitzean bidaltzen du ekintza potentziala baina kte mantenduz gero ez. Oso moldapen abiadura azkarra dauka. Mekanohartzaille bat da, azalean agertzen dena geruza dermikoaren azpian. Bukaera nerbioso bat da eta bertan mielinaren ordeztu geruza epitelial pila bat agertuko dira, bata bestearen gainean, bukaera nerbioso hori inguratuz. Kinadaren ondorioz geruzak deformatzen hasiko dira kanpoaldetik barnealdera, eta azkenean seinalea bukaera nerbiosoan iritsiko litzateke. Baina geruza horien artean likido bat dago eta geruzak eta likidoa berrantolatzen dira kinadaren ondoren eta ondorioz, kanpokoak deformatuta agertu arren (kinada mantentzen delako) barnekoak berrantolatzeagatik, seinalea galtzen joango da eta kinada horren eragina ez da nabarituriko bukaera nerbiosoan. Esperimentalki geruza epitelialak kenduko bagenu ikusiko genuke adaptazio ahalmena gutxituko litzatekela geruzak kendu eanean, eta geruza guztiak kenduta ez lukeela adaptazio edo moldapenik izango.



7.8. Irudia. Pacini gorpuskulua moldapen abiadura altuko mekanohartzaillea da. Hartzaille honek ekintza potentzial bakarra bidaltzen du kinada hasten denean eta beste bat bukatzean.

3. Pigmentuak hartzailleak direnean, kinada jarrai askoren ondoren pigmentua gal dezakete eta nahiz eta kinadak jarraitu ez da erantzunik emango.

4. Metatzen diren sustantzia batzuk kaltzio intrazelular kontzentrazioa handitzen dute, ondorioz kaltzio menpeko kanalak ireki eta mintzaren hiperpolarizazioa gertatuko litzateke.

5. Akomodazioa: ia zelula guztietan gertatzen den moldapena da. Hasiara hasieran nerbio bulkaden maiztasuna handiagoa da. Boltaje menpeko sodio kanalak sentsibilizazioa galduz joango dira kinada jarraiaren aurrean, esan daiteke haien atari maila igotzen doala.

6. NSZ-ak sinapsi inhibitzaile baten bidez hartzailearen erantzuna kontrolatzen duenean. Zelula hartzailearen despolarizazio maila jaitsiko du. Seinalea transmititzeko intentsitate handiagoko kinada beharko delarik.

9.GAIA. ORGANO EFEKTOREAK. MUSKULU ESKELETIKOA.

Efektoreak, nerbio sistemak jasotako informazioaren arabera, erantzuna sortzekoerabiltzen diren organoak dira. Ornodunetan, orokorrean, nerbio sistemaren edo nerbiosistema eta sistema endokrinoaren menpekoak izango dira. Erantzun desberdina sortzenduten efektore mota desberdinekoak daude: elektrikoak, bioluminiszenteak Kromatoforoak (kamaleoiak, kolorea aldatu), protozoen trikozistoak, intsektuen zelula lehertzaileak(defentsarako)... Guk bi efektoreen funtzionamendua ikusiko dugu: sekrezio guruinak(sistema endokrinoko hormonak) eta muskulua. Muskulu ehunak dira gehien ezagutzen direnak ekintza mekanismoak ikusteko.

9.1. Taula. Efektore motak eta burutzen dituzten erantzunak.

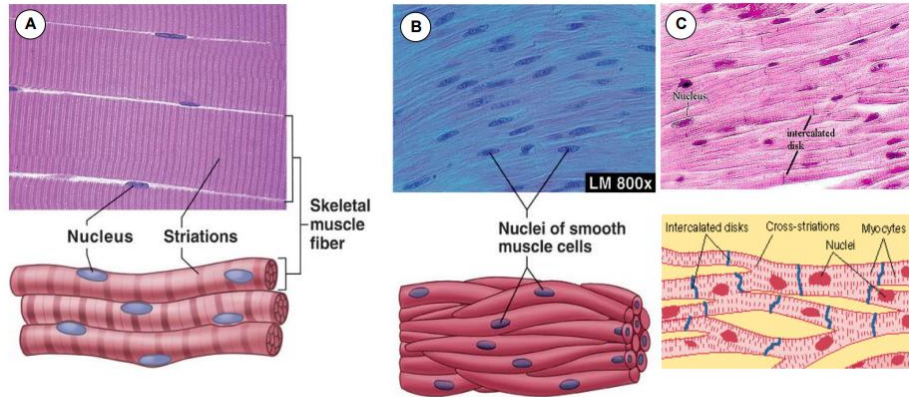
| EFEKTOREA | MENPEKOTASUN MOTA | ERANTZUNA |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Organo elektrikoak | Nerbio sistemaren menpekoa | Deskarga elektrikoak |
| Org. bioluminiszenteak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Argia |
| Kromatoforoak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Kolore aldaketa |
| Protozoen trikozistoak | Independenteak | Mekanikoa |
| Esporozooen kapsula | Independenteak | Mekanikoa |
| Nematozistoak | Independenteak | Mekanikoa |
| Plaketak | Independenteak | Mekanikoa |
| Intsektuen zelula lehertzaileak | Independenteak | Mekanikoa |
| Sekrezio guruinak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Sekrezioa |
| Muskulua | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Uzkurketa |

MUSKULUA

Hiru musku mota daude: eskeletikoa, leuna edo lisoa eta kardiakoa. Muskulu mota desberdinak izanik, bi dira desberdintasun nagusiak:

- ▶ Ildaskak izatea edo ez, hau da, eraketa konkretu bat.
 - Eskeletikoa (A): muskulua ildaskatan antolatzen da, zelulak ondo bereizten direlarik, hauek banda jarraietan antolatuta daude. Marra modukoak ikusten dira mikroskopioan.
 - Leuna (B): ez du inolako ildaskarik aurkezten. Beste bi muskuluekiko desberdinena. Eskeletikoak ez diren gainontzeko muskulu guztiak. Zelula txikiez osatuta multzo oso heterogeneoa da.
 - Kardiakoa (C): muskulu eskeletiko mota bat da, beraz ildaskak dauzka, baina, ez dira hain nabariak. Bakarrik bihotzean agertzen den muskulu mota da.
- ▶ Zein da martxan jartzen duen sistema.
 - Eskeletikoa: muskulu eskeletikoa nerbio sistema somatikoak kontrolatzen du, hauda, borondatezko mugimenduak. Guk kontrolatzen ditugun mugimenduak. Nahiz eta batzutan automatikoki egin (ibili adibidez), mugimendua gelditu dezakegu.

- Leuna eta kardiakoa: bi muskulu hauen uzkurketa nerbio sistema autonomoaren menpekoa da, kontrolatzen ez duguna. Batzutan konsziente izan gaitezke, baina, ezin dugu kontrolatu. Adibidez: ezin ditugu bihotzeko taupadak gelditu.

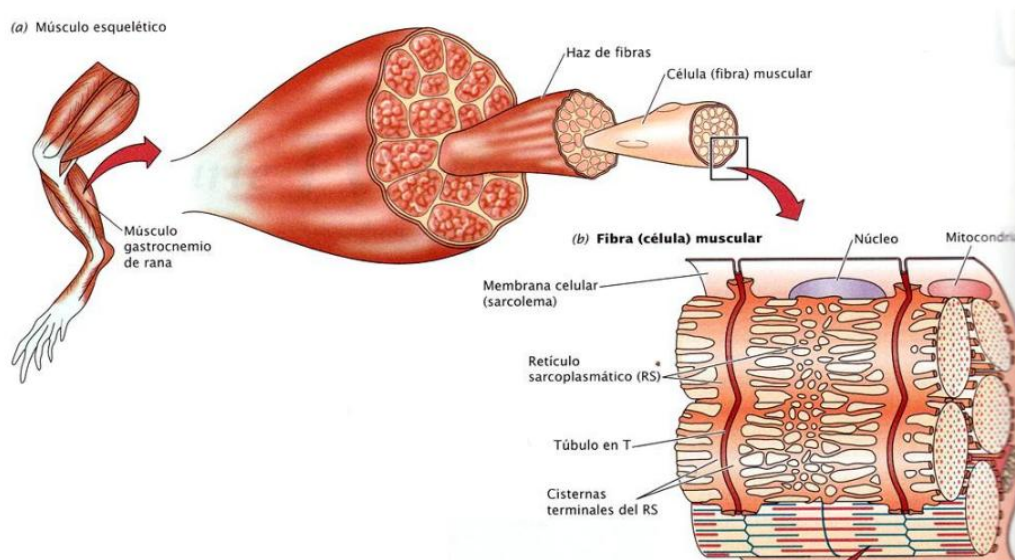


9.1. Irudia. Ormodunen muskulu mota ezberdinen ezaugarri estrukturalak. **A)** Muskulu eskeletikoa, **B)** muskulu leuna eta **C)** muskulu kardiakoa.

1.MUSUKULU ESKELETIKOIA.

Erantzun muskularra ematen dute. Erantzuna zuntz edo zelula muskularretan gertatzen da. Zelula hauen oso deigarria da paketeetan agertzen direla aktina eta miosina, eta hauen inguruan erretikulu sarkoplasmatico oos garatu bat ageri dela. Mintz plasmaticoak sarrera batzuk ditu, inbaginazio handi eta luze batzuk, hauei T tubuluak deritze eta erretikuluarekin lotura estuan aurkitzen dira. T tubuluak zelularen barneko aldea kanpo medioarekin (mintzarekin) kontaktuan jartzen dute.

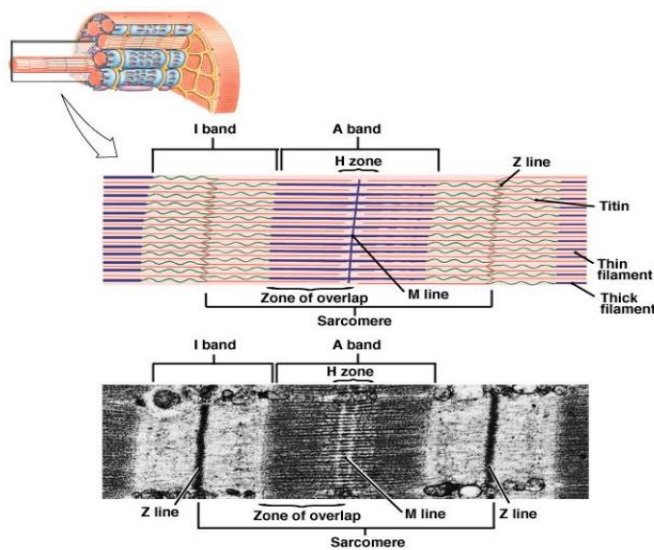
Bi filamentu mota bereizten dira zelula hauetan: aktinazko filamentu finak eta miosinazko filamendu lodiak. Miozuntza hauek errepikatzen diren banda argi eta ilunen patroia azaltzen dute. Patroi honen oinarritzko unitatea sarkomeroa da eta aktinazko firu mehez eta miosinazko firu lodiz eratuta dago.



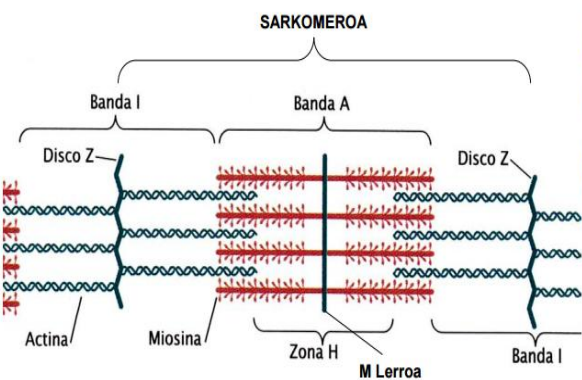
9.2. Irudia. **Muskulu eskeletikoaren antolaketa.** Muskulua zuntz talde ezberdinez osatzen da eta era berean, zuntz hauekako bakoitza zelula (edo zuntz) muskularrez eratua dago. Zelula muskularrek miozuntz ezberdinak dituzte.

Uzkurtzean: firuak gainjarri edo solapatu egiten dira. Nola?

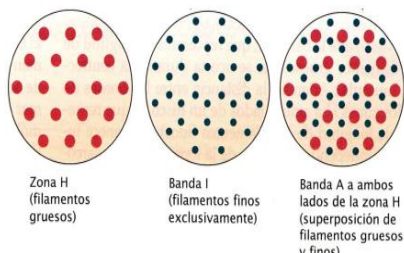
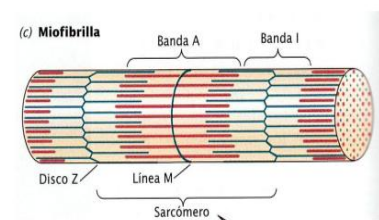
Sarkomeroak uzkurketa eragiten duten unitateak dira. Sarkomeroa miosinazko eta aktinazko firuez osatuta dago. Muskuluaren unitate funtzionala da, errepikatzen dena, Z lerro batetik hurrengora doa, hau da, I banda baten erditik, hurrengo I bandaren erdiraino. Sarkomeroak bata bestearen jarraian daude kokatuta eta horrela hauen mugimendua batera emango da muskuluaren uzkurketa emateko.



9.3. Irudia. Sarkomeroaren estruktura.



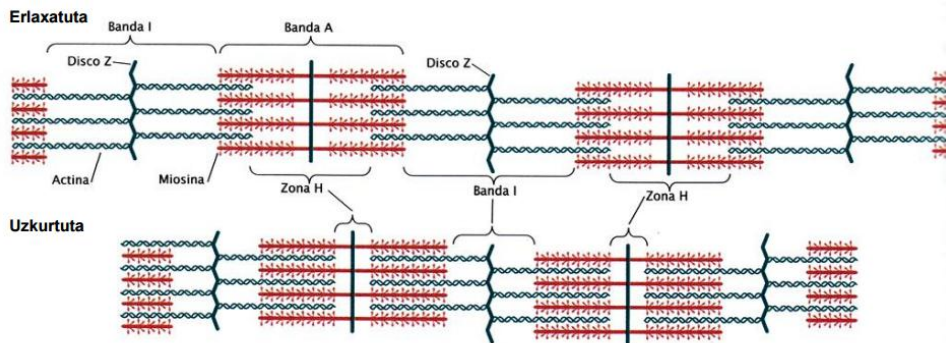
9.4. Irudia. **Muskulu eskeletikoaren antolaketa.** Miozuntz bakoitzak, errepikatzen den banda argi eta ilunen patroia azaltzen du. Patroi honen oinarritzko unitatea **sarkomeroa** da eta aktinazko firu mehez eta miosinazko firu lodiz eratua dago.



➤ **Banda iluna edo A banda:** miosinazko filamentu lodiez osatuta dago eta erdialdean M deituriko lerro bat dago. Banda honetan, bi zona bereiztu daitezke filamentuen kokapenaren ondorioz: erdiko zona (argiagoa), non bakarrik miosinazko filamentuak dauden eta alboetako zona (ilunagoa) non miosinazko eta aktinazko zuntzak gainjartzen diren.

➤ **Banda argia edo I banda:** banda ilunen artean agertzen da, aktinazko filamentu finez osatuta dago eta erdialdean Z deituriko lerro bat dauka.

Firuen tamaina ez da inoiz aldatuko, aldatzen dena da hauen arteko gainjarpena, hau da, muskulua uzkurtzen denean, banden tamaina txikitzen da, behintzat batzuen. A bandaren tamaina ez da aldatuko, baina, tamainaz aldatzen direnak H zonak (soilik miosina) eta I bandak (soilik firu meheak/aktina) izango dira, txikituko dira. Soilik firu bakarrak agertzen ziren zonak laburtzen dira, gainjarpenaren ondorioz. Laburtu daitezkeen maximoa, H zona desagertu arte izango da, Z disken arteko distantzia laburtzen da, hau da, sarkomeroa laburtzen da. Sarkomeroa errepikatzen den unitatea denez eta jarraian asko daudenez, denak laburtuko dira eta honekin batera muskulua uzkurtuko da.



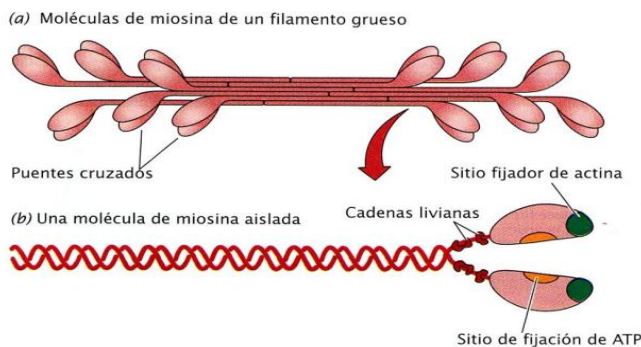
9.5. Irudia. Firuen desplazamenduaren ondorioz uzkurkefeta muskularra gertatzen da. Uzkurketan zehar firu meheak eta firu lodiak bata bestearekiko irristatzen dira, sarkomeroa laburtuz.

FIRU MOTAK

A) Miosina: hauek filamentu lodiak dira hainbat dimeroz osatuta daudelako eta hauek dira sarkomeroaren A banda osatzen dutenak. Bi zona bereiztu daitezke: zuntzez osatutako ardatz zuzena eta ardatz horren muturretatik proiektatzen diren buru globularrak, azken hauek izango dira aktinara lotuko direnak. A bandaren erdian M lerroan kokatuta dago eta honen alde bakoitzean kokatutako buru globularrak kontrako norantzan mugituko dira, zuntzaren erdialderantz mugitzen direlarik. Bi lotura gune dituzte:

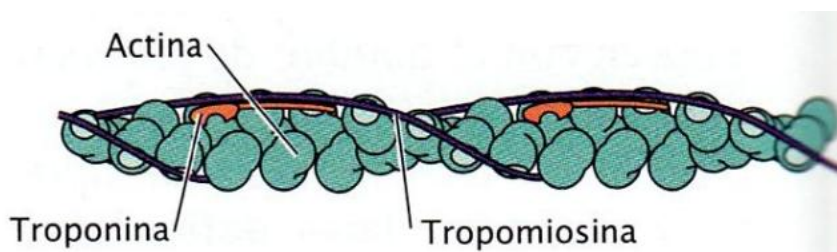
- Aktinarekin lotzeko gunea. Hauen bitartez Zubi gurutzatuak sortzen dira, hau da, miosina eta aktinaren arteko lotura. (Irudiko puentes cruzados)
- ATParekin lotzeko gunea. Funtzio ATPasikoa du, hau da, ATP hidrolizatzen du miosina mugitzeko. ATP hidrolisatzen du eta askatzen den energia erabiltzen du, forma energizatu baten mantenduz.

Miosinazko buruak aktibatzeke ATP behar da, eta hauek aktibatuek daudenean lotuko dira aktinari. ATP amaitzean, uzkurkefeta dagoen moduan gelditzen da, beste ATP beharrezkoa izango da miosina aktina zubi zahar bat askatzeko.



9.6. Irudia. Aktinak helize itxurako kate luzeak eratzen ditu. Firu lodiek zuntzez osatutako ardatz bat eratzen dute eta bertatik buru globularrak proiektatzen dira.

B) Aktina: hauek filamentu finak dira eta sarkomeroaren I bandan dauden firuak dira. Helize itxura duten bi katek osatzen dute firua, zeinak, α -aktina izeneko monomeroen polimerizazioak diren. Aktinazko firuekin tropomiosina eta troponina proteinak agertuko dira eta hauek kontrolatuko dute miosinaren lotura aktinaren gune espezifikoetan. Tropomiosina fibrosoa da eta troponina globularra. Troponina leku estrategikoetan agertzen da, oztopatzen aktina eta miosina loturak.

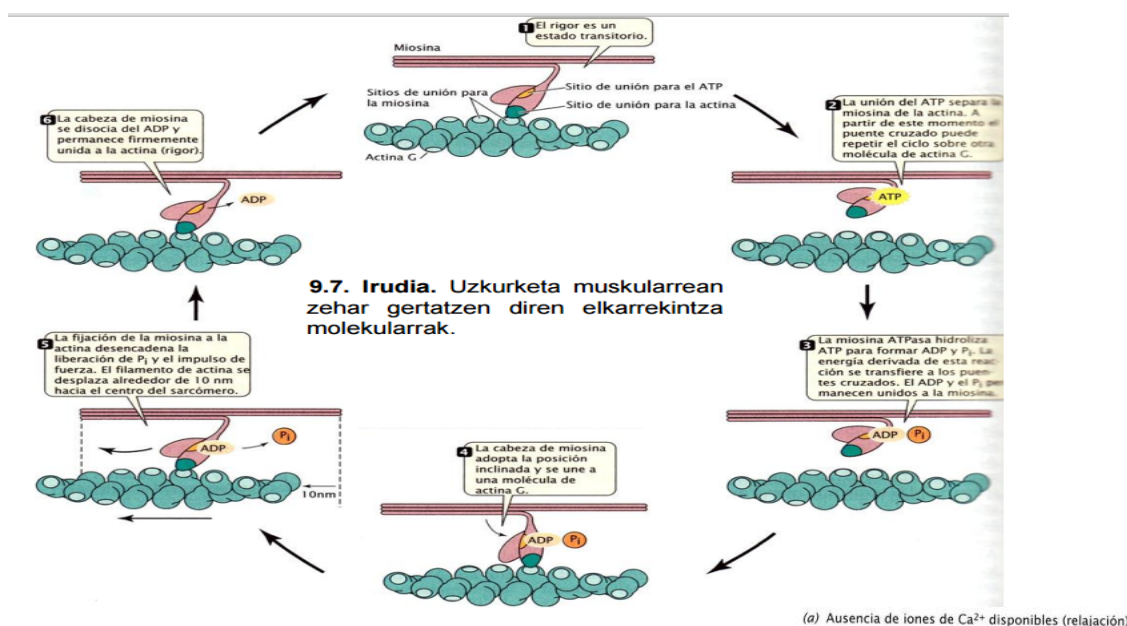


UZKURKETA

Firu meheek lodiekiko mugitzen dira, hau da, aktinazko piruak miosinazkoen gaitetik mugituko dira sarkomeroa uzkurteko. Z lerroa M lerroa hurbilduz. Firuen inguruan ATP badago, hau miosinarekin lotuko da aktina eta miosina bananduz. ATPa hidrolizatuko da, ADP+Pi emanez. Produktu hauek miosinari lotuta geldituko dira eta erreazioan askatutako energia, miosinak xurgatuko du egoera energizatua lortuz. Buru globularrek energia xurgatzen dutenean tente jarriko dira aktinarekin lotzeko prest daudelarik. Miosinaren egoera energizatuak, aktinarekin lotzeko joera handia izango du. Beraz, miosinaren buru globularrak aktinari lotuko zaizkio, lotura horren ondorioz, Pi askatuko da eta aktinak bultzada bat jasoko du zeinaren ondorioz, 10nm mugituko den sarkomeroaren erdirantz. Ondoren, ADPa disoziatuko da, baina, miosina aktinarekin lotuta jarraituko du. ATPa beharko da otura hau ere apurtzeko, hasierako posiziora bueltatu dadin.

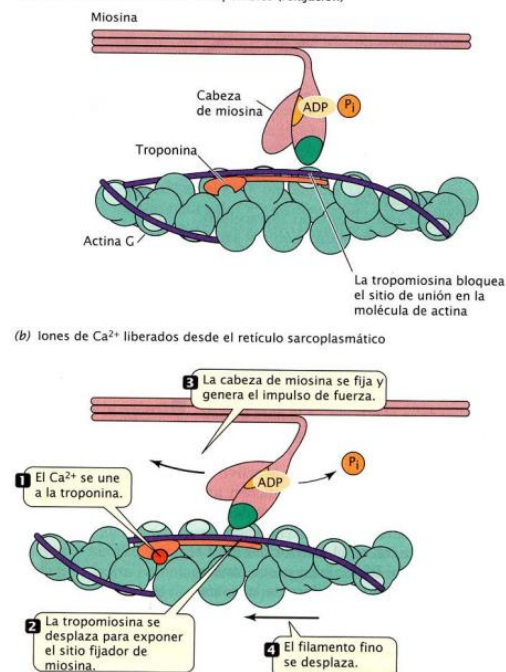
ATPren funtzioak

1. Alde batetik energia ematen du hidrolizatzean firu meheea mugitu ahal izateko eta ondorioz, sarkomeroen uzkurketa emateko.
2. Bestalde, ATPa beharrekoa da miosina eta aktina banatzeko, bai prozesuaren hasieran eta baita prozesuaren bukaeran, hau da, aktinaren mugimendua emateko eta miosinaren buru globularrak hasierako egoerara itzul daitezen.



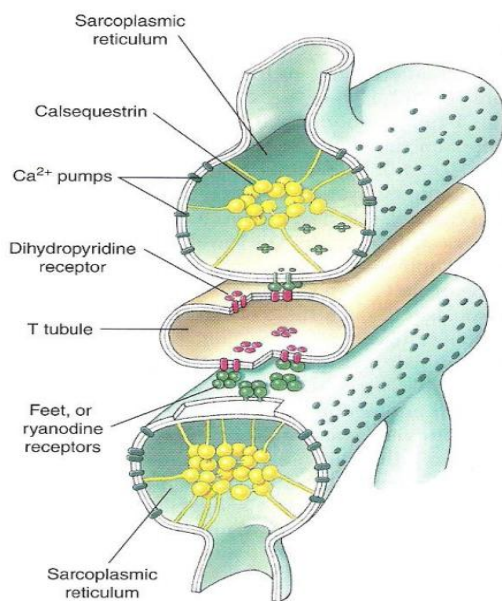
UZKURKETAREN ERAENKETA.

ATPa dagoen bitartean muskulua uzkurten egongo da, ondorioz, hori kontrolatzeko mekanismoren bat beharrekoa da. Troponinak eta tropomiosinak, Ca^{2+} ioiekin batera, aktina eta miosinaren arteko lotura eraentzen dute. Troponina eta tropomiosina, aktinaren inguruan kokatzen diren bi proteina dira eta elkar loturik agertzen dira. Gainera, tropomiosinak aktina miosinara lotzeko guneak estaltzen ditu. Hauek beraien konformazioa aldatu behar dute gune

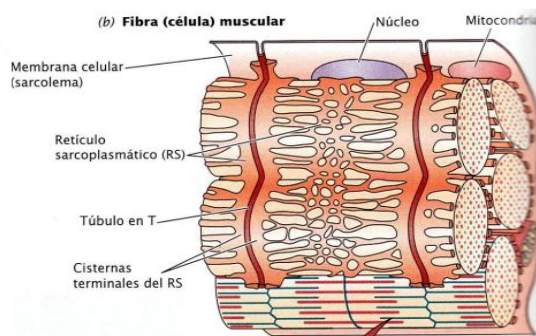


hauek agerian uzteko. Kaltzioa tropominari lotuko zaio, tropomina-tropomiosinaren desplazamendua eraginez eta guneak agerian utziz. ATP a egon arren eta miosina aktibatuta egonda ere ez da lotura emango kaltzioari esker guneak agerian egon arte. Hau nerbio sistemak kontrolatzen du. Kaltziorik ez dagoenean beraz, erlaxatuta mantenduko dira muskuluak. Kaltzioa badago eta miosina energizatua badago gurutze zubia sortu eta sarkomeroa uzkurtuko da.

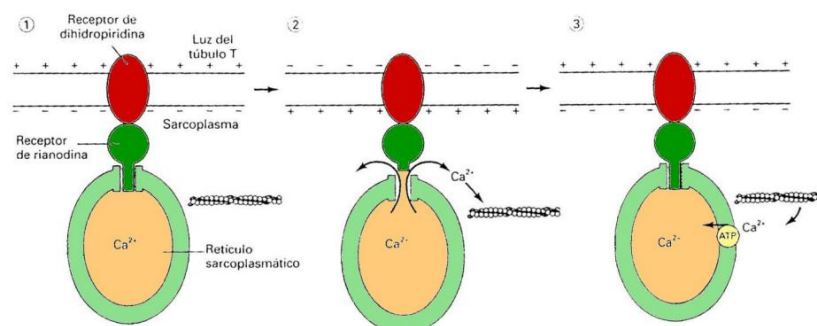
Kaltzio ioiak erretikulu sarkoplasmatikotik (muskulu zeluletako erretikulu endoplasmatikoa) askatzen direnean, hauek uzkurketarako seinalea emango dute. Erretikulu sarkoplasmatikoa kaltzio gordailu bat da. Bertan dauden kaltzio ponpek kaltzioa mantentzen dute erretikulu endoplasmatikoaren barnean ATPa erabiliz. Firuen inguruan kaltzioa kontzentrazio oso baxua dago dena erretikulu sarkoplasmatikoan dagoelako.



9.10. Irudia. Erretikulu sarkoplasmatiko eta T tubuluen arteko akoplamendu mekanismoa.

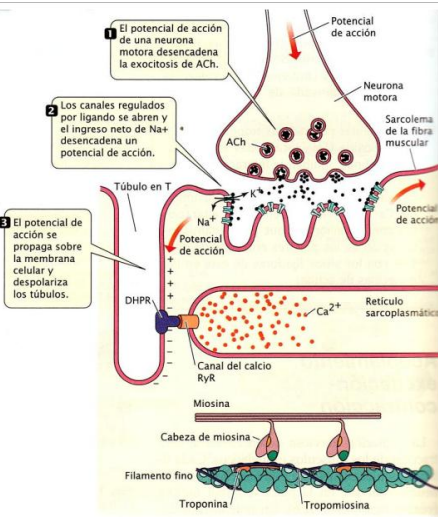


Despolarizazio bat dagoenean (Azetilkolinak eraginda) zelulan, nerbio bulkada t tubuluen bidez iritsiko da erretikulu sarkoplasmatikora. Izan ere, T tubuluan dauden dihidropiridina hartzaileak (proteina trasmintz batzuk) kontaktuan daude rianodinaren hartzaileekin. Polarizazioa aldatzean, dihidropiridinaren konformazio aldaketa gertatzen da, aldi berean rianodinaren hartzaileen konformazio aldaketa gertatuz eta honela kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikotik atera ahal delarik. Mintzaren polarizazioa egoera normalera itzultzen denean dihidropiridinaren konformazioa bere egoera arruntera itzultzen da rianodinaren konformazio aldaketa ekarriz berriz eta kaltzioaren irteera E.S tik oztopatuz. Kaltzioa biltegitratuko da E.S an ATP a erabiliz.



9.11. Irudia. T tubuluetako mintzaren despolarizazioak, modu ez zuzen batean, erretikulu sarkoplasmatikoan dauden kaltzio kanaleen irekiera eragiten du.

Kaltzioa eta ATP a dagoen bitartean uzkurketa gertatuko da, nahiz eta despolarizazioa desagertu kaltzioaren errekupezioa motela bada. Gradiente osmotiko handia gairitu behar dute E.S ko kaltzio ponpek, horregatik laguntzaile bat dauka, kalsekuestrina. Proteina honek, kaltzioa baitzen du, hau da, kaltzioarekin lotzen da eta horren ondorioz, kaltzio hori ez du gradiente elektrokimikoan parte hartzeko eta beraz, ponpak gairitu behar duen gradiente osmotikoa txikitzen da.

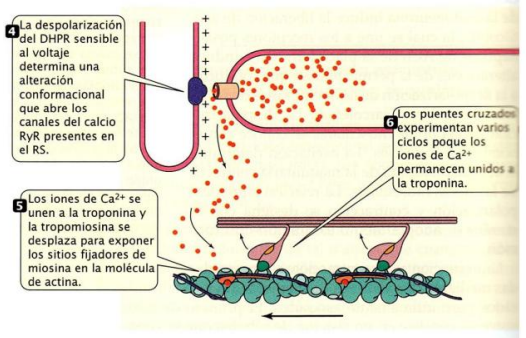


9.12. Irudia. Akoplamendu elektromekanikoaren kitzikapen fasea.

1. Terminal presinaptotik askatutako acetilkolinak zuntz muskularraren despolarizazioa dakar (sarkolemaren despolarizazioa).
2. Despolarizazioak ekintza potentziala sortzen du eta zuntz muskular guztiak hedatzen da. Ekintza potentziala T tubuluetatik ere barreiatzen da.
3. T tubuluetan dauden dihidropiridina hartzaileek seinalea rianodina hartzaileetara pasatzen dute, eta hauek erretikulu sarkoplasmatikoa dauden Ca²⁺ kanalak irekitzen dituzte, kaltzio askapena ahalbidetuz.
4. Kaltzioa aktina firuetarantz hedatzen da.

9.13. Irudia. Akoplamendu elektromekanikoaren uzkurketa fasea.

5. Kaltzioa firu mehetan dagoen troponinarekin lotzen da.
6. Honen ondorioz tropomiosinak aktinaren gunea libre uzten du.
7. Miosina molekularen buru globularra, energizaturik dago ATPa hidrolizatu duelako, aktinarekin elkartzen da.
8. Miosinak metatzen duen energia hori firuen mugimendua bultzatzeko erabiltzen da, firu meheak firu lodiekiko desplazatzen dira. ADP-a askatu egiten da.
9. ATP berri bat miosinari lotzen zaio, aktina eta miosinaren arteko lotura etenaz, firuen arteko zubi gurutzatuak askatzen dira.
10. ATP apurtu egiten da miosina berriz energizatuz eta zikloa berriro hasten da (7. puntua).



ERLAJATZEA

Kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikora sartzen joango da, kaltzio ponpak kaltzioa errekupezteko duen azkartasunaren arabera. Nerbio bulkada jarraiek kaltzioa denbora guztian aske egotea eragingo dute, uzkurketa etengabe gertatuz. Egoera tetaniko baten kasua adibidez. Uzkurketa amaituko da zelulan ATPrik ez dagoenean → neke muskularra. Hau desberdina da muskulu motaren arabera, luzera desberdina.

Erlaxaketa:

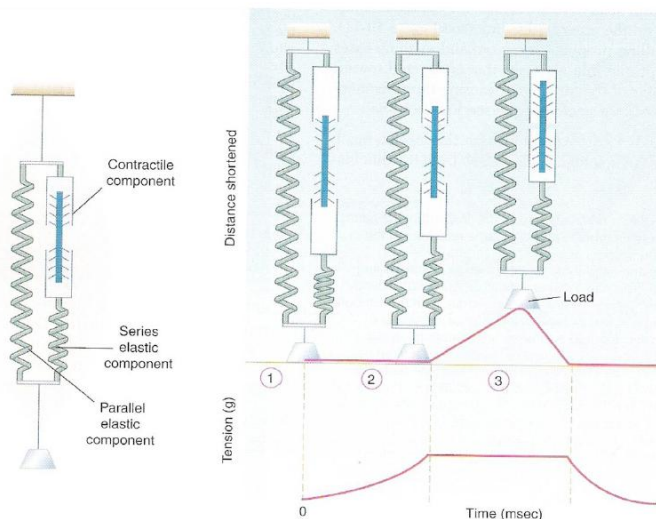
11. Kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikora itzultzen da kaltzio ponparen eraginez (ATP gastua dago), eta ondorioz troponina hasierako egoerara bueltatzen da.
12. Troponinak tropomiosina aktina eta miosinaren arteko lotura gunea blokeatzen dituen egoerara itzultzea eragiten du.
13. Sarkoplasmako kaltzio kontzentrazioa altu mantentzen den bitartean kontrakzioa gertatuko da. Beste ekintza potentzialik iristen ez bada kaltzio kontzentrazioak behera egingo du, kaltzio ponpak erretikulu sarkoplasmatikora ponpatuko baitu.

10.GAIA. MUSKULU KARDIAKO ETA LISOA.

Aurreko gaietan ikusi dugu nola gertatzen den uzkurketa prozesua. Baina badakigu uzkurketa mota ezberdinak daudela. Uzkurketa hauek bortitzak, suabeagoak, tentsio handiagokoak... izan daitezke.

Muskuluan atal uzkurkor bat dugu (sarkomeroa), tentsioa edo indarra sortuko duena, eta berarekin erlazionatuta elementu elastikoak agertuko dira baita [sarkolema, (mintz plasmatikoa), tendoiak, sarkomeroaren hainbat egitura...].

Kanpotik kinada bat iristen denean, nerbio sistemak kinada horri erantzuteko seinale bat bidaltzen du eta sarkomeroa laburtu egiten da. Horrekin batera elementu elastikoak luzatu egiten dira, hau da tentsioa elementu elastikoetan metatzen da, eta horregatik muskuluen luzera ez da aldatzen. Momentu batetik aurrera tentsioa ezin da elementu elastikoetan pilatu eta hortik aurrera elementu elastikoek jasan ezin duten gehiegizko tentsio hori muskulua luzeraz txikitzeko erabiliko da bi hezurren arteko distantzia txikituz eta lan bat eginez.



10.1. irudia. Muskuluan dauden osagai elastiko eta uzkurkorak (serien eta paraleloan).

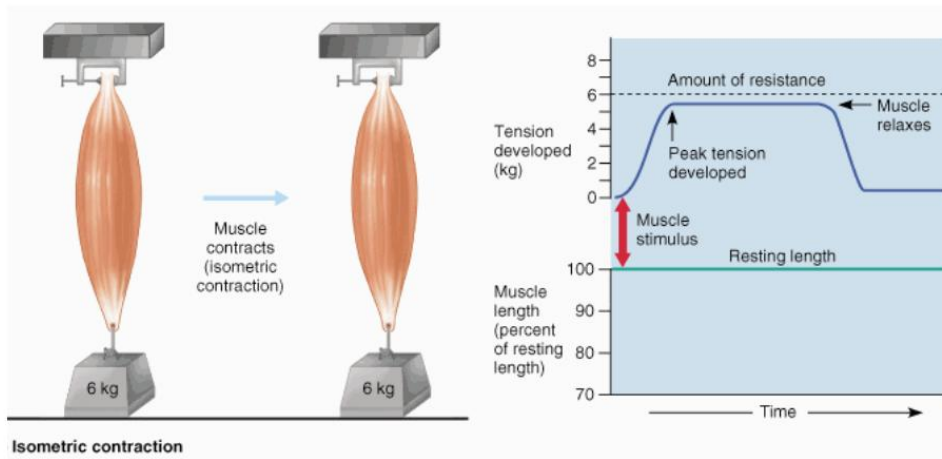
Muskuluen tentsio maila sarkomeroen luzezaren arabera da.

Luzera optimoa: tentsio maximoa. Luzera txikiago edo handiagoa bada tentsioa baxuagoa izango da. Tentsioa, sarkomeroetan zubi gurutzatuak (aktina miosina) sortzean sortzen da. Beraz, eman daitezkeen zubi gurutzatu guztiak sortzean → tentsio maximoa.

Printzipioz uzkurketaren **bi fase ezberdin** bereizten dira:

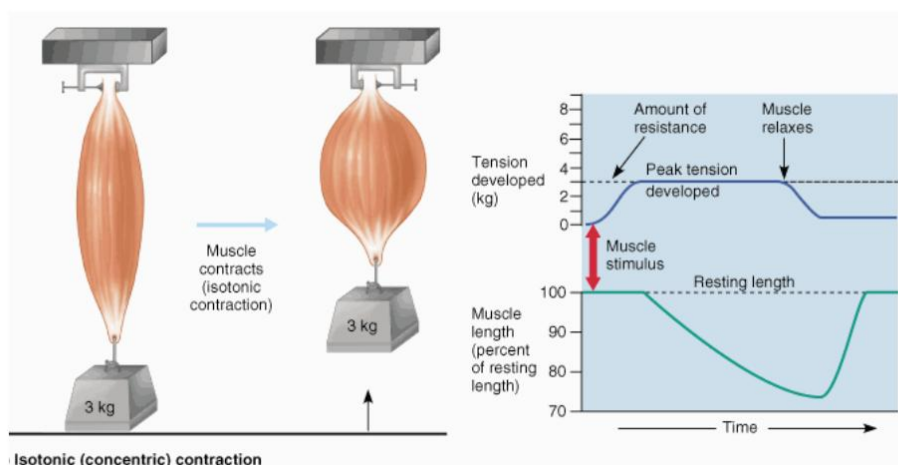
- Uzkurketa isometrikoa.
- Uzkurketa isotonikoa.

- **Isometrikoa:** normalean mugimendu hauek lan bat burutzeko dira, (esaterako karga bat mugitzeko) eta beraz muskuluak karga horren pisua gainditu beharko du. Pisu oso handia duen zerbait altxatu nahi dugunean, muskuluak sortu lezaken tentsioak ezin du gainditu kargaren pisua, eta ondorioz, muskuluari seinalea iristen zaionean, ekintza potentziala sortuko da eta elementu elastikoak luzatzen hasten dira, altxatu beharreko karga gainditu arte. Batzuetan ezinezkoa da. Kasu horietan, sarkomeroa uzurtuko da jasan dezakeen tentsio maximora heldu arte. Muskuluak ez luke tamaina aldatuko, horregatik da isometrikoa.



10.2. Irudia. Uzurtketa isometrikoa.

Isotonikoa: muskuluak gainditu beharreko karga txikia denean uzurtketaren hasierako prozesua berdina izango da. Uzurtketa hasten da, eta tentsioa elementu elastikoetan pilatzen hasten da hauek luzatuz. Baina hauetan metatzen den tentsioak kargaren pisua berdintzen duenean, tentsio gehigarria sarkomeroa laburtzeko erabiliko da, eta lan bat burutuko da (kargaren altxapena). Hasieran fase isometrikotik bat izango genduen tentsioa lortu arte, eta hortik aurrera, tentsioa berdina mantentzen da (horregatik da isotonikoa) baina sarkomeroaren uzurtketa maila emendatzen denez, muskulua laburtu egiten da, eta karga altza dezakegu.



10.3. Irudia. Uzurtketa isotonikoa.

Uzkurketetan bi fase hauek gerta daitezke. Batzuetan isometrikoa soilik emango da eta beste batzuetan berriz isometrikoa eta isotonikoa ere.

Beste egitura batzuk ere eragiten dute uzkurketan: **zuntz mota ezberdinek**, eta baita unitate motoreek.

Zuntzak orokorrean **bi taldetan** banatzen dira: **geldoak edo azkarak**.

Geldoak: oxidatiboak ere deitzen dira. Mitokondrio ugari izango dituzte eta ondorioz bide aerobikoetatik ATP gehiago sortzeko aukera dute. Tentsioa edo indarra emateko duten gaitasuna txikia izango da, baina luzaroan mantentzeko daitezke urzkututa, horregatik nekearen aurreko erresistentzia handiagoa dute. Posturak mantentzeko muskuluetan egongo dira batez ere zuntz hauek.

Azkarak: glukolitikoak ere deitzen dira. Mitokondrio gutxi izango dituzte eta ATPa bide anaerobikoetatik lortzen dute. Tentsioa edo indarra emateko duten gaitasuna handia izango da, baina uzkurketaren iraupena txikia izango da, eta horregatik erresistentzia txikiagoa dute nekearekiko. Lasterketak eta bestelako ekintza bortitzak egiteko muskuluetan egongo dira batez ere zuntz hauek. Hegaldi luzeko hegaztiekin adib.

10.1. Taula. Ugaztunen zuntz muskular eskeletiko ezberdinen ezaugarriak.

| | De oxidación lenta | De oxidación rápida | De glucólisis rápida |
|--|--------------------|--|--|
| Actividad de la miosina ATPasa | Lenta | Rápida | Rápida |
| Velocidad con la que se alcanza la tensión máxima | Reducida | Intermedia a elevada | Elevada |
| Duración de las contracciones espasmódicas | Prolongada | Breve | Breve |
| Velocidad de captación de Ca ²⁺ por el retículo sarcoplasmático | Intermedia | Elevada | Elevada |
| Resistencia a la fatiga | Elevada | Intermedia | Reducida |
| Cantidad de mitocondrias | Abundante | Abundante | Escasa |
| Contenido de mioglobina | Eleyado | Elevado | Escaso |
| Color | Rojo | Rojo | Blanco |
| Diámetro de las fibras musculares | Pequeño | Intermedio | Grande |
| Cantidad de capilares circundantes | Abundante | Abundante | Escasa |
| Enzimas para la glucólisis | Escasas | Intermedias | Abundantes |
| Capacidad de producir ATP por fosforilación oxidativa | Elevada | Elevada | Reducida |
| Fuerza generada por superficie transversal de una fibra entera | Escasa | Intermedia | Elevada |
| Función en el animal | Postura | Posición parada, marcha, movimientos repetitivos rápidos | Salto, picos de alta velocidad en la carrera |
| Frecuencia de uso por parte del animal | Elevada | Intermedia a elevada | Reducida |

ATP sortzeko ahalmena kontsumitzen den abiadura berdinean izatea beharrezkoa da nekearen aurrean erresistentzia izateko. ATP asko sortzen den bide metabolikoak erabiltzen dira horretarako. → mitokondrio asko egoten dira oxidazioa burutzeko, baita mioglobina asko ere (honek kolore gorria eman) O₂ garraiorako. Atunaren haragi gorriak adibidez muskulu aktiboak adierazten ditu.

Muskuluak kolore txuria duenean, bide anaerobikoak erabiltzen dituela esan nahi du. Hau glikolisi azkarreko

muskuluetan gertatzen da. O₂ rik erabiltzen ez denez (bide anaerobikoak) ez dago mioglobinarekin beharrik eta horregatik ez dute kolore gorrikerik erabiltzen. Mitokondrio gutxi izaten dituzte ere. Honen adibide dira ihes erantzunetan parte hartzen duten muskuluak. Muskulu hauek erraz nekutzen dira. Erantzun azkarrentzat miosinaren jardura ATPasiko altua behar da, eta honetarako oxidazio azkarreko eta glikolisi azkarreko muskuluak erabiltzen dira.

Bi muskulu mota hauek orekan aurkitzen dira. Velocistean adibidez glikolisi azkarreko muskuluak garatzen dira. Esan beharra dago hormonek ez dutela eragiten muskuluen funtzioan.

Oharra: Bide aerobikoek ze abantaila edo desabantaila dituzte? Zergatik erabiltzen ditugu bide aerobioak eta ez anaerobioak? Glukosa molekula batetik lor daitekeen ATP kopuruaren aldea oso handia da. **Aerobikoetatik** glukosa molekula bakoitzeko **36ATP** lortzen dira, eta **anaerobikoetan** berriz **2-3ATP**. Horregatik bide aerobikoetako eketina askoz handiagoa da. Baina zein da **anaerobioek duten abantaila?** Etekina askoz baxuagoa da, baina **oso azkar lortzen** da. Hau da muskulu batek bat batean energia asko beharko balu bide honetatik lortuko luke ATP kopuru handiagoa.

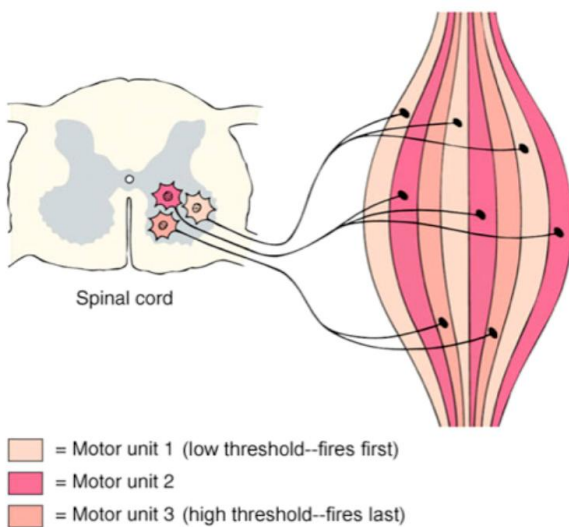
Printzipioz, guzti hau unitate motoreekin erlazionatua dago. Zelula muskularrek nerbio sistema somatikoko motoneurona baten seinale bat jasotzen dute. **Zuntz bakoitzak**

motoneurona bakar batetik jasoko du seinalea, eta motoneurona horrek zelula kopuru bat konektatuko du. Horrela **unitate motorea eratuko** da, eta horrela muskuluan **hainbat** unitate motore izango ditugu. **Unitate motore txikiek (zuntz gutxikoak) zuntz geldoak** izango dituzte eta **unitate motore handiek berriz (zuntz askokoak) zuntz azkarrak** izango dituzte. Motoneuronak ekintza potentziala bidaltzean, bere zuntz muskular guztiak uzkurtuko dira. Baina nola kontrolatzen da ze unitate motore martxan jarri ta zein ez? **Hasieran unitate motore txikiak,**

tentsio txikia sortzen dutenak, hasten dira martxan eta gero handiagoak.

Motoneurona guztiek interneurona berdinetik seinale bera jasoko dute. Demagun muskulu batean bi unitate motore ditugula, bi unitate motore, bat handiagoa (zuntz azkarrak), eta beste bat txikiagoa (zuntz geldoagoa). Bi motoneurona horiek interneurona beretik jaso dute informazioa. Baina seinale berdina jaso arren ez dira biak une berean martxan jarriko. Motoneurona txikian somaren diametroa txikiagoa denez, potentzial graduatuak denbora laburragoa emango du hau zeharkatzeko eta beraz atari maila gainditu eta ekintza potentziala sortzeko aukera handiagoa da. Motoneurona handian aldiz, somaren diametroa handiagoa izanda, potentzial graduatuak denbora gehiago eman behar du soma zeharkatzen, ondorioz atari maila gainditzeko aukera txikiagoa izango da. Seinalea emendatzen bada motoneurona txikian zein handian sortuko da ekintza potentziala.

10.4. Irudia. Muskulu eskeletikoaren unitate motorea.



Hiru muskulu bereziten dira animalietan. Orain muskulu eskeletikoan uzkurketa nola ematen den ikusita beste bi muskuluen berezitasun batzuk ikusiko ditugu. Aipatua dago iada zeintzuk diren muskuluen arteko ezberdintasunak.

10.2. Taula. Ornodunetan agertzen diren hiru muskulu mota nagusien ezaugarriak

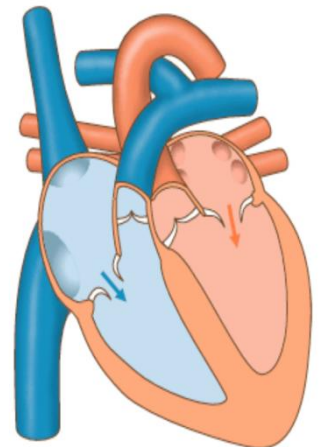
10.2. Taula. Ornodunetan agertzen diren hiru muskulu mota nagusien ezaugarriak.

| | Esqueléticos | Lisos | Cardíaco |
|--|--|--|--|
| Estructura | Fibras musculares grandes, cilíndricas y multinucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Fibras musculares mononucleadas más finas que las fibras musculares esqueléticas. |
| Estrías visibles | Sí | No | Sí |
| Mecanismo de contracción | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. |
| Acción de los puentes cruzados regulada por iones de Ca^{2+} | Sí | Sí | Sí |
| Inervación | El sistema nervioso somático desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo modula las contracciones. |
| Generación espontánea de potenciales de acción por marcapasos | No | No | Sí |

| | Esqueléticos | Lisos | Cardíaco |
|--|--|--|--|
| Las hormonas afectan la función | No | Sí | Sí |
| Presencia de uniones de hendidura | No | No (escasas) | Sí |
| Túbulos transversos | Sí | No | Sí |
| Reticulo sarcoplasmático | Abundante | Escaso | Moderado |
| Fuente de iones de Ca^{2+} para la regulación | El retículo sarcoplasmático | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. |
| Troponina y tropomiosina | Ambas están presentes | Tropomiosina exclusivamente. | Ambas están presentes. |
| Regulación del Ca^{2+} | Ca^{2+} y troponina; el complejo tropomiosina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas ligeras de la miosina. | Ca^{2+} y troponina; el complejo tropomiosina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. |
| Velocidad de contracción (como reflejo de la actividad de la miosina ATPasa) | Varía entre elevada y reducida según el tipo de fibra muscular. | Muy reducida | Reducida |

MUSKULU KARDIAKOA.

Bihotzean agertzen den muskulua da, bere funtzio nagusia gorputz osora odola bideratzea delarik. Zeluletatik datorren oxigenotan pobrea den odola jaso eta biriketara bidaltzen du eta ondoren bertatik odol oxigenatua hartu eta gorputz osora bidaltzen du. Baina horrek **muskulu kardiakoaren mugimendu sinkroniko bat eskatzen du. Lau ganbaretako bihotza** daukagu, eta kasu honetan lau ganbara horiek modu sinkronizatu eta erritmikoan uzkurtuko dira. Aurikula erlaxatzen denean odola bertara sartzen da, eta hauek uzkurtzean bentrakuluak erlaxatzen dira eta odola jasotzen dute, eta ondoren uzkurtu eta odola bihotzetik at bidaltzen dute.

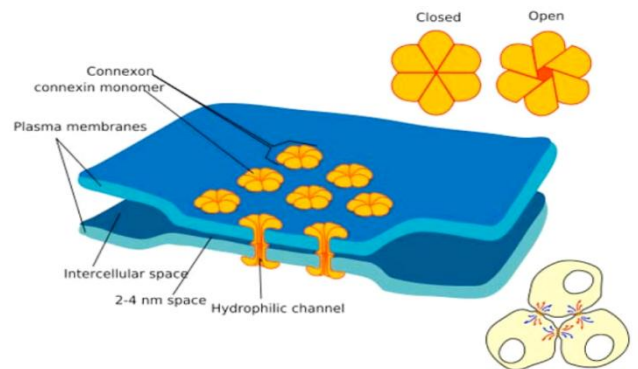


Zelula muskular kardiakoak ildaskatuak dira eta muskulu eskeletikoarenak baino txikiagoak. Gainera, zelula hauek mononukleatuak dira eta esan bezala kaltzioak kontrolatuko ditu ere sarkomeroan ematen diren aktina-miosina zubi gurutzatuak.

Nerbio sistema autonomoak kontrolatzen ditu aipatutako mugimenduak, hua da, guk ezin dugu era kontziente batean kontrolatu. Nerbio sistema autonomoaren sistema sinpatikoak adrenalinarekin bidez ere kontrolatzen du uzkurketa. Hala ere, nerbio sistema autonomoaren nerbio guztiak kentzen badizkiogu bihotza gai da uzkurtzen jarraitzeko eta honek trasplanteak ahalbidetzen ditu. Honen zergatia, muskulu kardiakoa osatzen duten zelulek berez uzkurtzeko duten gaitasuna da.

Es kubiko aurikulara odol benosoa iristen da, erabilia. Aurikula uzkuertzean odola esubiko bentrikulara igarotzen da eta hua uzkuertzean odola biriketara ponpatzen da. Biriken albeoloetan difusioz igarotzen da CO₂, kontzentrazio handitik karbono dioxidoan pobregoa den airera. Difusioz igaroko da ere airean kontzentrazio handietan dagoen O₂ odol benosora. Ondoren, oxigenoa daraman odola ezker aurikulura iristen da, eta hau uzkuertzean bentrikulara igaroko da. Azkenik, ezker bentrikularen uzkuertak odola gorputz osora ponpatuko du. Uzkuertak hauek berez gertatzen dira, lehenik 2 aurikulak eta ondoren 2 bentrikulak uzkuertzen direlarik.

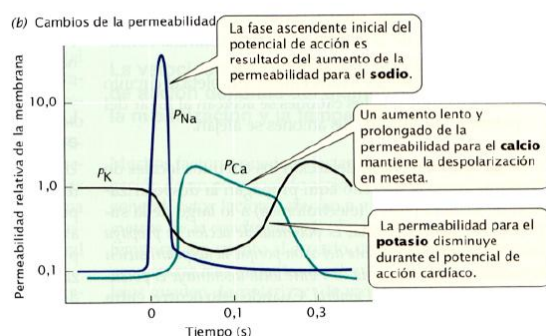
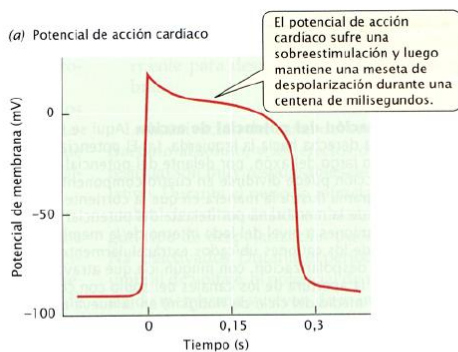
Zelulen sinkronizazioa → muskulu kardiakoaren zelulak elektrikoki akoplatuta daudelako lortzen da. Uzkuertak maila altuena duenak inguruko zelulei igaroko die bere gaitasuna. Horrela, zelula guztiak bakar bat izango balira bezala jokatzeko dute. Diska interkalarretan dauden lotura espezializatuen bidez igarotzen da informazioa zelula batetik bestera



10.6. Irudia. Korrente elektrikoa zelula kardiako batetik bestera iragan daiteke diska interkalarretan dauden lotura espezializatuetatik.

Gap loturak: zelula kardiakoak lotzen diren lekuak dira. Horiei **disco interkalarrak** deritze. Horrek **zitoplasmari jarraikortasuna** ematen die, zelula bat beste batekin konektatzen baitute. Zelula muskular kardiako hauek **kitzigarriak dira**, eta ekintza potentziala sortzean, kargak barnealdetik mugitzen dira zelula **kitzikatuz**. GAP loturak ditugunez **kargak zelula batetik bestera mugitu daitezke** beste zelula batzuetan ekintza potentziala sortuz. Zelula muskular bat badugu, eta kinada bat jasotzen badu, zelula muskularra uzkuertu egiten da, eta ekintza potentziala inguruko zeluletara pasazten duenez, **akoplaturik dauden zelula guztiak uzkuertu** egingo dira. Lau ganbarako bihotz batean, ganbara bakoitzeko zelulak akoplatuta daude, ondorioz **zelula bakar bat uzkuertzea nahiko da guztiak uzkuertzeko**.

Ekintza potentziala oso berezia dute, iraupen luzekoa. Iragazkortasun aldaketak daude ekintza potentzialaren oinarrian.

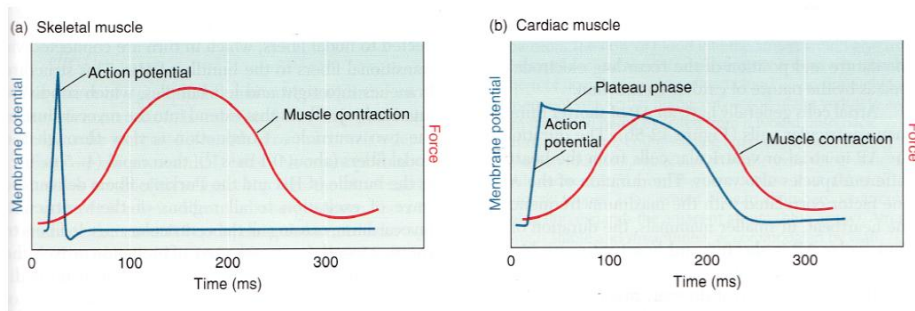


Iraupen oso luzea du sodioaren iragazkortasuna x100 aldiz handitzen delako, honek boltai menpeko sodio kanalak irekitzen dituelarik.

Potasioaren iragazkortasuna sodioarena baino handiagoa da hasieran ere. Ca⁺ en iragazkortasuna prozesu sinaptikoan ikusi dugu, hor kaltzio kanalk baitaude, bestela mintzean duen iragazkortasun ia arbuigarria da. Muskulu kardiakoan ordea, ekintza potentzian ere eragiten du kaltzioak. Boltaje menpeko kaltzio kanalak sodioarenak baino beranduago ireki eta denbora luzeagoaz mantentzen dira irekiak.

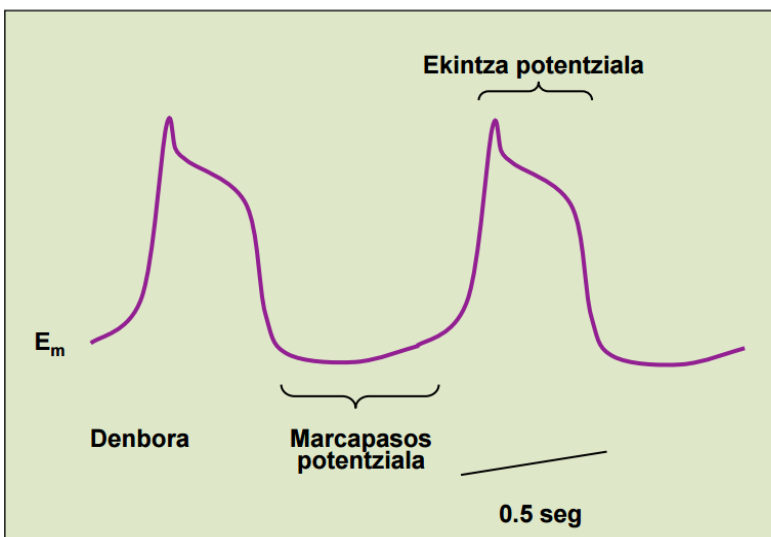
Irekiak zeuden potasio kanalak itxi egiten dira kinadaren aurrean (boltaje menpeko potasio kanalak). Horrela, bi substantzia hauen **iragazkortasunetan aldaketa** bat ematen da, **kaltzioarena igo eta potasioarena jaitsi** egiten delarik. Horren ondorioz zelula balio positiboetan despolarizatuta mantentzen da.

Geldialdiko egoerara itzultzeko momentuan, kaltzioaren kontzentrazioa altua da eta apurka **honen iragazkortasuna pixkanaka murriztuz** joango da (badirudi kaltzioak berak inaktibatzen dituela kaltzioaren kanalak), eta **potasio kanalak** kaltzio kanalaren menpe **daudenez potasio kanal horiek ireki egingo** dira, eta potasioaren **iragazkortasuna emendatuko** da. Kaltzioaren iragazkortasuna txikitzen doan heinean, kaltzio kanalak itxiz joango dira eta hortaz kaltzio menpeko potasio kanalak irekiz joango dira ere. Honela, despolarizazioa txikituz joango da. Ekintza potentzial perfil honi esker ekiditen da ekintza potentzial asko bata bestearen jarraian gertatzea.



10.8. Irudia. Muskulu eskeletikoan ekintza potentziala uzkurketa baino askoz ere laburragoa da, uzkurketaren abiarazlea besterik ez da. Zuntz kardiakoan uzkurketaren iraupena eta ekintza potentzialarena estuki erlazionaturik daude.

Muskulu kardiakoetan berez gertatzen da uzkurketa. Guk muskulu bat isolatuko bagenu, seinalea bidaltzen dugun bitartean funtzionatuko luke. Bihotza mediotik ateratzen badugu ordea, bihotz horrek uzkuritzen jarraituko du inongo seinalerik jaso gabe, hau da **ekintza potentzial kardiakoa berez emango da**. Fenomeno hau posible egiten dutenak **zelula markapasosak** dira gai direnak ekintza potentziala sortzeko. Ekintza potentzialaren ostean zelula hasierako egoerara itzultzean, ikusiko dugu **ez dela geldialdiko fase egonkorrik** egongo. **Mintzaren potentziala pixkanaka handituz** joango da eta **atari mailara iristean despolarizatu** egingo da.



Geldialdiko egoera beharrezko markapasos potentzial bat dugu. Momentu horretan, sodioaren iragazkortasuna pixkanaka emendatzen joango da, eta potasioarena berriz murriztuz. Horrela, zelula despolarizatu eta atari mailara iristean ekintza potentziala sortzen da.

10.9. Irudia. Zuntz kardiako baten berezko uzkurketan zeharreko mintz potentzialaren balioa. Birpolarizazioaren ondoren **marcapasos potentziala** deritzon berezko despolarizazio geldo bat gertatzen da.

Markapasos potentziala desberdina da zelulaz zelula, hau nerbio sistema autonomoaren kontrolpean dagoelarik. Markapasos potentziala bi bulkaden arteko denbora tarte da, aldagarria dena. Izan ere, bihotz taupaden erritmoa azkartzean hau da laburtzen dena.

Zelula markapaso horiek despolarizazio abiadura ezberdina dute, batzuetan ekintza potentziala besteetan baino azkarrago lortuko delarik. Hauek, elektrikoki ekoplatuta daudenez, azkarren despolarizatzen denak aginduko du, bertan ekintza potentziala sortu, eta hori zelula gutzietara pasako delarik. Hau da markapasos azkarrenak hartzen duela agindua, eta hau hiltzen bada, hurrengo azkarrena izango da ritmoa jarriko duena. Hau da, sinapsi elektriko bidez, zelula gutziak azkarren uzurtzen denaren abiaduran doaz.

Aurikuletako nerbio bulkaden iraupenak gutxiago irauten du bentrikuletakoak baino.

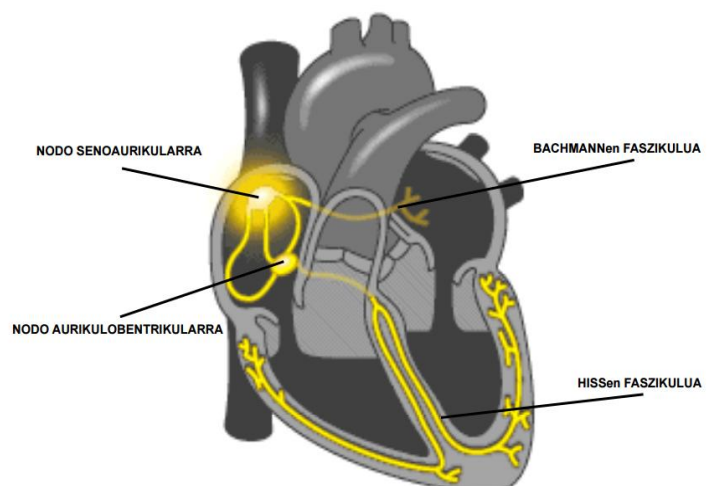
Nola sinkronizatzen dira bihotz ganbara guztiak?

Aurikulak eta bentrikulak txandakatu egin behar dira. Ganbara bakoitzeko zelulak akoplatuta daude eta ganbaren arteko zelulen artean lotura batzuk badaude baina ez daude elektrikoki akoplatuta. Uzurketaren abiarazleak zelula markapasosak izango dira, eskuineko aurikularen goiko partean egongo den **nodo senoaurikularrean** egongo direlarik.

Nodo senoaurikularra: honek jartzen du martxan ekintza potentziala eta nerbio sistema autonomoaren itua da. Jariatuko den azken neurotransmisorea azetilkolina edo adrenalina izango da (adrenalinak bihotz taupadak azkartuko ditu). Azetilkolina edo adrenalina izan nodo senoaurikularrak taupaden maiztasun jakina eragingo du. Ondoren BACHMANN-en faszikuluan zehar transmititzen da nerbio bulkada sinapsi elektriko bidez esker bentrikulura. Hau diámetro nahiko handia duen neurona batenez hedatze abiadura handia izango du eta ondorioz seinalea oso azkar pasako da alboko aurikulura. Horrela, bi aurikulak aldi berean uzurtuko dira.

Nodo aurikobentrikularra: ondoren seinalea eskuinean dagoen nodo aurikobentrikularrera iristen da. Nodo senoaurikularrarekin zuntz bidez konektatuta dago, eta hauek oso diametro estua dutenez horrek eragiten du ekintza potentzialaren transmisioa nodo aurikularretik motela izatea eta bentrikula beranduago uzurtzea. Aurikulak erlaxatzen egongo dira dagoeneko.

Ondoren **Hiss-en faszikuluen bitartez** (hedapen abiadura handiko neuronak), **seinalea nodo aurikobentrikularretik bi bentrikuletara iritsiko da eta horrela uzurtu egingo dira.** Ziklo hau etengabe errepikatuko da. Bihotz zeluletan aldi errefraktarioa handiagoa izango da, ekintza potentzialaren arteko denbora luzeagoa izango delarik.



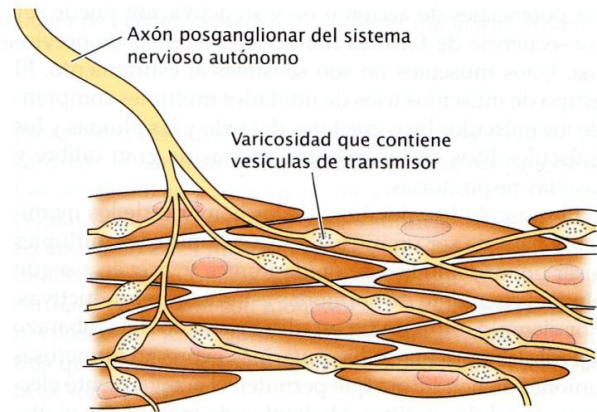
10.10. Irudia. Zelula markapasos-ak **nodo senoaurikularrean** kokatzen dira. **Nodo aurikobentrikularrean** ekintza potentzialaren hedapen abiadura geldoa izango da, aurikulen eta bentrikuluen uzurketak txandakatu ahal izateko beharrezkoa den atzerapena ezarritik.

MUSKULU LEUNA.

Muskulu leuna ez da ildaskatua izango, beraz ildaskatua ez den muskulu oro mukulu leuna izango da, horregatik talde nahiko heterogeneoa da. Ez dira muskulu zelula ildaskatuak ez daukatelako sarkomeroaren egitura konplexu bat (egon badago, baina ez oso garatua). Erraien inguruan, odol hodietan, begien mugimendua, uteroarena...

Muskulu leuna sistema autonomoaren menpekoa da zenbait kasutan, beraz guk ezin ditugu uzkurketa horiek kontrolatu (salbuespenen bat egon daiteke). Orokorrean muskulu leuna osatzen duten zelulak luzaxkak eta fusiformeak izango dira, nukleo bakarrekoak.

Taldeka, zelula kopuru txiki batzuk akoplatuta egon daitezke, eta horiek uzkurketa bateratua izan dezakete, baina zerikusirik ez muskulu kardiakoan gertatzen denarekin. Esaterako, uteroa estrogenoaren eraginez unitate bakarreko muskulu liso bezala jokatzen du eta berezko erantzunak ematen ditu erditzean.



10.11. Irudia. Muskulu lisoko zelulak nerbio sistema autonomak inerbatzen du.

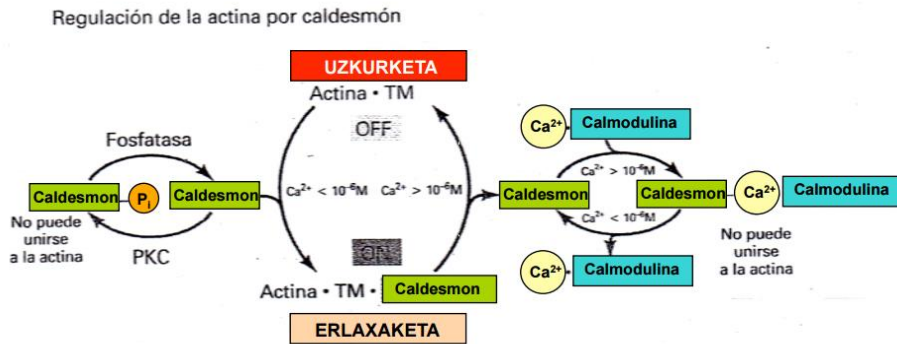
Kasu honetan, uzkurketa muskulu eskeletikoaren antzeko prozesua da. **Kaltzioa** beharrezkoa izango da kasu gehienetan, eta horren jatorria nahiz eta erretikulu sarkoplasmatikoa izan (muskulu leunean nahiko sinplea), kaltzio gehiena likido estrazelularretik lortuko da. Uzkurketarako hainbat aukera daude (nahiko talde heterogeneoa delako), baina horrek ez du esan nahi muskulu leun guztiak modu guztietan uzkur daitezkeenik.

Ildaskatuak ez direnez, ez dute bandatako antolamendua. Hala ere, aktina eta miosina firuak agertzen dira, inolako antolaketa gabe, baina zubi gurutzatuak eratzeko aukerarekin. Honen ondorioz, tentsio askoz txikiagoa eratuko dute, baina uzkurketarako nahikoa izango da. Ez dira T tubuluak azaltzen eskeletikoan bezala ez eta troponinarik erez. Beraz, kaltzioa ez zaio troponinari lotuko (kalmodulinara lotuko zaio).

Orokorrean **uzkurketarako hainbat prozesu** egon daitezke:

- 1- Kasurik arruntena, muskulu eskeletikoan ikusi dugun oso antzekoa izango da. **Aktinazko firuetan tropomiosina** egongo da, baina ez da troponinarik egongo, horren ordez **kaldesmon** izango dugularik. Kaldesmonek tropomiosina aktina eta miosinaren arteko lotura blokeatzen mantenduko du eta horregatik ez da uzkurketarik emango. Kaldesmon hori **mugitzeko kaltzioa** beharko da, eta hau kaldesmonarekin lotu beharrean kalmodulinarekin lotuko da **kaltziokalmodulina** eratuz eta honek kaldesmona paretik kenduko du uzkurketa emanaz. Uzkurketa bukatuko da kaltzio kalmodulina agortutakoan. kaltzio kontzentrazio baxuetan, kaldesmona aktinari lotuko zaio eta horrela miosina nahiz eta ATPa izan, ezin izango da aktinari lotu. $[Ca] > 10^{-6}$ denean,

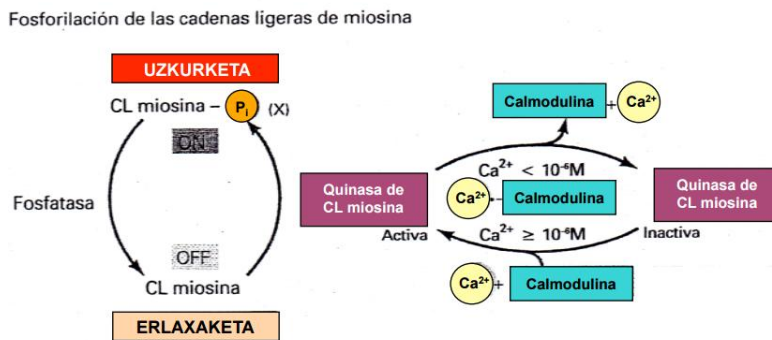
Ca⁺ kalmodulina eratu eta kaldesmonari lotzen zaio. Horrela aktina aske gelditzen da miosinarekin lotura ahalbidetuz eta irristadura gertatuz.



10.12. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. Kaldesmon eta aktinaren arteko loturak uzkurketa galerazten du. Ca²⁺/Kalmodulina konplexuak edota C Proteina kinasak Caldesmon-a aktina firuetara lotzea galerazten dute, muskulu lisoaren uzkurketa faboratuz.

2- Beste aukera bat **kaldesmonaren fosforilazioaren bitartez** izango da **C proteina kinasaren baten bidez** gertatuko dena. Honek kaldesmona fosforilatu eta hau bere lekutik mugitu dezake **uzkurdura** eman ahal izateko.

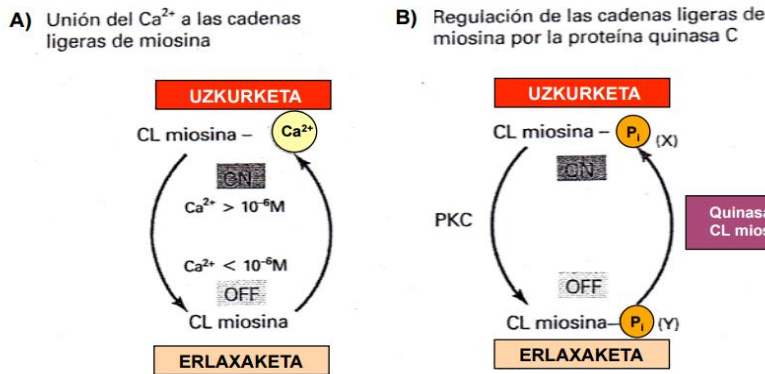
3- Hirugarren aukera, **miosinaren kate arinen fosforilazioa** izango da. Miosina **bi ataletan** bereizten dela esan daiteke: ardatz zurrun bat eta bertatik irteten diren buru globular batzuk. Horrek biak **lotzen** miosinaren **kate arinak** agertzen dira. **Kinada** muskuluari heltzean, ohiko moduan **kaltzioa barneratu eta kalmodulinarekin lotuko da**. Kaltzio kalmodulinak **kloro-kinasa** bat aktibatzen du, honek **kate arinak fosforilatzeko** dituelarik. Prozesu honen ostean uzkurketa emango da. Fosforilasa batek fosfato taldea kentzean gertatuko da erlaxatzea.



10.13. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. Miosinaren kate arinetako (CL) kinasak kate hauek fosforilazten dituenean uzkurketa faboratzen da. Ca²⁺/Kalmodulina konplexuak aktibatzen du miosinaren CL kinasak.

4- Azkeneko aukera, **Kaltzioa kate arinetara zuzenean lotzean** datza eta aurreko kasuan izandako eragin berdina izango luke.
Lau aukera hauen artean, tipikoena lehenengoa izango da.

Hauetaz gain, badago aukera bat **muskuluaren erlaxatze-prozesua** bideratu dezakeena: **Beste kinsa batek kate arinak ez diren leku** batean miosina fosforilatzen duenean. Honek uzkurketa amaitzea dakar eta erlaxatzea.



10.14. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. **A)** Ca^{2+} ioia miosinaren kate arinetara lotzen denean uzkurketa faboratzen da. **B)** C kinsa batek kate hauek fosforilatzen dituenean (miosinaren CL kinsak eragiten ez duen gune batetan) muskularen

| | Esqueléticos | Lisos de unidades múltiples | Lisos de unidad única | Cardíaco |
|---|--|--|--|--|
| Estructura | Fibras musculares grandes, cilíndricas y multinucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Fibras musculares mononucleadas ramificadas más cortas que las fibras musculares esqueléticas. |
| Estrías visibles | Sí | No | No | Sí |
| Mecanismo de contracción | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. |
| Acción de los puentes cruzados regulada por iones de Ca^{2+} | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Inervación | El sistema nervioso somático desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo modula las contracciones. |
| Generación espontánea de potenciales de acción por marcapasos | No | No | Sí | Sí |
| Las hormonas afectan la función | No | Sí | Sí | Sí |

| | Esqueléticos | Lisos de unidades múltiples | Lisos de unidad única | Cardíaco |
|--|--|--|--|--|
| Presencia de uniones de hendidura | No | No (escasas) | Sí | Sí |
| Túbulos transversos | Sí | No | No | Sí |
| Reticulo sarcoplasmático | Abundante | Escaso | Escaso | Moderado |
| Fuente de iones de Ca^{2+} para la regulación | El retículo sarcoplasmático | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. |
| Troponina y tropomiosina | Ambas están presentes | Tropomiosina exclusivamente. | Tropomiosina exclusivamente. | Ambas están presentes. |
| Regulación del Ca^{2+} | Ca^{2+} y troponina; el complejo troponina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas livianas de la miosina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas livianas de la miosina. | Ca^{2+} y troponina; el complejo troponina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. |
| Velocidad de contracción (como reflejo de la actividad de la miosina ATPasa) | Varía entre elevada y reducida según el tipo de fibra muscular. | Muy reducida | Muy reducida | Reducida |

9.GAIA. ORGANO EFEKTOREAK. MUSKULU ESKELETIKOA.

Efektoreak, nerbio sistemak jasotako informazioaren arabera, erantzuna sortzekoerabiltzen diren organoak dira. Ornodunetan, orokorrean, nerbio sistemaren edo nerbiosistema eta sistema endokrinoaren menpekoak izango dira. Erantzun desberdina sortzenduten efektore mota desberdinekoak daude: elektrikoak, bioluminiszenteak Kromatoforoak (kamaleoiak, kolorea aldatu), protozoen trikozistoak, intsektuen zelula lehertzaileak(defentsarako)... Guk bi efektoreen funtzionamendua ikusiko dugu: sekrezio guruinak(sistema endokrinoko hormonak) eta muskulua. Muskulu ehunak dira gehien ezagutzen direnak ekintza mekanismoak ikusteko.

9.1. Taula. Efektore motak eta burutzen dituzten erantzunak.

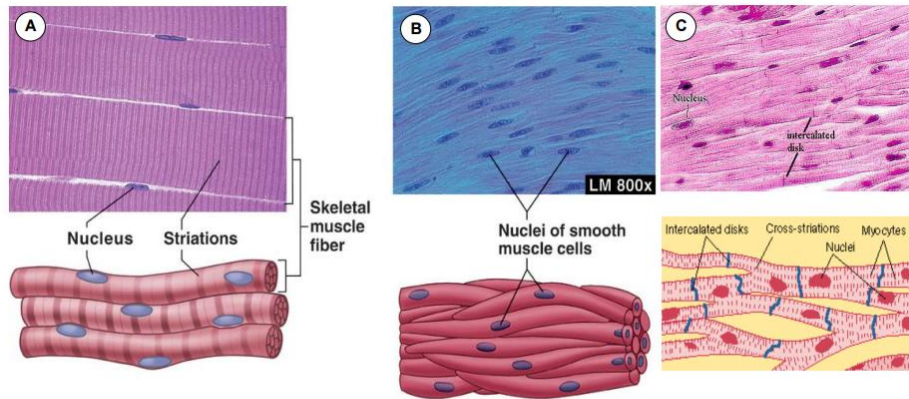
| EFEKTOREA | MENPEKOTASUN MOTA | ERANTZUNA |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Organo elektrikoak | Nerbio sistemaren menpekoa | Deskarga elektrikoa |
| Org. bioluminiszenteak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Argia |
| Kromatoforoak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Kolore aldaketa |
| Protozoen trikozistoak | Independenteak | Mekanikoa |
| Esporozooen kapsula | Independenteak | Mekanikoa |
| Nematozistoak | Independenteak | Mekanikoa |
| Plaketak | Independenteak | Mekanikoa |
| Intsektuen zelula lehertzaileak | Independenteak | Mekanikoa |
| Sekrezio guruinak | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Sekrezioa |
| Muskulua | NS eta hormonon ekintzen menpekoa | Uzkurketa |

MUSKULUA

Hiru musku mota daude: eskeletikoa, leuna edo lisoa eta kardiakoa. Muskulu mota desberdinak izanik, bi dira desberdintasun nagusiak:

- ▶ Ildaskak izatea edo ez, hau da, eraketa konkretu bat.
 - Eskeletikoa (A): muskulua ildaskatan antolatzen da, zelulak ondo bereizten direlarik, hauek banda jarraietan antolatuta daude. Marra modukoak ikusten dira mikroskopioan.
 - Leuna (B): ez du inolako ildaskarik aurkezten. Beste bi muskuluekiko desberdinena. Eskeletikoak ez diren gainontzeko muskulu guztiak. Zelula txikiez osatua eta multzo oso heterogeneoa da.
 - Kardiakoa (C): muskulu eskeletiko mota bat da, beraz ildaskak dauzka, baina, ez dira hain nabariak. Bakarrik bihotzean agertzen den muskulu mota da.
- ▶ Zein da martxan jartzen duen sistema.
 - Eskeletikoa: muskulu eskeletikoa nerbio sistema somatikoak kontrolatzen du, hauda, borondatezko mugimenduak. Guk kontrolatzen ditugun mugimenduak. Nahiz eta batzutan automatikoki egin (ibili adibidez), mugimendua gelditu dezakegu.

- Leuna eta kardiakoa: bi muskulu hauen uzkurketa nerbio sistema autonomoaren menpekoa da, kontrolatzen ez duguna. Batzutan konsziente izan gaitezke, baina, ezin dugu kontrolatu. Adibidez: ezin ditugu bihotzeko taupadak gelditu.

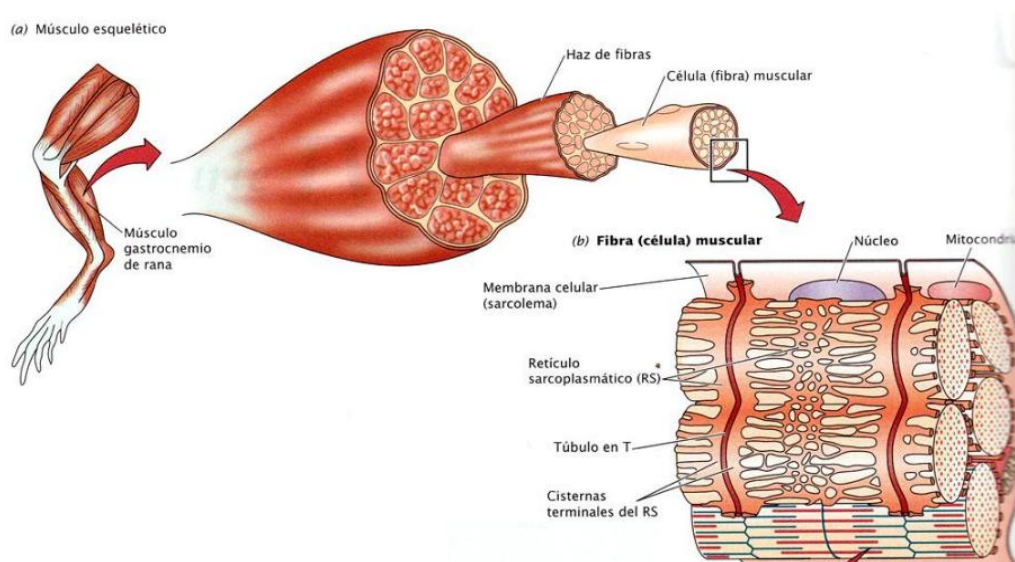


9.1. Irudia. Ormodunen muskulu mota ezberdinen ezaugarri estrukturalak. **A)** Muskulu eskeletikoa, **B)** muskulu leuna eta **C)** muskulu kardiakoa.

1. MUSUKULU ESKELETIKOIA.

Erantzun muskularra ematen dute. Erantzuna zuntz edo zelula muskularretan gertatzen da. Zelula hauen oso deigarria da paketeetan agertzen direla aktina eta miosina, eta hauen inguruan erretikulu sarkoplasmatico oos garatu bat ageri dela. Mintz plasmaticoak sarrera batzuk ditu, inbaginazio handi eta luze batzuk, hauei T tubuluak deritze eta erretikuluarekin lotura estuan aurkitzen dira. T tubuluak zelularen barneko aldea kanpo medioarekin (mintzarekin) kontaktuan jartzen dute.

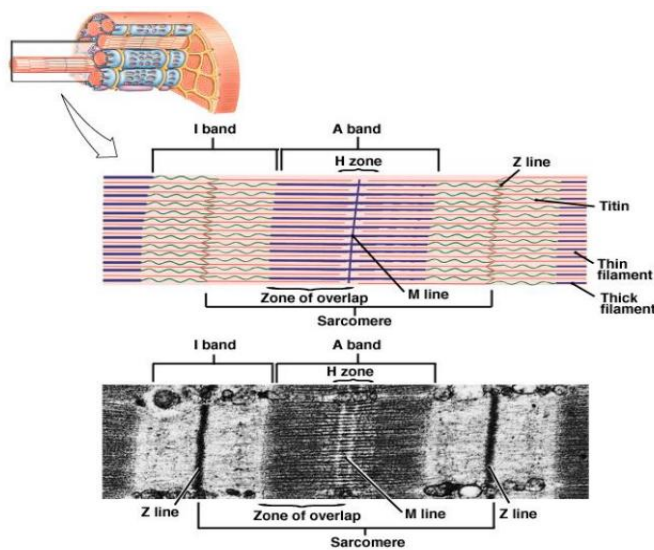
Bi filamentu mota bereizten dira zelula hauetan: aktinazko filamentu finak eta miosinazko filamendu lodiak. Miozuntza hauek errepikatzen diren banda argi eta ilunen patroia azaltzen dute. Patroi honen oinarritzko unitatea sarkomeroa da eta aktinazko firu mehez eta miosinazko firu lodiz eratuta dago.



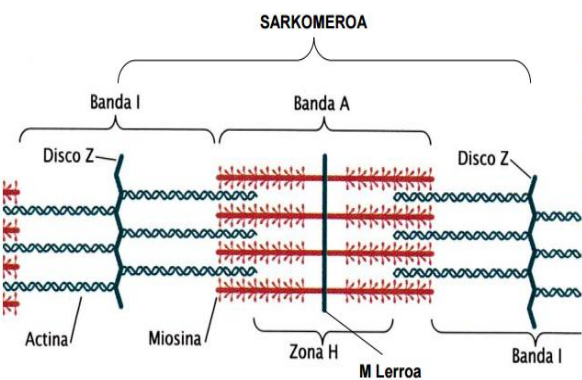
9.2. Irudia. **Muskulu eskeletikoaren antolaketa.** Muskulua zuntz talde ezberdinez osatzen da eta era berean, zuntz hauetako bakoitza zelula (edo zuntz) muskularrez eratua dago. Zelula muskularrek miozuntz ezberdinak dituzte.

Uzkurtzean: firuak gainjarri edo solapatu egiten dira. Nola?

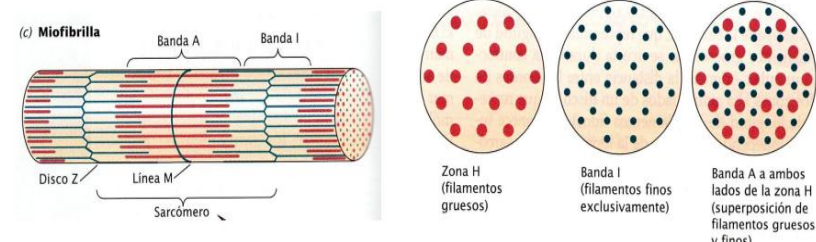
Sarkomeroak uzkurketa eragiten duten unitateak dira. Sarkomeroa miosinazko eta aktinazko firuez osatuta dago. Muskuluaren unitate funtzionala da, errepikatzen dena, Z lerro batetik hurrengora doa, hau da, I banda baten erditik, hurrengo I bandaren erdiraino. Sarkomeroak bata bestearen jarraian daude kokatuta eta horrela hauen mugimendua batera emango da muskuluaren uzkurketa emateko.



9.3. Irudia. Sarkomeroaren euztura.



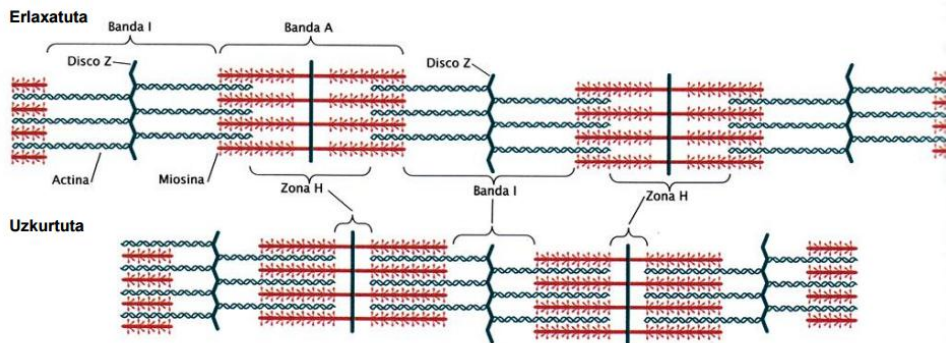
9.4. Irudia. Muskulu eskeletikoaren antolaketa. Miozuntz bakoitzak, errepikatzen den banda argi eta ilunen patroia azaltzen du. Patroi honen oinarritzko unitatea sarkomeroa da eta aktinazko firu mehez eta miosinazko firu lodiz eratua dago.



➤ **Banda iluna edo A banda:** miosinazko filamentu lodiez osatuta dago eta erdialdean M deituriko lerro bat dago. Banda honetan, bi zona bereiztu daitezke filamentuen kokapenaren ondorioz: erdiko zona (argiagoa), non bakarrik miosinazko filamentuak dauden eta alboetako zona (ilunagoa) non miosinazko eta aktinazko zuntzak gainjartzen diren.

➤ **Banda argia edo I banda:** banda ilunen artean agertzen da, aktinazko filamentu finez osatuta dago eta erdialdean Z deituriko lerro bat dauka.

Firuen tamaina ez da inoiz aldatuko, aldatzen dena da hauen arteko gainjarpena, hau da, muskulua uzkurtzen denean, banden tamaina txikitzen da, behintzat batzuen. A bandaren tamaina ez da aldatuko, baina, tamainaz aldatzen direnak H zonak (soilik miosina) eta I bandak (soilik firu meheak/aktina) izango dira, txikituko dira. Soilik firu bakarrik agertzen ziren zonak laburtzen dira, gainjarpenaren ondorioz. Laburtu daitezkeen maximoa, H zona desagertu arte izango da, Z disken arteko distantzia laburtzen da, hau da, sarkomeroa laburtzen da. Sarkomeroa errepikatzen den unitatea denez eta jarraian asko daudenez, denak laburtuko dira eta honekin batera muskulua uzkurtuko da.



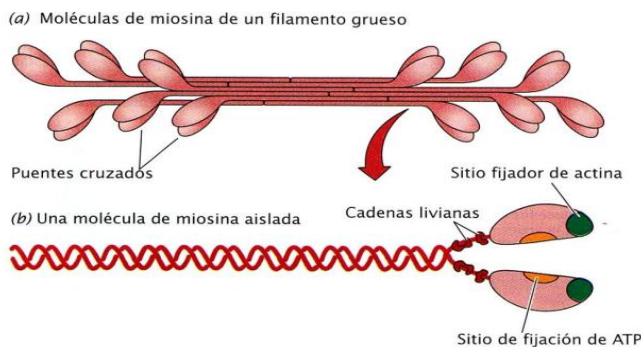
9.5. Irudia. Firuen desplazamenduaren ondorioz uzkurkefeta muskularra gertatzen da. Uzkurketan zehar firu meheak eta firu lodiak bata bestearekiko irristatzen dira, sarkomeroa laburtuz.

FIRU MOTAK

A) Miosina: hauek filamentu lodiak dira hainbat dimeroz osatuta daudelako eta hauek dira sarkomeroaren A banda osatzen dutenak. Bi zona bereiztu daitezke: zuntzez osatutako ardatz zuzena eta ardatz horren muturretatik proiektatzen diren buru globularrak, azken hauek izango dira aktinara lotuko direnak. A bandaren erdian M lerroan kokatuta dago eta honen alde bakoitzean kokatutako buru globularrak kontrako norantzan mugituko dira, zuntzaren erdialderantz mugitzen direlarik. Bi lotura gune dituzte:

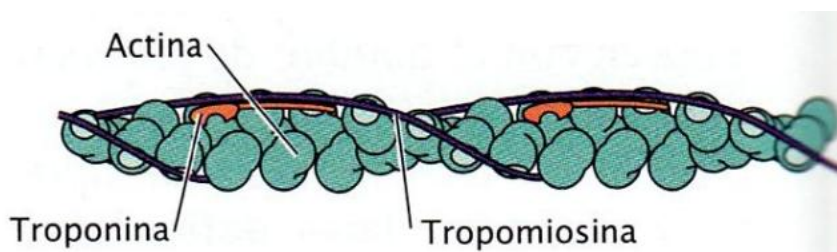
- Aktinarekin lotzeko gunea. Hauen bitartez Zubi gurutzatuak sortzen dira, hau da, miosina eta aktinaren arteko lotura. (Irudiko puentes cruzados)
- ATParekin lotzeko gunea. Funtzio ATPasikoa du, hau da, ATP hidrolizatzen du miosina mugitzeko. ATP hidrolisatzen du eta askatzen den energia erabiltzen du, forma energizatu baten mantenduz.

Miosinazko buruak aktibatzeke ATP behar da, eta hauek aktibatuek daudenean lotuko dira aktinari. ATP amaitzean, uzkurkefeta dagoen moduan gelditzen da, beste ATP beharrezkoa izango da miosina aktina zubi zahar bat askatzeko.



9.6. Irudia. Aktinak helize itxurako kate luzeak eratzen ditu. Firu lodiek zuntzez osatutako ardatz bat eratzen dute eta bertatik buru globularrak proiektatzen dira.

B) Aktina: hauek filamentu finak dira eta sarkomeroaren I bandan dauden firuak dira. Helize itxura duten bi katek osatzen dute firua, zeinak, α -aktina izeneko monomeroen polimerizazioak diren. Aktinazko firuekin tropomiosina eta troponina proteinak agertuko dira eta hauek kontrolatuko dute miosinaren lotura aktinaren gune espezifikoetan. Tropomiosina fibrosoa da eta troponina globularra. Troponina leku estrategikoetan agertzen da, oztopatzen aktina eta miosina loturak.

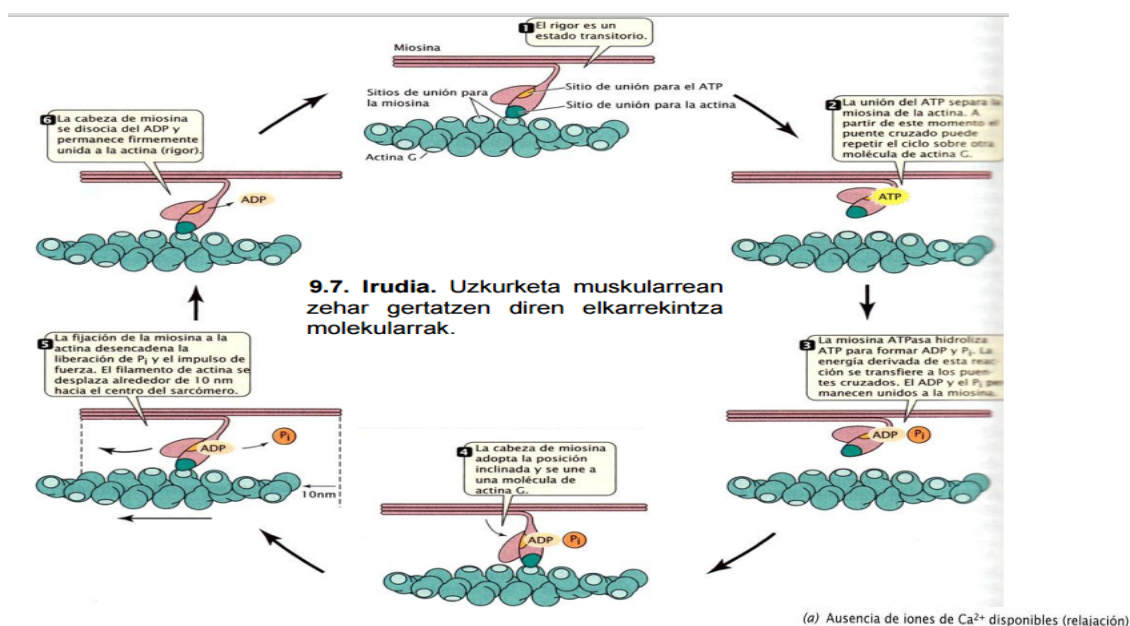


UZKURKETA

Firu meheak lodiekiko mugitzen dira, hau da, aktinazko piruak miosinazkoen gaitetik mugituko dira sarkomeroa uzkuratzeke. Z lerroa M lerroa hurbilduz. Firuen inguruan ATP badago, hau miosinarekin lotuko da aktina eta miosina bananduz. ATPa hidrolizatuko da, ADP+Pi emanez. Produktu hauek miosinari lotuta geldituko dira eta erreazioan askatutako energia, miosinak xurgatuko du egoera energizatua lortuz. Buru globularrek energia xurgatzen dutenean tente jarriko dira aktinarekin lotzeko prest daudelarik. Miosinaren egoera energizatua, aktinarekin lotzeko joera handia izango du. Beraz, miosinaren buru globularrak aktinari lotuko zaizkio, lotura horren ondorioz, Pi askatuko da eta aktinak bultzada bat jasoko du zeinaren ondorioz, 10nm mugituko den sarkomeroaren erdirantz. Ondoren, ADPa disoziatuko da, baina, miosina aktinarekin lotuta jarraituko du. ATPa beharko da otura hau ere apurtzeko, hasierako posiziora bueltatu dadin.

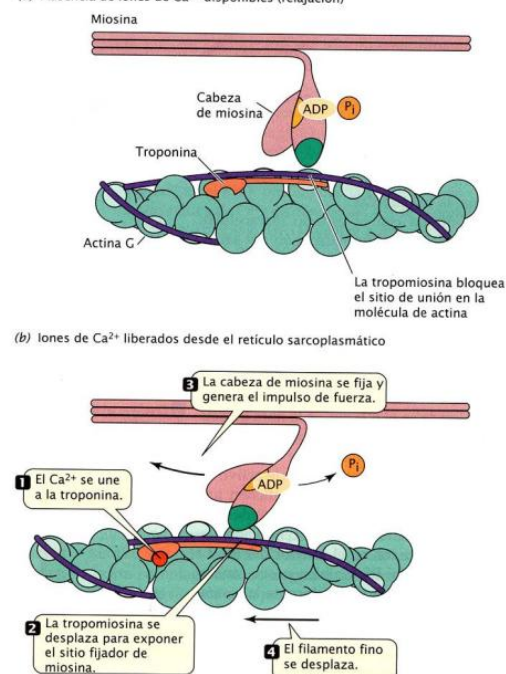
ATPren funtzioak

1. Alde batetik energia ematen du hidrolizatzean firu meheea mugitu ahal izateko eta ondorioz, sarkomeroen uzkurketa emateko.
2. Bestalde, ATPa beharrekia da miosina eta aktina banatzeko, bai prozesuaren hasieran eta baita prozesuaren bukaeran, hau da, aktinaren mugimendua emateko eta miosinaren buru globularrak hasierako egoerara itzul daitezela.



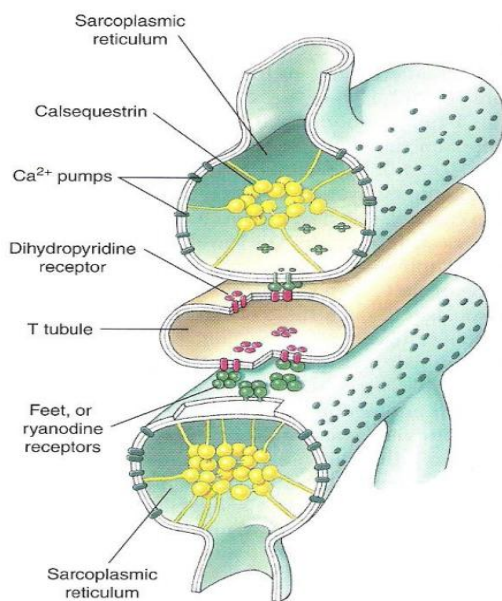
UZKURKETAREN ERAENKETA.

ATPa dagoen bitartean muskulua uzkuratzen egongo da, ondorioz, hori kontrolatzeko mekanismoren bat beharrekia da. Troponinak eta tropomiosinak, Ca^{2+} ioiekin batera, aktina eta miosinaren arteko lotura eraentzen dute. Troponina eta tropomiosina, aktinaren inguruan kokatzen diren bi proteina dira eta elkar loturik agertzen dira. Gainera, tropomiosinak aktina miosinara lotzeko guneak estaltzen ditu. Hauek beraien konformazioa aldatu behar dute gune

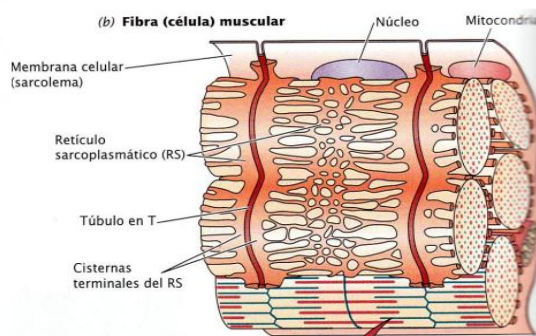


hauek agerian uzteko. Kaltzioa tropominari lotuko zaio, tropomina-tropomiosinaren desplazamendua eraginez eta guneak agerian utziz. ATP a egon arren eta miosina aktibatuta egonda ere ez da lotura emango kaltzioari esker guneak agerian egon arte. Hau nerbio sistemak kontrolatzen du. Kaltziorik ez dagoenean beraz, erlaxatuta mantenduko dira muskuluak. Kaltzioa badago eta miosina energizatua badago gurutze zubia sortu eta sarkomeroa uzkurtuko da.

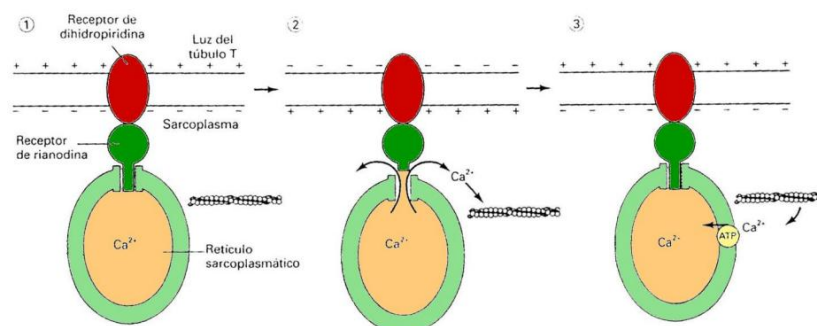
Kaltzio ioiak erretikulu sarkoplasmatikotik (muskulu zeluletako erretikulu endoplasmatikoa) askatzen direnean, hauek uzkurketarako seinalea emango dute. Erretikulu sarkoplasmatikoa kaltzio gordailu bat da. Bertan dauden kaltzio ponpek kaltzioa mantentzen dute erretikulu endoplasmatikoaren barnean ATPa erabiliz. Firuen inguruan kaltzioa kontzentrazio oso baxua dago dena erretikulu sarkoplasmatikoan dagoelako.



9.10. Irudia. Erretikulu sarkoplasmatiko eta T tubuluen arteko akoplamendu mekanismoa.

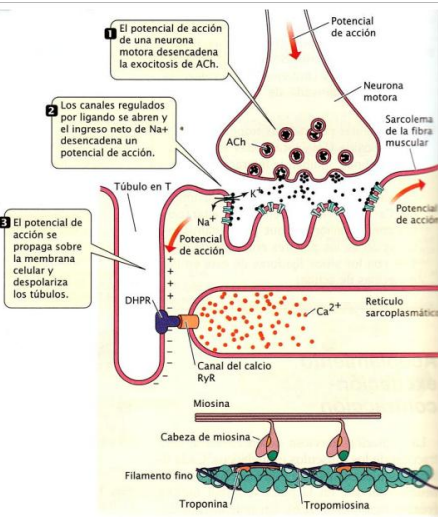


Despolarizazio bat dagoenean (Azetilkolinak eraginda) zelulan, nerbio bulkada t tubuluen bidez iritsiko da erretikulu sarkoplasmatikora. Izan ere, T tubuluan dauden dihidropiridina hartzaileak (proteina trasmintz batzuk) kontaktuan daude rianodinaren hartzaileekin. Polarizazioa aldatzean, dihidropiridinaren konformazio aldaketa gertatzen da, aldi berean rianodinaren hartzaileen konformazio aldaketa gertatuz eta honela kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikotik atera ahal delarik. Mintzaren polarizazioa egoera normalera itzultzen denean dihidropiridinaren konformazioa bere egoera arruntera itzultzen da rianodinaren konformazio aldaketa ekarriz berriz eta kaltzioaren irteera E.S tik oztopatuz. Kaltzioa biltegitratuko da E.S an ATP a erabiliz.



9.11. Irudia. T tubuluetako mintzaren despolarizazioak, modu ez zuzen batean, erretikulu sarkoplasmatikoan dauden kaltzio kanaleen irekiera eragiten du.

Kaltzioa eta ATP a dagoen bitartean uzkurketa gertatuko da, nahiz eta despolarizazioa desagertu kaltzioaren errekupezioa motela bada. Gradiente osmotiko handia gairitu behar dute E.S ko kaltzio ponpek, horregatik laguntzaile bat dauka, kalsekuestrina. Proteina honek, kaltzioa baitzen du, hau da, kaltzioarekin lotzen da eta horren ondorioz, kaltzio hori ez du gradiente elektrokimikoan parte hartzeko eta beraz, ponpak gairitu behar duen gradiente osmotikoa txikitzen da.

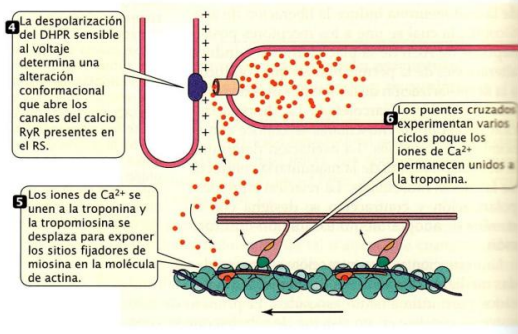


9.12. Irudia. Akoplamendu elektromekanikoaren kitzikapen fasea.

1. Terminal presinaptotik askatutako acetilolinak zuntz muskularraren despolarizazioa dakar (sarkolemaren despolarizazioa).
2. Despolarizazioak ekintza potentziala sortzen du eta zuntz muskular guztiatik hedatzen da. Ekintza potentziala T tubuluetatik ere barreiatzen da.
3. T tubuluetan dauden dihidropiridina hartzaileek seinalea rianodina hartzaileetara pasatzen dute, eta hauek erretikulu sarkoplasmatikoa dauden Ca²⁺ kanalak irekitzen dituzte, kaltzio askapena ahalbidetuz.
4. Kaltzioa aktina firuetarantz hedatzen da.

9.13. Irudia. Akoplamendu elektromekanikoaren uzkurketa fasea.

5. Kaltzioa firu mehetan dagoen troponinarekin lotzen da.
6. Honen ondorioz tropomiosinak aktinaren gunea libre uzten du.
7. Miosina molekularen buru globularra, energizatutako ATPa hidrolizatu duelako, aktinarekin elkartzen da.
8. Miosinak metatzen duen energia hori firuen mugimendua bultzatzeko erabiltzen da, firu meheak firu lodiekiko desplazatzen dira. ADP-a askatu egiten da.
9. ATP berri bat miosinari lotzen zaio, aktina eta miosinaren arteko lotura etenaz, firuen arteko zubi gurutzatuak askatzen dira.
10. ATP apurtu egiten da miosina berriz energizatuz eta zikloa berriro hasten da (7. puntua).



ERLAJATZEA

Kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikora sartzen joango da, kaltzio ponpak kaltzioa errekupeztzeko duen azkartasunaren arabera. Nerbio bulkada jarraiek kaltzioa denbora guztian aske egotea eragingo dute, uzkurketa etengabe gertatuz. Egoera tetaniko baten kasua adibidez. Uzkurketa amaituko da zelulan ATPrik ez dagoenean → neke muskularra. Hau desberdina da muskulu motaren arabera, luzera desberdina.

Erlaxaketa:

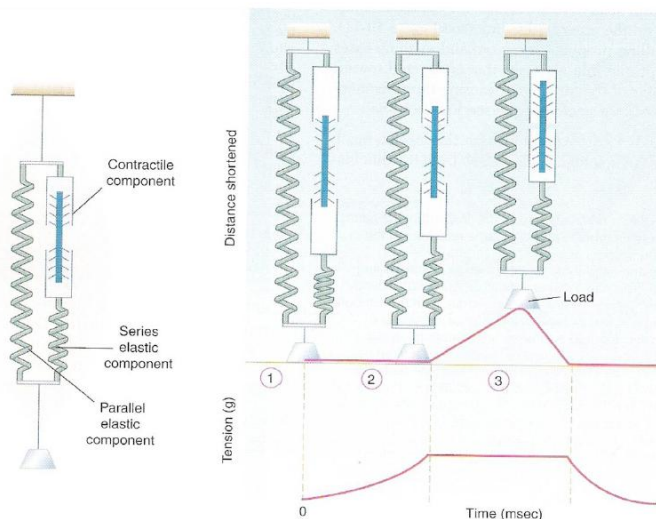
11. Kaltzioa erretikulu sarkoplasmatikora itzultzen da kaltzio ponparen eraginez (ATP gastua dago), eta ondorioz troponina hasierako egoerara bueltatzen da.
12. Troponinak tropomiosina aktina eta miosinaren arteko lotura gunea blokeatzen dituen egoerara itzultzea eragiten du.
13. Sarkoplasmako kaltzio kontzentrazioa altu mantentzen den bitartean kontrakzioa gertatuko da. Beste ekintza potentzialik iristen ez bada kaltzio kontzentrazioak behera egingo du, kaltzio ponpak erretikulu sarkoplasmatikora ponpatuko baitu.

10.GAIA. MUSKULU KARDIAKO ETA LISOA.

Aurreko gaietan ikusi dugu nola gertatzen den uzkurketa prozesua. Baina badakigu uzkurketa mota ezberdinak daudela. Uzkurketa hauek bortitzak, suabeagoak, tentsio handiagokoak... izan daitezke.

Muskuluan atal uzkurkor bat dugu (sarkomeroa), tentsioa edo indarra sortuko duena, eta berarekin erlazionatuta elementu elastikoak agertuko dira baita [sarkolema, (mintz plasmatikoa), tendoiak, sarkomeroaren hainbat egitura...].

Kanpotik kinada bat iristen denean, nerbio sistemak kinada horri erantzuteko seinale bat bidaltzen du eta sarkomeroa laburtu egiten da. Horrekin batera elementu elastikoak luzatu egiten dira, hau da tentsioa elementu elastikoetan metatzen da, eta horregatik muskuluen luzera ez da aldatzen. Momentu batetik aurrera tentsioa ezin da elementu elastikoetan pilatu eta hortik aurrera elementu elastikoek jasan ezin duten gehiegizko tentsio hori muskulua luzeraz txikitzeko erabiliko da bi hezurren arteko distantzia txikituz eta lan bat eginez.



10.1. irudia. Muskuluan dauden osagai elastiko eta uzkurkorak (serien eta paraleloan).

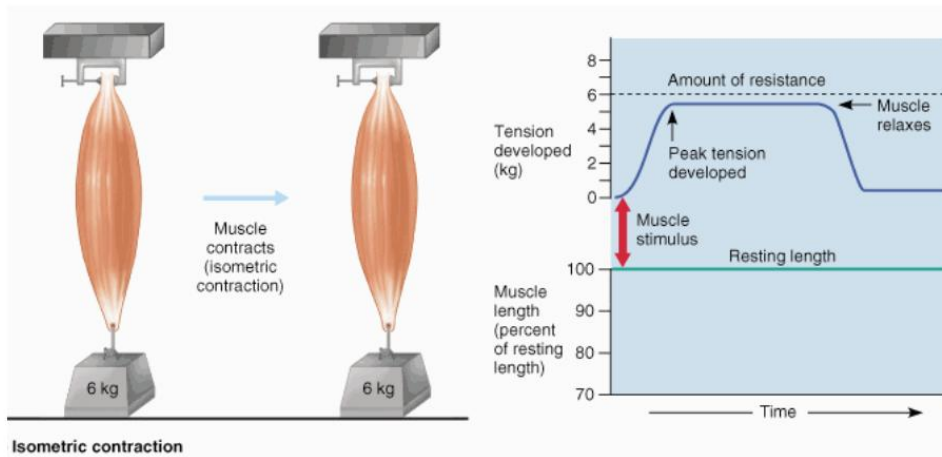
Muskuluen tentsio maila sarkomeroen luzezaren arabera da.

Luzera optimoa: tentsio maximoa. Luzera txikiago edo handiagoa bada tentsioa baxuagoa izango da. Tentsioa, sarkomeroetan zubi gurutzatuak (aktina miosina) sortzean sortzen da. Beraz, eman daitezkeen zubi gurutzatu guztiak sortzean → tentsio maximoa.

Printzipioz uzkurketaren **bi fase ezberdin** bereizten dira:

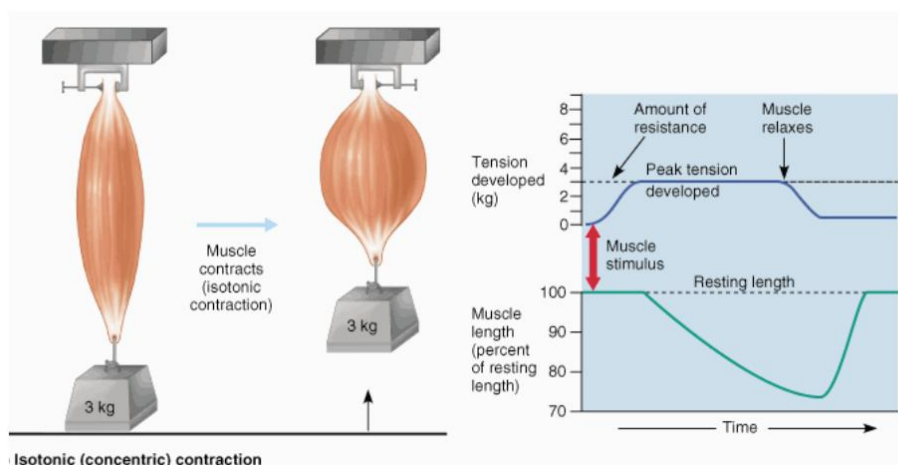
- Uzkurketa isometrikoa.
- Uzkurketa isotonikoa.

- **Isometrikoa:** normalean mugimendu hauek lan bat burutzeko dira, (esaterako karga bat mugitzeko) eta beraz muskuluak karga horren pisua gainditu beharko du. Pisu oso handia duen zerbait altxatu nahi dugunean, muskuluak sortu lezaken tentsioak ezin du gainditu kargaren pisua, eta ondorioz, muskuluari seinalea iristen zaionean, ekintza potentziala sortuko da eta elementu elastikoak luzatzen hasten dira, altxatu beharreko karga gainditu arte. Batzuetan ezinezkoa da. Kasu horietan, sarkomeroa uzkuratuko da jasan dezakeen tentsio maximora heldu arte. Muskuluak ez luke tamaina aldatuko, horregatik da isometrikoa.



10.2. Irudia. Uzkurketa isometrikoa.

Isotonikoa: muskuluak gainditu beharreko karga txikia denean uzkurketaren hasierako prozesua berdina izango da. Uzkurketa hasten da, eta tentsioa elementu elastikoetan pilatzen hasten da hauek luzatuz. Baina hauetan metatzen den tentsioak kargaren pisua berdintzen duenean, tentsio gehigarria sarkomeroa laburtzeko erabiliko da, eta lan bat burutuko da (kargaren altxapena). Hasieran fase isometriko bat izango genuke tentsioa lortu arte, eta hortik aurrera, tentsioa berdin mantentzen da (horregatik da isotonikoa) baina sarkomeroaren uzkurketa maila emendatzen denez, muskulua laburtu egiten da, eta karga altxa dezakegu.



10.3. Irudia. Uzkurketa isotonikoa.

Uzkurketetan bi fase hauek gerta daitezke. Batzuetan isometrikoa soilik emango da eta beste batzuetan berriz isometrikoa eta isotonikoa ere.

Beste egitura batzuk ere eragiten dute uzkurketan: **zuntz mota ezberdinek**, eta baita unitate motoreek.

Zuntzak orokorrean **bi taldetan** banatzen dira: **geldoak edo azkarrek**.

Geldoak: oxidatiboak ere deitzen dira. Mitokondrio ugari izango dituzte eta ondorioz bide aerobikoetatik ATP gehiago sortzeko aukera dute. Tentsioa edo indarra emateko duten gaitasuna txikia izango da, baina luzaroan mantentzeko daitezke urzkututa, horregatik nekearen aurreko erresistentzia handiagoa dute. Posturak mantentzeko muskuluetan egongo dira batez ere zuntz hauek.

Azkarrek: glukolitikoak ere deitzen dira. Mitokondrio gutxi izango dituzte eta ATPa bide anaerobikoetatik lortzen dute. Tentsioa edo indarra emateko duten gaitasuna handia izango da, baina uzkurketaren iraupena txikia izango da, eta horregatik erresistentzia txikiagoa dute nekearekiko. Lasterketak eta bestelako ekintza bortitzak egiteko muskuluetan egongo dira batez ere zuntz hauek. Hegaldi luzeko hegaztiek adib.

10.1. Taula. Ugaztunen zuntz muskular eskeletiko ezberdinen ezaugarriak.

| | De oxidación lenta | De oxidación rápida | De glucólisis rápida |
|--|--------------------|--|--|
| Actividad de la miosina ATPasa | Lenta | Rápida | Rápida |
| Velocidad con la que se alcanza la tensión máxima | Reducida | Intermedia a elevada | Elevada |
| Duración de las contracciones espasmódicas | Prolongada | Breve | Breve |
| Velocidad de captación de Ca ²⁺ por el retículo sarcoplasmático | Intermedia | Elevada | Elevada |
| Resistencia a la fatiga | Elevada | Intermedia | Reducida |
| Cantidad de mitocondrias | Abundante | Abundante | Escasa |
| Contenido de mioglobina | Eleyado | Elevado | Escaso |
| Color | Rojo | Rojo | Blanco |
| Diámetro de las fibras musculares | Pequeño | Intermedio | Grande |
| Cantidad de capilares circundantes | Abundante | Abundante | Escasa |
| Enzimas para la glucólisis | Escasas | Intermedias | Abundantes |
| Capacidad de producir ATP por fosforilación oxidativa | Elevada | Elevada | Reducida |
| Fuerza generada por superficie transversal de una fibra entera | Escasa | Intermedia | Elevada |
| Función en el animal | Postura | Posición parada, marcha, movimientos repetitivos rápidos | Salto, picos de alta velocidad en la carrera |
| Frecuencia de uso por parte del animal | Elevada | Intermedia a elevada | Reducida |

ATP sortzeko ahalmena kontsumitzen den abiadura berdinean izatea beharrezkoa da nekearen aurrean erresistentzia izateko. ATP asko sortzen den bide metabolikoak erabiltzen dira horretarako. → mitokondrio asko egoten dira oxidazioa burutzeko, baita mioglobina asko ere (honek kolore gorria eman) O₂ garraiorako. Atunaren haragi gorriak adibidez muskulu aktiboak adierazten ditu.

Muskuluak kolore txuria duenean, bide anaerobikoak erabiltzen dituela esan nahi du. Hau glikolisi azkarreko

muskuluetan gertatzen da. O₂ rik erabiltzen ez denez (bide anaerobikoak) ez dago mioglobinarekin beharrik eta horregatik ez dute kolore gorrikerik erabiltzen. Mitokondrio gutxi izaten dituzte ere. Honen adibide dira ihes erantzunetan parte hartzen duten muskuluak. Muskulu hauek erraz nekutzen dira. Erantzun azkarrentzat miosinaren jardura ATPasiko altua behar da, eta honetarako oxidazio azkarreko eta glikolisi azkarreko muskuluak erabiltzen dira.

Bi muskulu mota hauek orekan aurkitzen dira. Velocistean adibidez glikolisi azkarreko muskuluak garatzen dira. Esan beharra dago hormonek ez dutela eragiten muskuluen funtzioan.

Oharra: Bide aerobikoek ze abantaila edo desabantaila dituzte? Zergatik erabiltzen ditugu bide aerobioak eta ez anaerobioak? Glukosa molekula batetik lor daitekeen ATP kopuruaren aldea oso handia da. **Aerobikoetatik** glukosa molekula bakoitzeko **36ATP** lortzen dira, eta **anaerobikoetan** berriz **2-3ATP**. Horregatik bide aerobikoetako eketina askoz handiagoa da. Baina zein da **anaerobioek duten abantaila?** Etekina askoz baxuagoa da, baina **oso azkar lortzen** da. Hau da muskulu batek bat batean energia asko beharko balu bide honetatik lortuko luke ATP kopuru handiagoa.

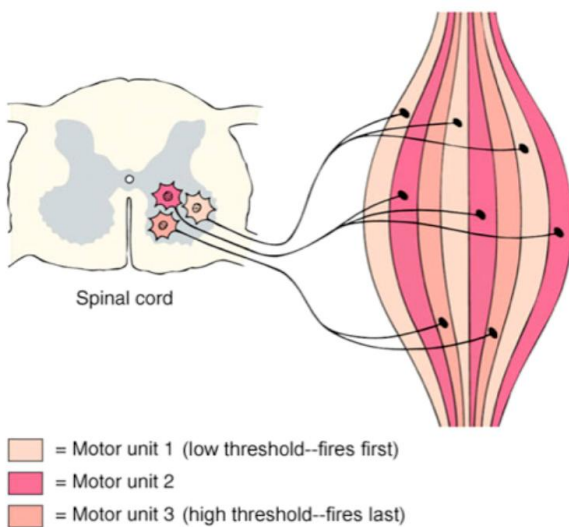
Printzipioz, guzti hau unitate motoreekin erlazionatua dago. Zelula muskularrek nerbio sistema somatikoko motoneurona baten seinale bat jasotzen dute. **Zuntz bakoitzak**

motoneurona bakar batetik jasoko du seinalea, eta motoneurona horrek zelula kopuru bat konektatuko du. Horrela **unitate motorea eratuko** da, eta horrela muskuluan **hainbat** unitate motore izango ditugu. **Unitate motore txikiek (zuntz gutxikoak) zuntz geldoak** izango dituzte eta **unitate motore handiek berriz (zuntz askokoak) zuntz azkarrak** izango dituzte. Motoneuronak ekintza potentziala bidaltzean, bere zuntz muskular guztiak uzkurtuko dira. Baina nola kontrolatzen da ze unitate motore martxan jarri ta zein ez? **Hasieran unitate motore txikiak,**

tentsio txikia sortzen dutenak, hasten dira martxan eta gero handiagoak.

Motoneurona guztiak interneurona berdinetik seinale bera jasoko dute. Demagun muskulu batean bi unitate motore ditugula, bi unitate motore, bat handiagoa (zuntz azkarrak), eta beste bat txikiagoa (zuntz geldoagoa). Bi motoneurona horiek interneurona beretik jaso dute informazioa. Baina seinale berdina jaso arren ez dira biak une berean martxan jarriko. Motoneurona txikian somaren diametroa txikiagoa denez, potentzial graduatuak denbora laburragoa emango du hau zeharkatzeko eta beraz atari maila gainditu eta ekintza potentziala sortzeko aukera handiagoa da. Motoneurona handian aldiz, somaren diametroa handiagoa izanda, potentzial graduatuak denbora gehiago eman behar du soma zeharkatzen, ondorioz atari maila gainditzeko aukera txikiagoa izango da. Seinalea emendatzen bada motoneurona txikian zein handian sortuko da ekintza potentziala.

10.4. Irudia. Muskulu eskeletikoaren unitate motorea.



Hiru muskulu bereziten dira animalietan. Orain muskulu eskeletikoan uzkurketa nola ematen den ikusita beste bi muskuluen berezitasun batzuk ikusiko ditugu. Aipatua dago iada zeintzuk diren muskuluen arteko ezberdintasunak.

10.2. Taula. Ornodunetan agertzen diren hiru muskulu mota nagusien ezaugarriak

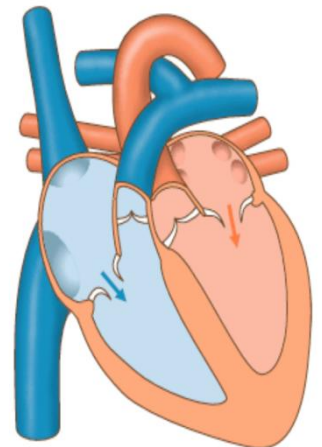
10.2. Taula. Ornodunetan agertzen diren hiru muskulu mota nagusien ezaugarriak.

| | Esqueléticos | Lisos | Cardíaco |
|--|--|--|--|
| Estructura | Fibras musculares grandes, cilíndricas y multinucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Fibras musculares mononucleadas más finas que las fibras musculares esqueléticas. |
| Estrías visibles | Sí | No | Sí |
| Mecanismo de contracción | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. |
| Acción de los puentes cruzados regulada por iones de Ca^{2+} | Sí | Sí | Sí |
| Inervación | El sistema nervioso somático desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo modula las contracciones. |
| Generación espontánea de potenciales de acción por marcapasos | No | No | Sí |

| | Esqueléticos | Lisos | Cardíaco |
|--|--|--|--|
| Las hormonas afectan la función | No | Sí | Sí |
| Presencia de uniones de hendidura | No | No (escasas) | Sí |
| Túbulos transversos | Sí | No | Sí |
| Reticulo sarcoplasmático | Abundante | Escaso | Moderado |
| Fuente de iones de Ca^{2+} para la regulación | El retículo sarcoplasmático | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. |
| Troponina y tropomiosina | Ambas están presentes | Tropomiosina exclusivamente. | Ambas están presentes. |
| Regulación del Ca^{2+} | Ca^{2+} y troponina; el complejo tropomiosina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas ligeras de la miosina. | Ca^{2+} y troponina; el complejo tropomiosina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. |
| Velocidad de contracción (como reflejo de la actividad de la miosina ATPasa) | Varía entre elevada y reducida según el tipo de fibra muscular. | Muy reducida | Reducida |

MUSKULU KARDIAKOA.

Bihotzean agertzen den muskulua da, bere funtzio nagusia gorputz osora odola bideratzea delarik. Zeluletatik datorren oxigenotan pobrea den odola jaso eta biriketara bidaltzen du eta ondoren bertatik odol oxigenatua hartu eta gorputz osora bidaltzen du. Baina horrek **muskulu kardiakoaren mugimendu sinkroniko bat eskatzen du. Lau ganbaretako bihotza** daukagu, eta kasu honetan lau ganbara horiek modu sinkronizatu eta erritmikoan uzkurtuko dira. Aurikula erlaxatzen denean odola bertara sartzen da, eta hauek uzkurtzean bentrakuluak erlaxatzen dira eta odola jasotzen dute, eta ondoren uzkurtu eta odola bihotzetik at bidaltzen dute.

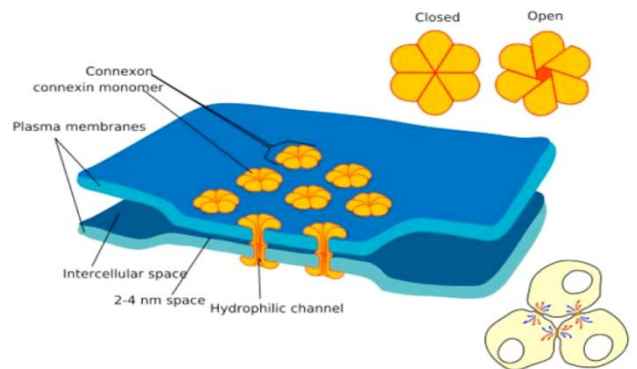


Zelula muskular kardiakoak ildaskatuak dira eta muskulu eskeletikoarenak baino txikiagoak. Gainera, zelula hauek mononukleatuak dira eta esan bezala kaltzioak kontrolatuko ditu ere sarkomeroan ematen diren aktina-miosina zubi gurutzatuak.

Nerbio sistema autonomoak kontrolatzen ditu aipatutako mugimenduak, hua da, guk ezin dugu era kontziente batean kontrolatu. Nerbio sistema autonomoaren sistema sinpatikoak adrenalinarekin bidez ere kontrolatzen du uzkurketa. Hala ere, nerbio sistema autonomoaren nerbio guztiak kentzen badizkiogu bihotza gai da uzkurtzen jarraitzeko eta honek trasplanteak ahalbidetzen ditu. Honen zergatia, muskulu kardiakoa osatzen duten zelulek berez uzkurtzeko duten gaitasuna da.

Es kubiko aurikulara odol benosoa iristen da, erabilia. Aurikula uzkuertzean odola esubiko bentrikulara igarotzen da eta hua uzkuertzean odola biriketara ponpatzen da. Biriken albeoloetan difusioz igarotzen da CO₂, kontzentrazio handitik karbono dioxidoan pobregoa den airera. Difusioz igaroko da ere airean kontzentrazio handietan dagoen O₂ odol benosora. Ondoren, oxigenoa daraman odola ezker aurikulura iristen da, eta hau uzkuertzean bentrikulara igaroko da. Azkenik, ezker bentrikularen uzkuertak odola gorputz osora ponpatuko du. Uzkuertak hauek berez gertatzen dira, lehenik 2 aurikulak eta ondoren 2 bentrikulak uzkuertzen direlarik.

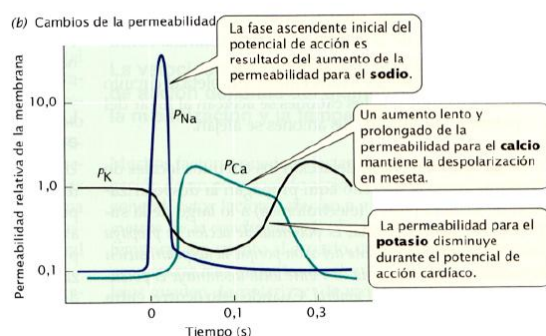
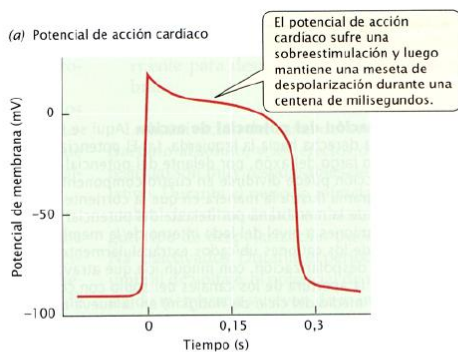
Zelulen sinkronizazioa → muskulu kardiakoaren zelulak elektrikoki akoplatuta daudelako lortzen da. Uzkuertak maila altuena duenak inguruko zelulei igaroko die bere gaitasuna. Horrela, zelula guztiak bakar bat izango balira bezala jokatzeko dute. Diska interkalarretan dauden lotura espezializatuen bidez igarotzen da informazioa zelula batetik bestera



10.6. Irudia. Korrente elektrikoa zelula kardiako batetik bestera iragan daiteke diska interkalarretan dauden lotura espezializatuetatik.

Gap loturak: zelula kardiakoak lotzen diren lekuak dira. Horiei **disco interkalarrak** deritze. Horrek **zitoplasmari jarraikortasuna** ematen die, zelula bat beste batekin konektatzen baitute. Zelula muskular kardiako hauek **kitzigarriak dira**, eta ekintza potentziala sortzean, kargak barnealdetik mugitzen dira zelula **kitzikatuz**. GAP loturak ditugunez **kargak zelula batetik bestera mugitu daitezke** beste zelula batzuetan ekintza potentziala sortuz. Zelula muskular bat badugu, eta kinada bat jasotzen badu, zelula muskularra uzkuertu egiten da, eta ekintza potentziala inguruko zeluletara pasazten duenez, **akoplaturik dauden zelula guztiak uzkuertu** egingo dira. Lau ganbarako bihotz batean, ganbara bakoitzeko zelulak akoplatuta daude, ondorioz **zelula bakar bat uzkuertzea nahiko da guztiak uzkuertzeko**.

Ekintza potentziala oso berezia dute, iraupen luzekoa. Iragazkortasun aldaketak daude ekintza potentzialaren oinarrian.

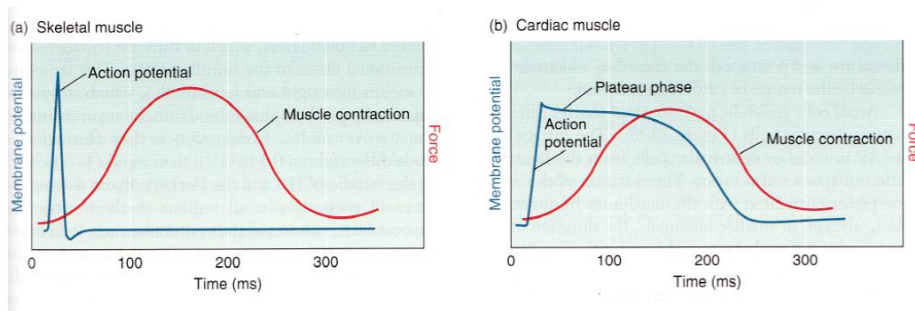


Iraupen oso luzea du sodioaren iragazkortasuna x100 aldiz handitzen delako, honek boltai menpeko sodio kanalak irekitzen dituelarik.

Potasioaren iragazkortasuna sodioarena baino handiagoa da hasieran ere. Ca⁺ en iragazkortasuna prozesu sinaptikoan ikusi dugu, hor kaltzio kanalk baitaude, bestela mintzean duen iragazkortasun ia arbuigarria da. Muskulu kardiakoan ordea, ekintza potentzialean ere eragiten du kaltzioak. Boltaje menpeko kaltzio kanalak sodioarenak baino beranduago ireki eta denbora luzeagoaz mantentzen dira irekiak.

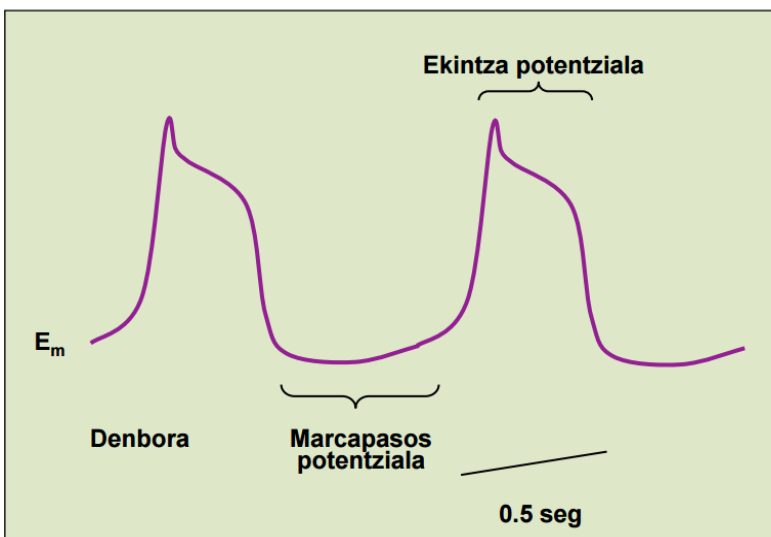
Irekiak zeuden potasio kanalak itxi egiten dira kinadaren aurrean (boltaje menpeko potasio kanalak). Horrela, bi substantzia hauen **iragazkortasunetan aldaketa** bat ematen da, **kaltzioarena igo eta potasioarena jaitsi** egiten delarik. Horren ondorioz zelula balio positiboetan despolarizatuta mantentzen da.

Geldialdiko egoerara itzultzeko momentuan, kaltzioaren kontzentrazioa altua da eta apurka **honen iragazkortasuna pixkanaka murriztuz** joango da (badirudi kaltzioak berak inaktibatzen dituela kaltzioaren kanalak), eta **potasio kanalak** kaltzio kanalaren menpe **daudenez potasio kanal horiek ireki egingo** dira, eta potasioaren **iragazkortasuna emendatuko** da. Kaltzioaren iragazkortasuna txikitzen doan heinean, kaltzio kanalak itxiz joango dira eta hortaz kaltzio menpeko potasio kanalak irekiz joango dira ere. Honela, despolarizazioa txikituz joango da. Ekintza potentzial perfil honi esker ekiditen da ekintza potentzial asko bata bestearen jarraian gertatzea.



10.8. Irudia. Muskulu eskeletikoan ekintza potentziala uzkurketa baino askoz ere laburragoa da, uzkurketaren abiarazlea besterik ez da. Zuntz kardiakoan uzkurketaren iraupena eta ekintza potentzialarena estuki erlazionaturik daude.

Muskulu kardiakoetan berez gertatzen da uzkurketa. Guk muskulu bat isolatuko bagenu, seinalea bidaltzen dugun bitartean funtzionatuko luke. Bihotza mediotik ateratzen badugu ordea, bihotz horrek uzkurtzen jarraituko du inongo seinalerik jaso gabe, hau da **ekintza potentzial kardiakoa berez emango da**. Fenomeno hau posible egiten dutenak **zelula markapasosak** dira gai direnak ekintza potentziala sortzeko. Ekintza potentzialaren ostean zelula hasierako egoerara itzultzean, ikusiko dugu **ez dela geldialdiko fase egonkorrik** egongo. **Mintzaren potentziala pixkanaka handituz** joango da eta **atari mailara iristean despolarizatu** egingo da.



Geldialdiko egoera beharrezko markapasos potentzial bat dugu. Momentu horretan, sodioaren iragazkortasuna pixkanaka emendatzen joango da, eta potasioarena berriz murriztuz. Horrela, zelula despolarizatu eta atari mailara iristean ekintza potentziala sortzen da.

10.9. Irudia. Zuntz kardiako baten berezko uzkurketan zeharreko mintz potentzialaren balioa. Birpolarizazioaren ondoren **marcapasos potentziala** deritzon berezko despolarizazio geldo bat gertatzen da.

Markapasos potentziala desberdina da zelulaz zelula, hau nerbio sistema autonomoaren kontrolpean dagoelarik. Markapasos potentziala bi bulkaden arteko denbora tartea da, aldagarria dena. Izan ere, bihotz taupaden erritmoa azkartzean hau da laburtzen dena.

Zelula markapaso horiek despolarizazio abiadura ezberdina dute, batzuetan ekintza potentziala besteetan baino azkarrago lortuko delarik. Hauek, elektrikoki ekoplatuta daudenez, azkarren despolarizatzen denak aginduko du, bertan ekintza potentziala sortu, eta hori zelula gutzietara pasako delarik. Hau da markapasos azkarrenak hartzen duela agindua, eta hau hiltzen bada, hurrengo azkarrena izango da ritmoa jarriko duena. Hau da, sinpsi elektriko bidez, zelula gutziak azkarren uzkuertzen denaren abiaduran doaz.

Aurikuletako nerbio bulkaden iraupenak gutxiago irauten du bentrikuletakoak baino.

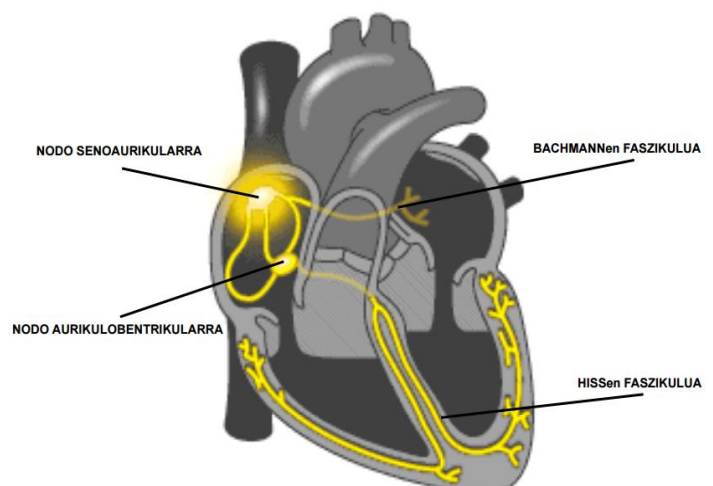
Nola sinkronizatzen dira bihotz ganbara guztiak?

Aurikulak eta bentrikulak txandakatu egin behar dira. Ganbara bakoitzeko zelulak akoplatuta daude eta ganbaren arteko zelulen artean lotura batzuk badaude baina ez daude elektrikoki akoplatuta. Uzkuertaren abiarazleak zelula markapasosak izango dira, eskuineko aurikularen goiko partean egongo den **nodo senoaurikularrean** egongo direlarik.

Nodo senoaurikularra: honek jartzen du martxan ekintza potentziala eta nerbio sistema autonomoaren itua da. Jariatuko den azken neurotransmisorea azetilkolina edo adrenalina izango da (adrenalinak bihotz taupadak azkartuko ditu). Azetilkolina edo adrenalina izan nodo senoaurikularrak taupaden maiztasun jakina eragingo du. Ondoren BACHMANN-en faszikuluan zehar transmititzen da nerbio bulkada sinpsi elektriko bidez esker bentrikulura. Hau diámetro nahiko handia duen neurona batenez hedatze abiadura handia izango du eta ondorioz seinalea oso azkar pasako da alboko aurikulura. Horrela, bi aurikulak aldi berean uzkuertuko dira.

Nodo aurikobentrikularra: ondoren seinalea eskuinean dagoen nodo aurikobentrikularrara iristen da. Nodo senoaurikularrarekin zuntz bidez konektatuta dago, eta hauek oso diametro estua dutenez horrek eragiten du ekintza potentzialaren transmisioa nodo aurikularretik motela izatea eta bentrikula beranduago uzkuertzea. Aurikulak erlaxatzen egongo dira dagoeneko.

Ondoren **Hiss-en faszikuluen bitartez** (hedapen abiadura handiko neuronak), **seinalea nodo aurikobentrikularretik bi bentrikuletara iritsiko da eta horrela uzkuertu egingo dira.** Ziklo hau etengabe errepikatuko da. Bihotz zeluletan aldi errefraktarioa handiagoa izango da, ekintza potentzialaren arteko denbora luzeagoa izango delarik.



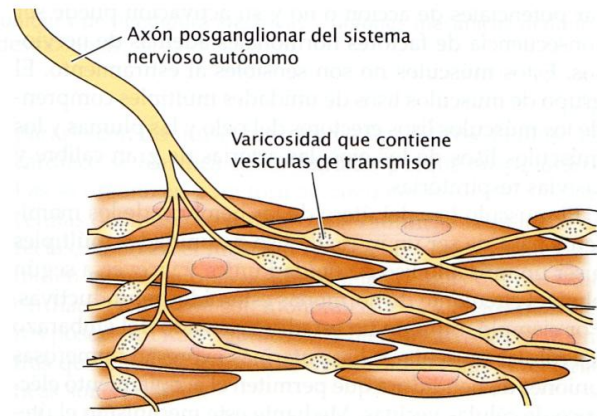
10.10. Irudia. Zelula markapasos-ak **nodo senoaurikularrean** kokatzen dira. **Nodo aurikobentrikularrean** ekintza potentzialaren hedapen abiadura geldoa izango da, aurikulen eta bentrikuluen uzkuertak txandakatu ahal izateko beharrezkoa den atzerapena ezarritik.

MUSKULU LEUNA.

Muskulu leuna ez da ildaskatua izango, beraz ildaskatua ez den muskulu oro mukulu leuna izango da, horregatik talde nahiko heterogeneoa da. Ez dira muskulu zelula ildaskatuak ez daukatelako sarkomeroaren egitura konplexu bat (egon badago, baina ez oso garatua). Erraien inguruan, odol hodietan, begien mugimendua, uteroarena...

Muskulu leuna sistema autonomoaren menpekoa da zenbait kasutan, beraz guk ezin ditugu uzkurketa horiek kontrolatu (salbuespenen bat egon daiteke). Orokorrean muskulu leuna osatzen duten zelulak luzaxkak eta fusiformeak izango dira, nukleo bakarrekoak.

Taldeka, zelula kopuru txiki batzuk akoplatuta egon daitezke, eta horiek uzkurketa bateratua izan dezakete, baina zerikusirik ez muskulu kardiakoan gertatzen denarekin. Esaterako, uteroa estrogenoaren eraginez unitate bakarreko muskulu liso bezala jokatzen du eta berezko erantzunak ematen ditu erditzean.



10.11. Irudia. Muskulu lisoko zelulak nerbio sistema autonomak inerbatzen du.

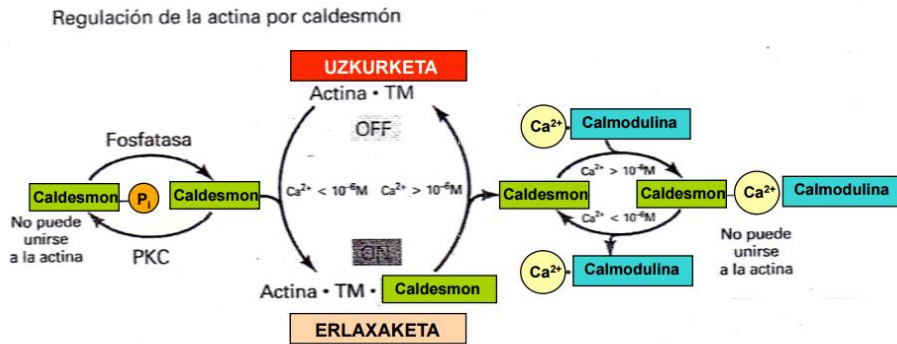
Kasu honetan, uzkurketa muskulu eskeletikoaren antzeko prozesua da. **Kaltzioa** beharrezkoa izango da kasu gehienetan, eta horren jatorria nahiz eta erretikulu sarkoplasmatikoa izan (muskulu leunean nahiko sinplea), kaltzio gehiena likido estrazelularretik lortuko da. Uzkurketarako hainbat aukera daude (nahiko talde heterogeneoa delako), baina horrek ez du esan nahi muskulu leun guztiak modu guztietan uzkur daitezkeenik.

Ildaskatuak ez direnez, ez dute bandatako antolamendua. Hala ere, aktina eta miosina firuak agertzen dira, inolako antolaketa gabe, baina zubi gurutzatuak eratzeko aukerarekin. Honen ondorioz, tentsio askoz txikiagoa eratuko dute, baina uzkurketarako nahikoa izango da. Ez dira T tubuluak azaltzen eskeletikoan bezala ez eta troponinarik erez. Beraz, kaltzioa ez zaio troponinari lotuko (kalmodulinara lotuko zaio).

Orokorrean **uzkurketarako hainbat prozesu** egon daitezke:

- 1- Kasurik arruntena, muskulu eskeletikoan ikusi dugun oso antzekoa izango da. **Aktinazko firuetan tropomiosina** egongo da, baina ez da troponinarik egongo, horren ordez **kaldesmon** izango dugularik. Kaldesmonek tropomiosina aktina eta miosinaren arteko lotura blokeatzen mantenduko du eta horregatik ez da uzkurketarik emango. Kaldesmon hori **mugitzeko kaltzioa** beharko da, eta hau kaldesmonarekin lotu beharrean kalmodulinarekin lotuko da **kaltziokalmodulina** eratuz eta honek kaldesmona paretik kenduko du uzkurketa emanaz. Uzkurketa bukatuko da kaltzio kalmodulina agortutakoan. kaltzio kontzentrazio baxuetan, kaldesmona aktinari lotuko zaio eta horrela miosina nahiz eta ATPa izan, ezin izango da aktinari lotu. $[Ca] > 10^{-6}$ denean,

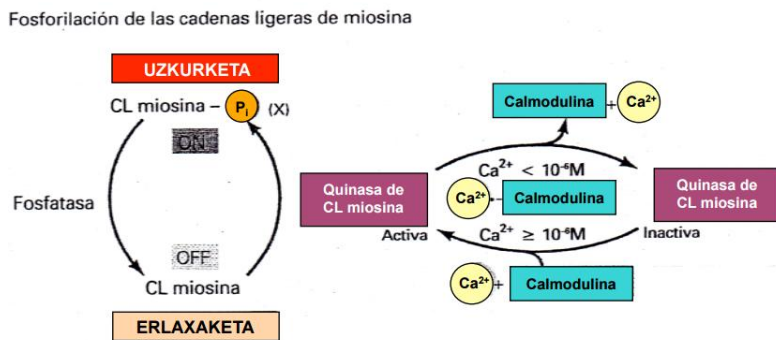
Ca⁺ kalmodulina eratu eta kaldesmonari lotzen zaio. Horrela aktina aske gelditzen da miosinarekin lotura ahalbidetuz eta irristadura gertatuz.



10.12. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. Kaldesmon eta aktinaren arteko loturak uzkurketa galerazten du. Ca²⁺/Kalmodulina konplexuak edota C Proteina kinasak Cadesmon-a aktina firuetara lotzea galerazten dute, muskulu lisoaren uzkurketa faboratuz.

2- Beste aukera bat **kaldesmonaren fosforilazioaren bitartez** izango da **C proteina kinasak baten bidez** gertatuko dena. Honek kaldesmona fosforilatu eta hau bere lekutik mugitu dezake **uzkurdura** eman ahal izateko.

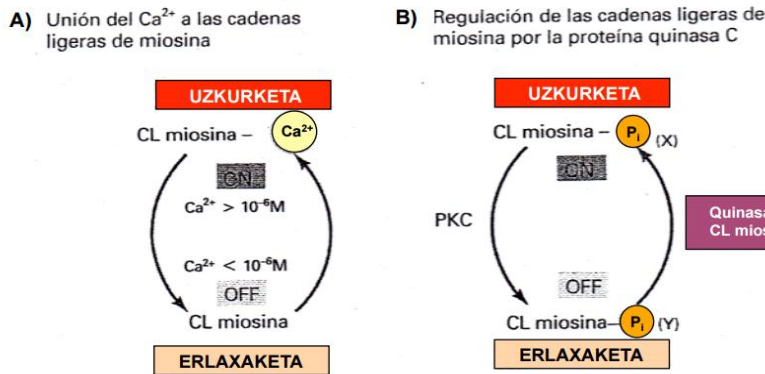
3- Hirugarren aukera, **miosinaren kate arinen fosforilazioa** izango da. Miosina **bi ataletan** bereizten dela esan daiteke: ardatz zurrun bat eta bertatik irteten diren buru globular batzuk. Horrek biak **lotzen** miosinaren **kate arinak** agertzen dira. **Kinada** muskuluari heltzean, ohiko moduan **kaltzioa barneratu eta kalmodulinarekin lotuko da**. Kaltzio kalmodulinak **kloro-kinasa** bat aktibatzen du, honek **kate arinak fosforilatzeko** dituelarik. Prozesu honen ostean uzkurketa emango da. Fosforilasa batek fosfato taldea kentzean gertatuko da erlaxatzea.



10.13. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. Miosinaren kate arinetako (CL) kinasak kate hauek fosforilazten dituenean uzkurketa faboratzen da. Ca²⁺/Kalmodulina konplexuak aktibatzen du miosinaren CL kinasak.

4- Azkeneko aukera, **Kaltzioa kate arinetara zuzenean lotzean** datza eta aurreko kasuan izandako eragin berdina izango luke.
Lau aukera hauen artean, tipikoena lehenengoa izango da.

Hauetaz gain, badago aukera bat **muskuluaren erlaxatze-prozesua** bideratu dezakeena: **Beste kinsa batek kate arinak ez diren leku** batean miosina fosforilatzen duenean. Honek uzkurketa amaitzea dakar eta erlaxatzea.



10.14. Irudia. Muskulu lisoaren uzkurketa eta erlaxapenerako eraenketa mekanismoa. **A)** Ca^{2+} ioia miosinaren kate arinetara lotzen denean uzkurketa faboratzen da. **B)** C kinsa batek kate hauek fosforilatzen dituenean (miosinaren CL kinsak eragiten ez duen gune batetan) muskularen

| | Esqueléticos | Lisos de unidades múltiples | Lisos de unidad única | Cardíaco |
|---|--|--|--|--|
| Estructura | Fibras musculares grandes, cilíndricas y multinucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Células pequeñas, fusiformes y mononucleadas. | Fibras musculares mononucleadas ramificadas más cortas que las fibras musculares esqueléticas. |
| Estrías visibles | Sí | No | No | Sí |
| Mecanismo de contracción | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. | Deslizamiento de los filamentos gruesos de miosina sobre los filamentos finos de actina. |
| Acción de los puentes cruzados regulada por iones de Ca^{2+} | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Inervación | El sistema nervioso somático desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo desencadena contracciones. | El sistema nervioso autónomo modula las contracciones. |
| Generación espontánea de potenciales de acción por marcapasos | No | No | Sí | Sí |
| Las hormonas afectan la función | No | Sí | Sí | Sí |

| | Esqueléticos | Lisos de unidades múltiples | Lisos de unidad única | Cardíaco |
|--|--|--|--|--|
| Presencia de uniones de hendidura | No | No (escasas) | Sí | Sí |
| Túbulos transversos | Sí | No | No | Sí |
| Reticulo sarcoplasmático | Abundante | Escaso | Escaso | Moderado |
| Fuente de iones de Ca^{2+} para la regulación | El retículo sarcoplasmático | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. | El líquido extracelular y el retículo sarcoplasmático. |
| Troponina y tropomiosina | Ambas están presentes | Tropomiosina exclusivamente. | Tropomiosina exclusivamente. | Ambas están presentes. |
| Regulación del Ca^{2+} | Ca^{2+} y troponina; el complejo troponina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas livianas de la miosina. | Ca^{2+} y calmodulina; fosforilación de las cadenas livianas de la miosina. | Ca^{2+} y troponina; el complejo troponina-troponina se desplaza para exponer los sitios fijadores de miosina en la molécula de actina. |
| Velocidad de contracción (como reflejo de la actividad de la miosina ATPasa) | Varía entre elevada y reducida según el tipo de fibra muscular. | Muy reducida | Muy reducida | Reducida |

ERREGULAZIO- ETA INTEGRAZIO- MEKANISMOAK

11. NERBIO-SISTEMAK: KOORDINAZIOA ETA INTEGRAZIOA. NERBIO-SISTEMEN ANTOLAMENDU OROKORRA. INTEGRAZIO ZENTRALAREN GARAPENA

Sentsoreak informazioa jaso, kontroladorera bidali eta ondoren efektorera.
Gai honetan → kontroladorearen funtzionamendua gainetik ikusiko dugu.

Nerbio sistema konplexutasun maila handienetarikoen sistema, eboluzioan zehar konplexutasun maina emendatu, neurona kopuruak emendatu. Funtzio ia guztien kontrola nerbio sistemaren menpekoa.

Konplexutasun horren oinarrian: ioien mugimendua, seinale elektrikoa bidaltzeko zelulak (neurona).

Konplexutasun honetan neurona kopuruak garrantzia du, gero eta neurona gehiago zirkuitu konplexuagoak sortzeko aukera.

NS-ren erregistro fosilik ez dago, baina segimendu bat egin dezakegu animalia talde sinpleetatik konplexuenera NS-ak pairatutako aldaketak aztertuz.

Nerbio sistema bi ataletan banatu:

-NSZ: nerbio sistema zentrala → zerebroa eta bizkarrezur muina. Denak interneuronak, neuronen arteko loturak.

-Interneuronak: neuronen arteko loturak. Beti bi neuronen artean.

-NSP: nerbio sistema periferikoa → seinalearen harrera eta garraioaz arduratzen dituen neuronak. Neurona aferenteak eta eferenteak izango ditugu.

-Neurona aferentea: kanpo edo barne inguruetik informazioa jaso eta NSZ-ra garraiatu

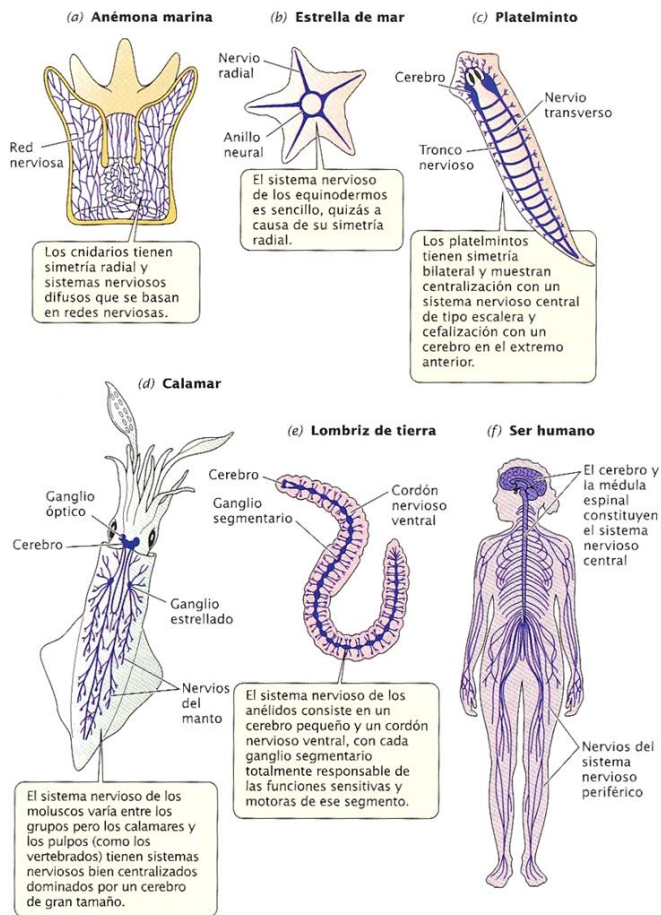
-Neurona eferenteak: NSZ-tik erantzuna eman behar duen organo edo egiturara seinalea garraiatu.

Nerbio sistema osatzen dueten neurona gehienak (%99) NSZ-an kokatuko dira.

Efektoretara seianelea eramateko neuronak %1 besterik ez dute osatuko.

Motoneurona gehienak beraien soma bizkar muinean dute (NSZ) eta axoia NSZ-tik atera eta dagokion muskuluraino juten da.

Nerbio sistemaren eboluzioa:



11.1. Irudia. Animali talde ezberdinen nerbio-sistema.

Animalia sinpleetatik hasita animali konplexuetarako nerbio sistemaren garapena aztertzen da honen eboluzioa nolako izan zen jakiteko.

1. Sinpleena → knidarioetan, simetría erradiala. Sare nerbio bat besterik ez, norantza bietan mugitu dira einaleak, nahiko sare difusua. Hala ere protozoetatik salto handi bat da. Hau izan daiteke nerbio sistemaren jatorria.
2. Ekinodermoena ere nerbio sistema (NS) sinplea da. Simetría erradiala dute, honek NS-ren sinplifikazioarekin erlazioa duela uste da. NS eratzun bat izango da eta beso bakoitzera nerbio bat aterako da

NS-ren konplexutasuna ahalbidetu duten bi prozesu: Simetría bilateral eta zefalizazio prozesua. Prozesu hauen eraginez animalien aurre eta atze alde sortu (direkzionalitatea). Nerbio sistema zentralizatu eta NSZ alde zefalikoan kokatu.

3. Platihelmitetan, simetría bilateral eta zefalizazioa eman da. Buru aldean nerbioak pilatzen dira. Bertan kontrolerako mekanismoak metatzen dira. Kasu honetan bi gongoil dituzte, bertatik gorputz osora hedatzen den ardatz bat. Hasiko da bereizten NSZ-a eta NSP-a
4. Anelidoetan, buru aldean gongoil zerebroideoak kokatzen dira. Anelido eta artropodoak segmentutan banatuta daudenez, segmentu bakoitzean gongoil bat aurkitzen da, horietako gongoil bakoitza segmentu horretako organoak kontrolatuko ditu.

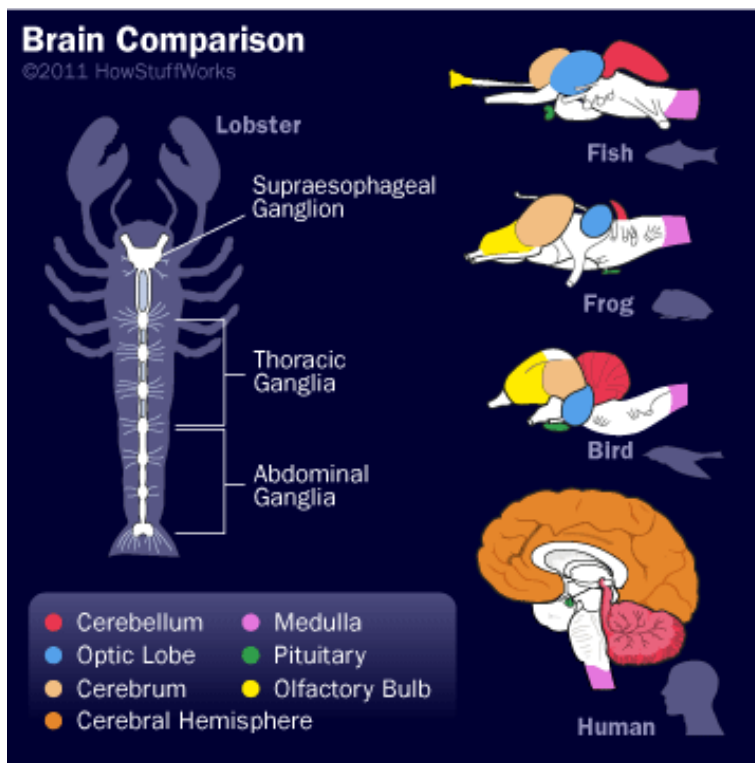
Ornogebeen artean, garatuenak → zefalopodoak. Zerebro nahiko garatu batetik eta gorputz osora hedatzen diren adarrekin.

Ornogabeetan zerebrotik ateratzen den adar nerbiosoa zurruna izango da eta bentralki kokatzen da.

NS-konplexuena ornodunetan

Gizakian → burua aldean kokatzen den masa zerebroideo handia, NSZ oso garatua eta bertara lotuta dagoen NSPa (sistema aferente eta eferente guztiz bereziarekin)

Ornodunetan zerebrotik ateratzen den adar nerbiosoa dortsalki kokatzen da eta barrutik hutsa izango da.



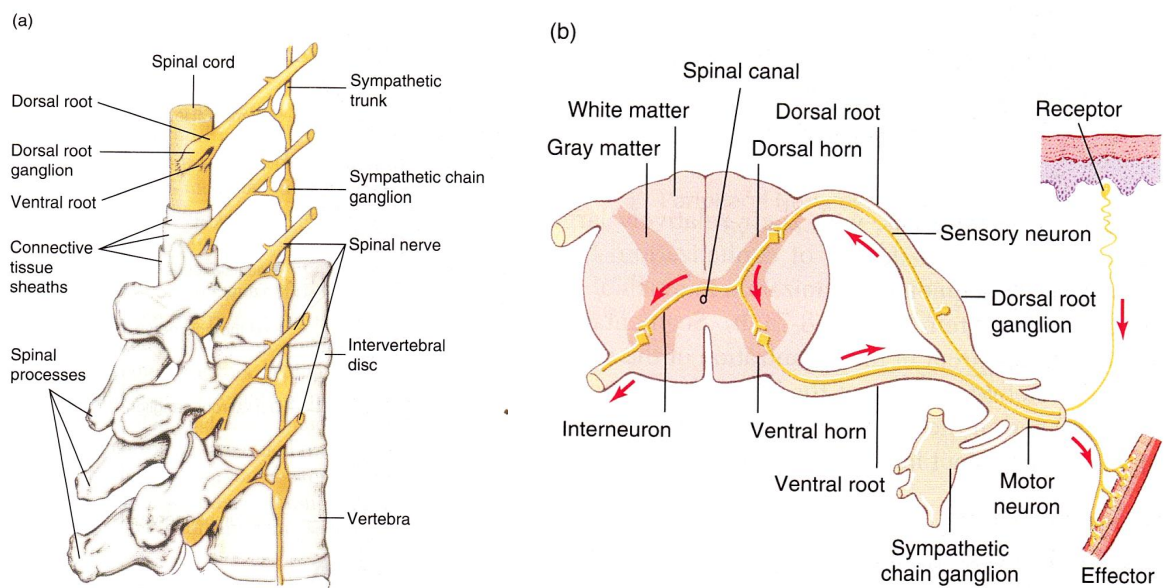
11.2. Irudia. Ornodun taldeen garunak: **a)** arraina, **b)** igela, **c)** txoria eta **d)** gizakia. Eboluzioan zehar zerebroaren handipen erlatiboa nabaria da. Otarrainaren nerbio sistema ere agertzen da.

Ornodunen artean desberdintasunak NSZ-ren paraeraren arabera:

- Sinpleenak → arrainak eta anfibioak. NSZ-ko zerebroak eta bizkarrezun muinak paraera lineala dute.
- Ugaztun edo hegaztietan → zerebroa tolestu.

NSZ-ko bi atalen arteko tamaina erlazioak animaliaaren inteligentziari buruzko informazioa ematen du.

- Arrain eta anfibietan erlazioa 1-1ekoa da. Zerebroa eta bizkar hezur muinak tamaina antzekoa.
- Ugaztunetan, gizakietan adibidez erlazioa 50-1ekoa da. Zerebroa 50 aldiz handiagoa da.



11.3. Irudia. Ornodunen bizkar muinaren antolamendua. **a)** Bizkar hezurra, bizkar muina eta bizkar nerbioen arteko lotura. **b)** Segmentu baten ebaketa transbertsala.

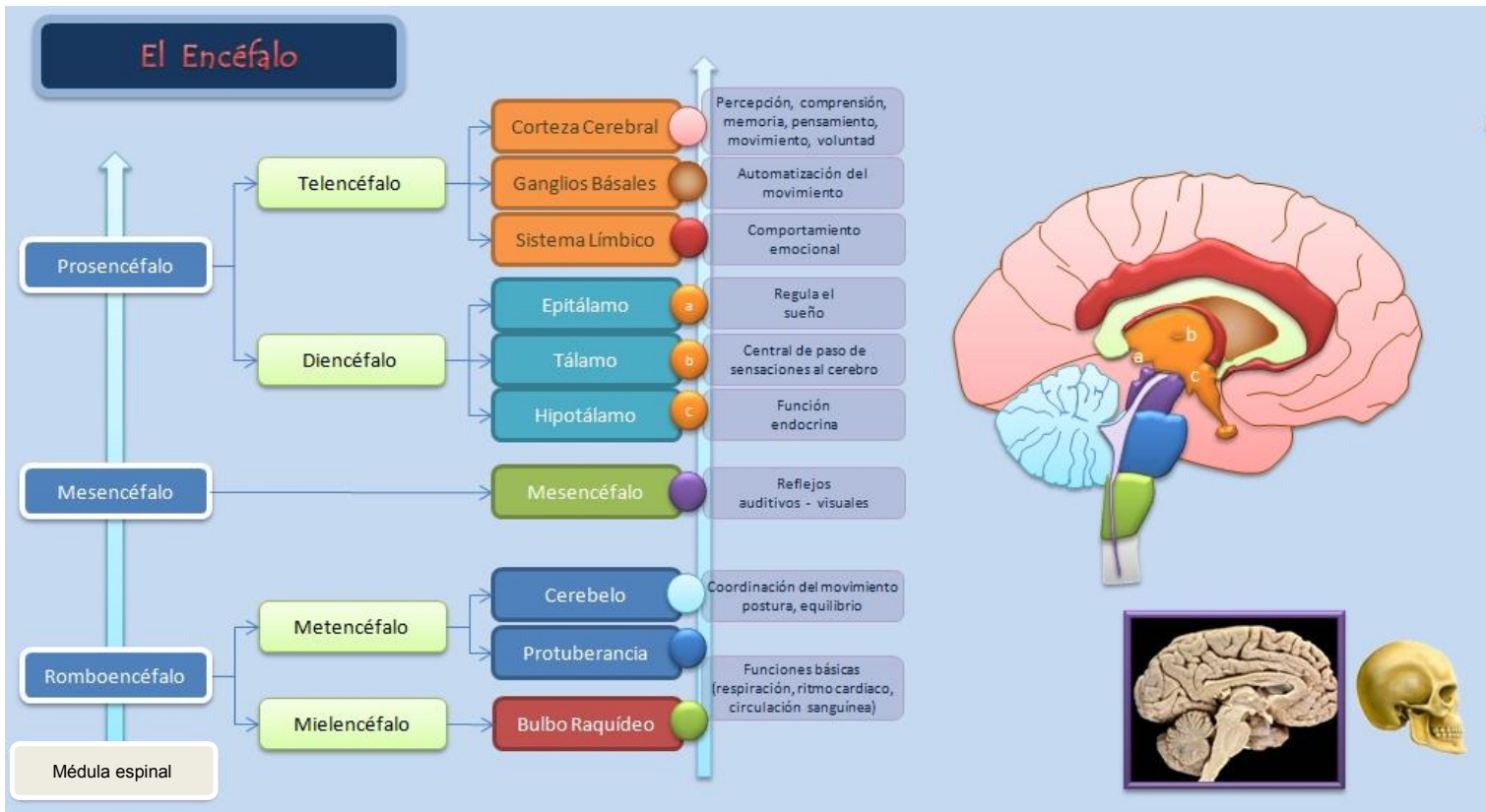
NSZ-ren antolaketa:

Zerebroa izango da informazio gehiena interpretatu eta erantzuna bidaliko duena. Baina kasu batzuetan erantzuna bizkarrezur muinak eman dezake informazioa zerebrotik pasa gabe. Bizkarrezur muinetik sinpleak diren erantzun batzuk ere ematen dira

NSZ-ak bi atal:

- **Zerebroa:** kontroladore nagusia
- **Bizkarrezur muina:** zerebrora informazio guztia bideratu eta erantzuna gorputz osora banatuko duena
 - Segmentutan antolatuta.
 - Segmentu bakoitzetik nerbioa aterako da, hau da neuronen axoien taldekapena (ehun konektiboz bilduz)
 - Goitik behera ikusiko bagenu, binaka binaka nerbioak ateratzen direla ikusiko genuke
 - Ebaketa transbertsala: tximeleta itxurako egitura. Bertatik bi erro ateratzen dira
 - Goikoa: erro dortsala, bertatik neurona aferenteak barneratu. Erro dortsaletan gongoilak agertzen dira, hots, neurona aferenteen somak.
 - Behekoa: erro bentraletik neurona eferenteak atera, soilik axoia aterako denez ez da inolako gongoilik sortzen.
 - Bizkarrezurrean bi gune:
 - Tximeleta itxurako sub. grisa
 - Goiko adarra → adar dortsala. Erro dortsaletik adar dortsalaera iristen dira eta bertan neurona aferenteen **sinapsia** emango da (NSP-ko eta NSZ arteko sinapsia)
 - Beheko adarra → adar bentrala. Bertan neurona eferenteen **somak** daude.
 - Inguruko sub. zuria: neuronen **axoiek** osatzen dute (mielona zuriska da)

Zerebroaren atalak



11.4. Irudia. Ornodunen **zerebroaren estructures**. Zerebroa hiru alde nagusitan banatzen da: aurre-zerebroa (prosentzefaloo), erdiko zerebroa (mesentzefaloo) eta atze-zerebroa (romboentzefaloo).

Informazio gehiena zerebrora iritsiko da, bertan interpretazioa eman eta bertatik abiatuko da erantzuna.

3 atal nagusi:

1. Prosentzefaloo
2. Mesentzefaloo
3. Romboentzefaloo

Atal bakoitzean azpitalde desberdinak ager daitezke.

Irudian: atal bakoitzaren borobiltxoek koloreak esango digu zerebroaren ze partetan kokatuta dauden

*azterketarako ez digu eskatzen atal bakoitzaren barruan dauden atalak zeintzuk diren jakitea! Garrantzitsuenak aipatuko ditugu.

Kortexa: bertara iristen da harrera sentsorialetik datorren informazio guztia. Kortexean gune konketuak egongo dira harrera sentsorial bakoitzerako. Interpretazioa eman eta lehenengo erantzunak bestetaik abiatuko dira.

Sistema limbikoa: emozioaz arduratzen dena.

Talamoa: kortexean proiektatu aurretik, sentsazio guzti horiek talamotik pasatzen dira, Interpretazioaren lehenengo pausua eta nolabaiteko filtrazioa bertan ematen da.

Epitalamoa: loaren interpretazioan

Hipotalamoa: sistema endokrinoaren erregulazile nagusia.

Mesenzefaloa: batez ere erreflexuak emen ematen dira. Erreflexua → informazioa zerebrora iritsi hauerretik erantzuna ematen da.

Zerebeloa: parte garrantzitsua. Mugimenduetan parte hartuko du. Naiz eta muskuluentzako informazio kortexaren gune motorekin abiatuko den, zerebeloa izango da informazio guztia koordinatuko duena.

Adb: hanka bat mugitzea agintzen dugunean, oreka mantentzeko beste muskulu batzuk ere mugitu behar dira. Koordinazio guzti hori zerebeloak kontrolatuko du.

Protuberantzia eta "bulbo raquideoa" elkarrekin funtzionatzen dute: arnasketa, odol zirkulazioa, bihotz maiztasuna... kontrolatu.

Aurreko laburtzen duen eskematxoa

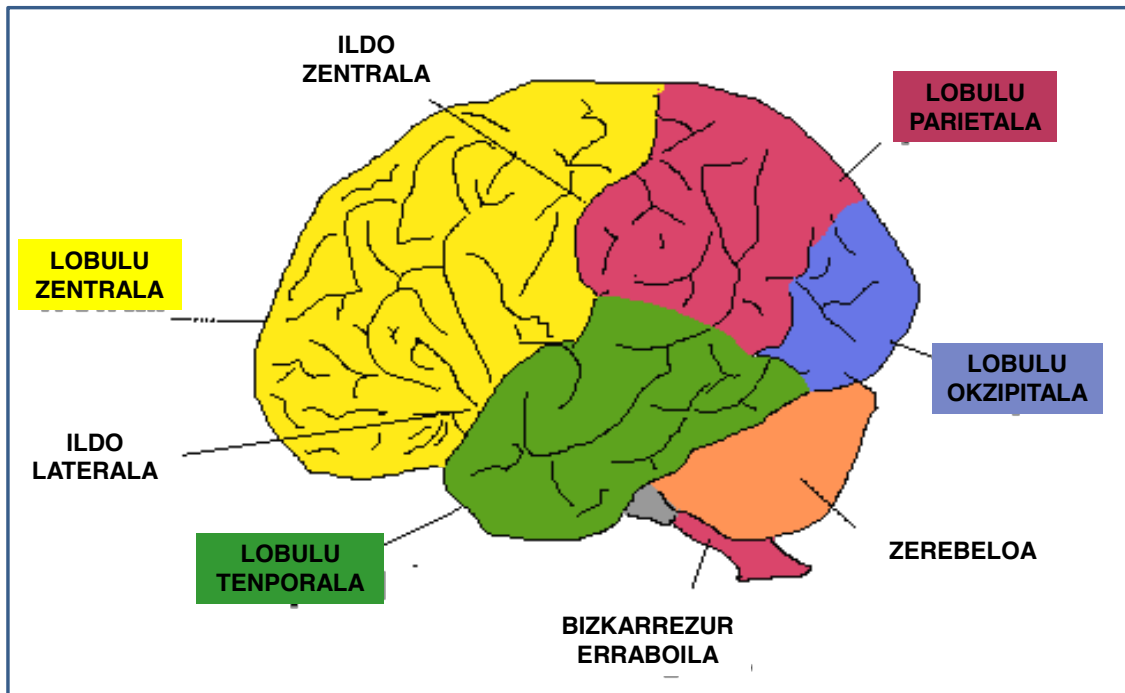
11.1. Taula. Ugaztunen zerebroaren gune nagusiak eta hauen funtzioa.

| División cerebral principal | Subdivisión cerebral | Área | Funciones principales |
|-----------------------------|----------------------|--|---|
| Cerebro anterior | Telencéfalo | Corteza cerebral Hipocampo Ganglios basales | Funciones sensitivas altas, motoras e integradoras. Aprendizaje y memoria. Control motor. Emociones. |
| | Diencefalo | Sistema límbico Tálamo Hipotálamo | Relevo sensitivo principal. Regulación homeostática. y endocrina; reloj circadiano. |
| Cerebro medio | Mesencéfalo | Tubérculo cuadrigémino superior Tubérculo cuadrigémino inferior | Integración visual. Integración auditiva. |
| Cerebro posterior | Metencéfalo | Cerebelo Puente | Coordinación motora. Control motor descendente. |
| | Mielencéfalo | Médula | Control autonómico y respiratorio. |

Garrantzitsuenak:

- Kortex zerebrala → informazio sentsorial guztia bertara iritsi eta erantzun somatikoa bertatik abiatuko da.
- Talamoa → informazio harreran lehenengo interpretazio eta filtrazioa.
- Hipotalamoa → sistema endokrinoaren erregulazioa.
- Zerebeloa → mugimenduen koordinaziorako edo koordinazio motorea.

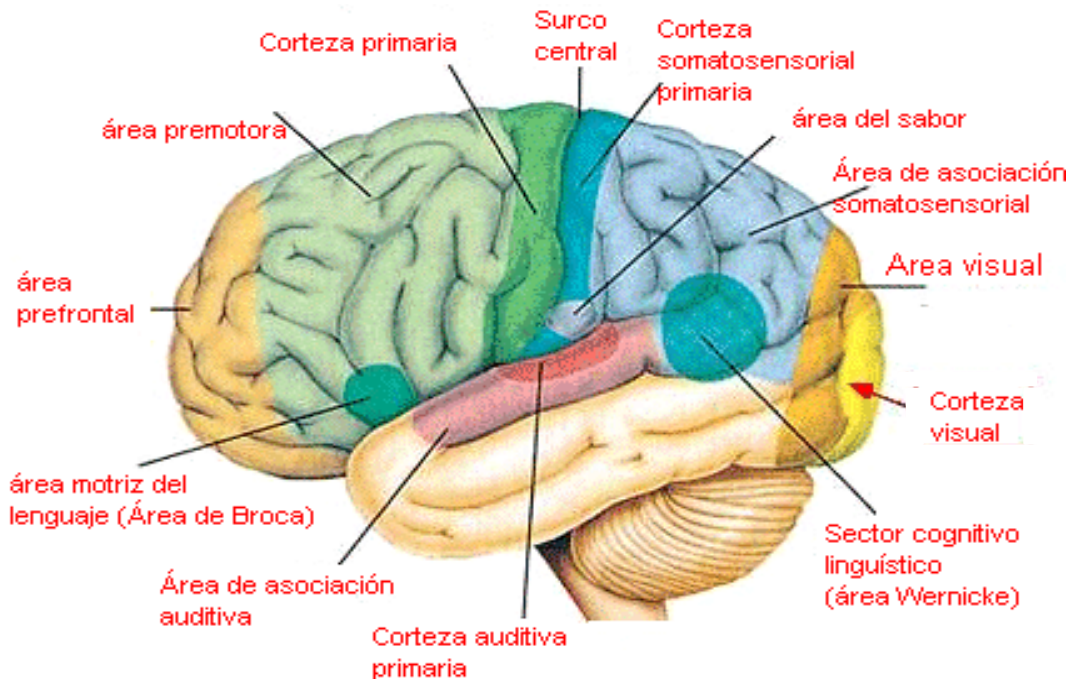
Zerebroan → 4 lobulu



11.5. Irudia.a Zerebroan lau lobulu daude eta hautako bakoitzean funtzio ezberdinak kontrolatzen dira.

Lobulu zentrala → handiena

Horietako bakoitzera lerro markatuen printzipioa jarraituz, gune konkretu edo hartzaile konkretu batzuen informazio iritsiko da. Horren arabera azpitalde desberdindinak daude



11.5.b Irudia. Zerebroan lau lobulu daude eta hautako bakoitzean funtzio ezberdinak kontrolatzen dira.

Bi gune garrantzitsu:

- berdez: **kortex primarioa** → bertatik abiatu muskuluak uzkuertzeko seinale guztiak. Gorputz osoaren proiektzio bat izango dugu, hau ondorengo gaietan ikusiko dugu.
- urdinez: **kortex somatosensoriala** → NSP-koko seinalean zerebroaren gune desberdinetara iristen dira baina bukaeran seinale guztiak hona iristen dira. Ondoren ikusiko dugu nola hemen gorputz atal bakoitzak bere gunetxoa izango duen eta sentikortasunaren arabera handiagoa edo txikiagoa izango da.

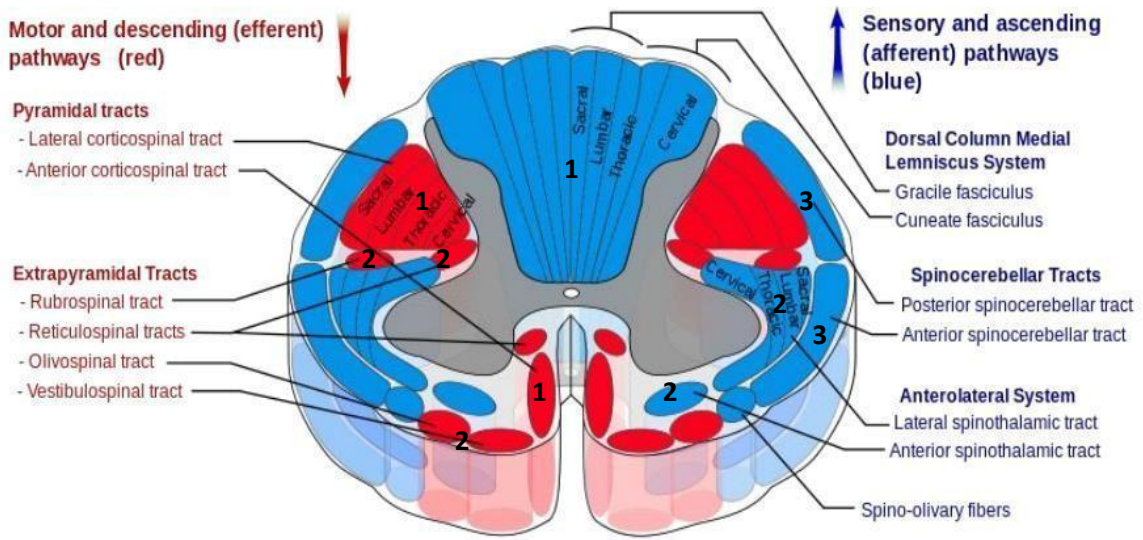
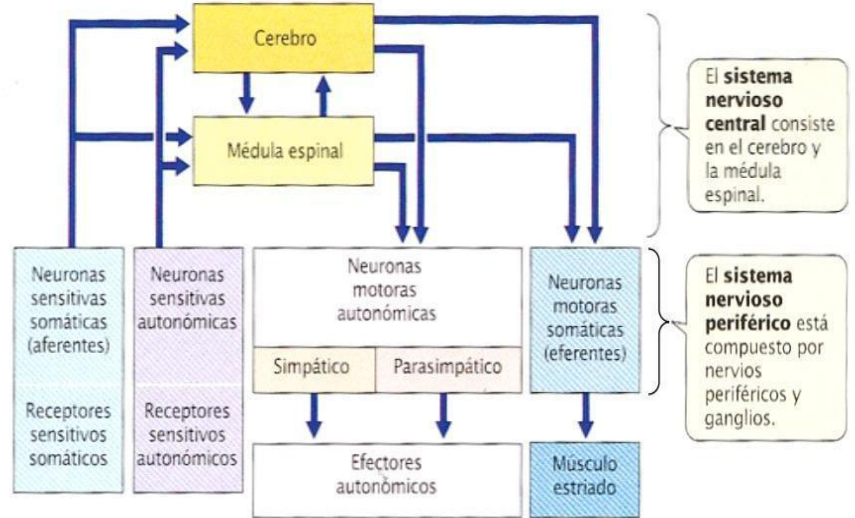
12-13. GAIAK: Nerbio sistema somatiko eta autonomoa

12. Nerbio-sistema zentralen integrazio funtzioak: bide aferente eta eferenteak. Nerbio-sistema somatikoa eta autonomoa.

Nerbio sistemak ondo definituriko bital dauzka: batetik, zerebro eta bizkar muinak osatutako nerbio sistema zentrala (NSZ) eta, bestetik, neurona aferente zein eferenteek osatutako nerbio sistema periferikoa (NSP).

NSP-an bi sistema ezberdintzen dira, harreraz arduratzen dena, aferentea, eta erantzuna emateaz arduratzen dena, eferentea. Aferentearen barnean bi mota daude: 1) somatikoa: kanpo mediotik jasotako informazioak

jarraitzen duen bidea (borondatez). 2) Autonomoa: barne mediotik jastoako informazioa (borondatez ez; adb: guk ez dakigu gure glukosa kontzentrazioa). Oso sinplea, hartzaile gutxikoa. Nerbio-sistema eferenteraren barnean ere somatikoa, guk kontrolatutako mogimenduez arduratzen dena, zein autonomoa, muskulu leuna eta sistema endokrinoa kontrolatzen dituen daude.



Urdinez: bide aferenteak. 1- Zutabe dorsalen bidea

Gorritz: eferenteak. 1- Bide piramidalak

2- Sistema espinotalamikoa

2-Bide extrapiramidalak

3- sistema espinocerebeloso

Bizkar muinean zeharreko bide aferenteak (sentsorialak) eta eferenteak (motoreak): Informazio motaren araberrako bideak

BIDE AFERENTEAK:

Kanpo mediotik jasotzen den informazioa garraiatzen dute (temperatura, argia, presioa), kortexera iritsi arte. Garraio horretan informazio diskriminazioa ematen da, hau da, garrantzitsuena den informazioaren seinalea lehenengo garraiatuko da (azkarrago), diametro handiagoa duenez karga galera gutxiago izango duelako. Ez dena hain garrantzitsua gero garraiatuko da (temperatura, mina). Informazio garrantzitsuena zutabe dortsalen bide bidez garraiatzen da, sekundarioa, aldiz, sistema espinotalamikotik.

1-Zutabe dortsalen bidea: zuntz nerbioek seinaleak oso azkar eta zehaztasun handiz bidaltzen dituzte. Ukimen fina, bibrazioak, gorputz atalen jarrera...-ren informazioa bideratzen da zerebrora. Zerebroaren ezkerreko aldeak gorputzaren eskumako aldeak kontrolatzen du, eta alderantziz.

Informazioa erro dortsaleetik sartu → hartzailak transdukzioa → neurona aferente batekin sinapsia → bizkarrezur muinera heldu → bizkarrezur muinean gorantz jarraitu → bizkarrezur errañoilera heldu (handia) → 2. mailako neurona batekin sinapsia → neurona hori alde aldatuko da: DEKUZAZIOA → talamoraño doa → 2. sinapsi bat 3. neurona batekin → kortexean proiektatu.

1. neurona luzeena izango da, ondorengo biak nahiko txikiak.

- nukleo gracilis: gerritik beherako hartzailak jasotako informazioa bideratu.

- nukleo cuneatus: goiko parteko informazioa.

Bi nukleoetatik jasotako informazioa erro dortsaleetik sartzen da.

2-Sistema espinotalamiko: zehaztasun gutxiago eta geldoagoa da, informazioa ez baita hain garrantzitsua.

Hartzailak transdukzioa → sinapsia neurona aferentean: soma gongoil batean dago → 2. sinapsia (neurona luzeena) → 2. neurona alde aldatu eta seinalea talamora bideratu → 3. neurona batekin sinapsia talamoraño → kortexean proiektatu

- Gune lateralean: mina edo tenperaturari buruzko informazioa transmititu

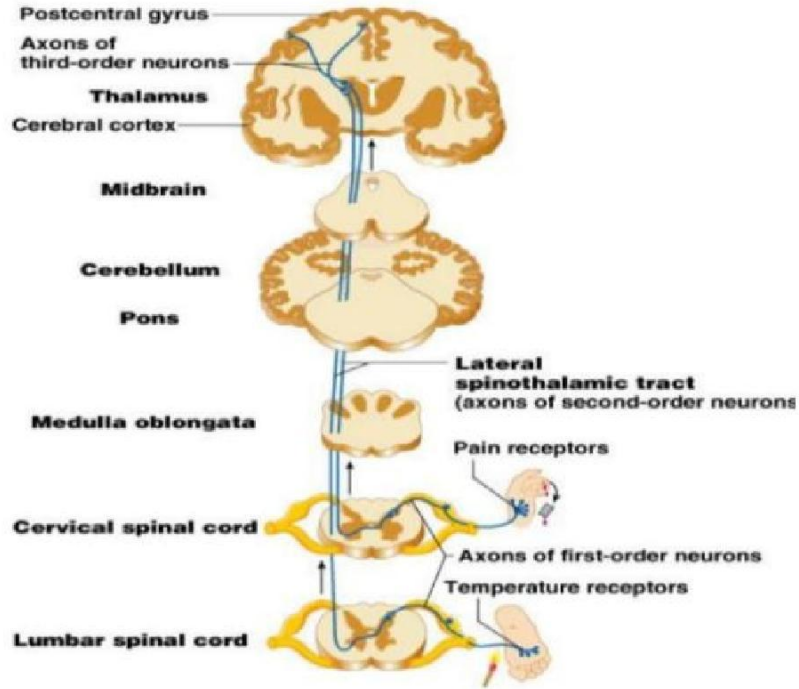
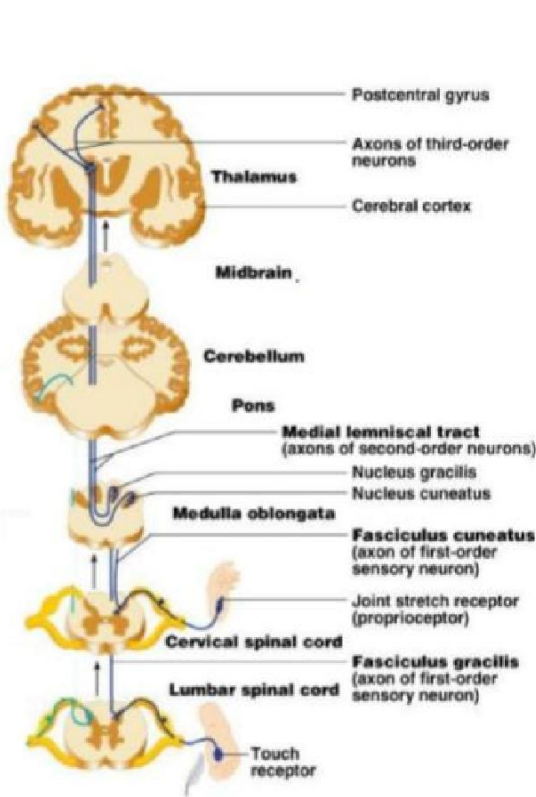
- Aurreko gunean: azaleko ukimen zakarrari buruzko informazioa transmititu

Zutabe dortsalen bidearekiko ezberdintasuna abiadura da. Kasu honetan diametroa txikiagoa denez, informazioa motelago garraiatzen da.

3-Sistema espinocerebeloso: mugimendu koordinatuentzako beharrezko informazioa garraiatu zerebelora. Hartzaiak propiozeptoreak dira, barne medioko informazioa (muskuluen tentsioa, posizioa..)ematen dutenak. Oso garrantzitsua denez, oso azkar: 100m/s

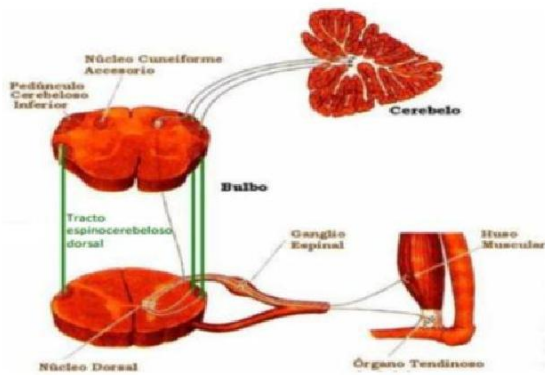
-aurre(bentral): behe parteko hartzaielen informazioa

-atze (dorsal): goiko parteko hartzaielen informazioa → neurona aferentea → gora errabileraino → 3.neurona batekin sinapsia → zerebelor.



Sistema espinotalamikoa

Zutabe dorsalen bidea



Sistema espinocerebeloso

Giza zerebroaren mapa

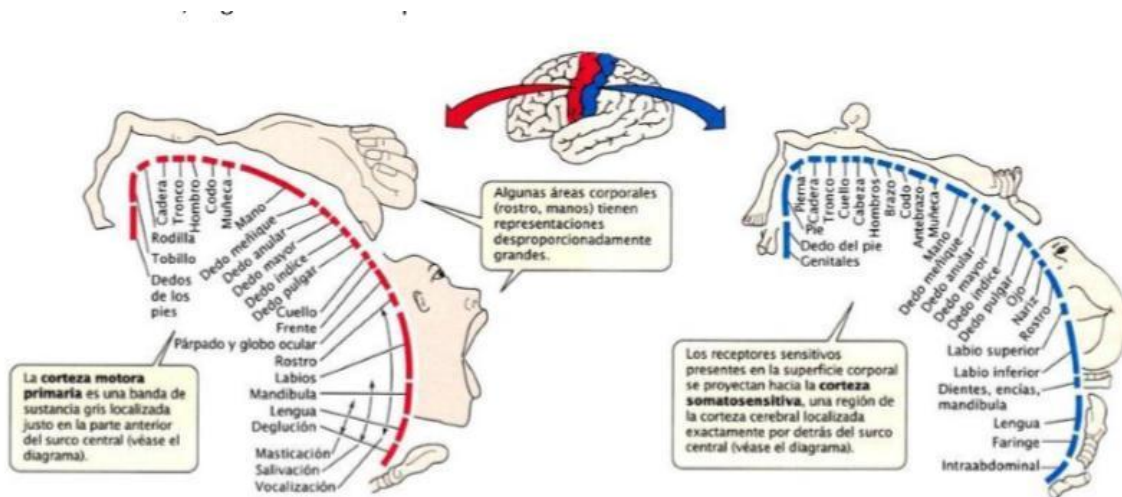
Gero eta hartzaile gehiago guneak, orduan eta kortexean proiektzio gune handiagoa beteko du

(animalietan ezberdin) → informazioa interpretazioa emango da

→ kortex motorean erantzuna abiatuko da (muskulu eskeletiko guztien uzkurketa) → zenbat eta mugimendu konplexuagoak orduan eta azalera handiagoa

- Lehen mailako kortex motorean, (irudian **gorriz**) dauden neuronak gorputz atalen mugimenduak kontrolatu. Erantzuna abiatu sistema somatikoan zehar.
- Zentzumen hartzaileen kokapena kortex somatosensoriala (irudian **urdinez**); gorputzeko atal guztiak bertan islatzen dira. Tamaina sentikortasunaren arabera aldatzen da; Hartzaile gehiago izanez gero kortexean azalera handiagoa bete.

Gizakiak sentikortasun gehien mingainean, ezpainenetan, eskuetan eta atzamarretan; katuak oinetan; saguak buruan. Espezieen arabera alda daiteke.



BIDE EFERENTEAK:

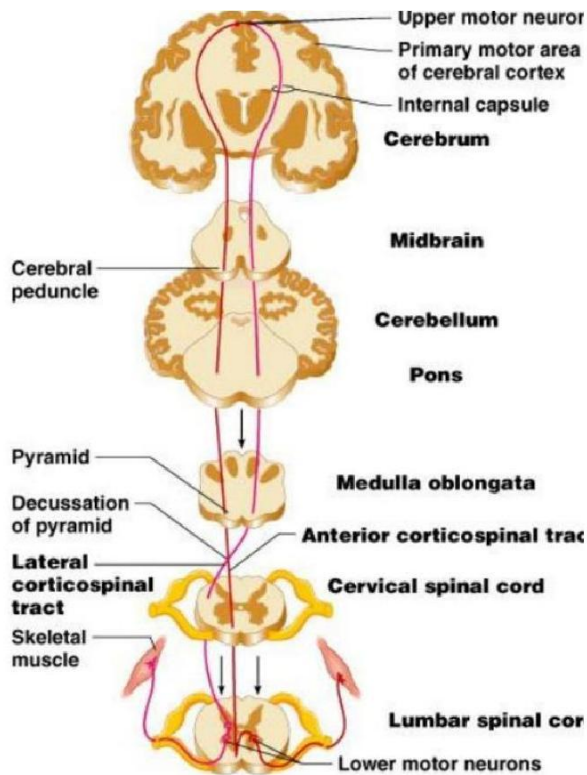
1-Piramidalak: bide nagusia, neuronak etengabe kortex zerebraletik dagoekien segmenturaino eta bertako motoneuronengan eragin borondatzeko mugimenduak burutzeko.

Kortex motorea → 1go neuronara jaisten hasi → bizkarrezur muinerako heldu (ez beti gertatu dekusazioa) → motoneuronaraino (2)heldu, eta bere axoia NSP parte izango da → muskulura heldu hau kitzikatzeko

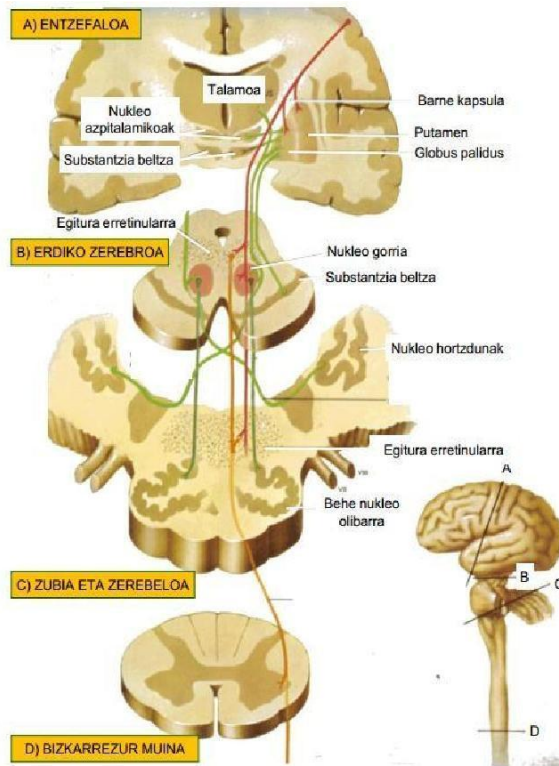
Neurona gehienak (traktu kortikospinal laterala) bizkarrezur erraboilean beste aldera gurutzatu

2-Estrapiramidalak: heterogeneoa; zerebroko gune ezberdinetatik bizkar muineko gune motoretaraino seinaleak daramatza borondatzeko mugimenduak burutzen diren bitartean jarrera eta oreka mantentzeko.

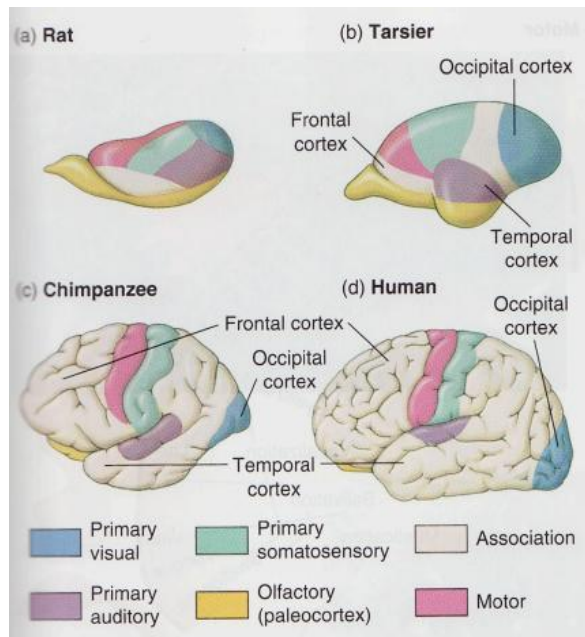
Kortex → erdiko zerebrora heldu → 2. neurona batekin konektatu (talamotik pasaz) + beste neuronen eragina bidetik → erantzuna doitu (ikusmen, oreka eta zerebelo) → muskulura heldu



Sistema piramidala



Sistema estrapiramidala



Aktu erreflexuak

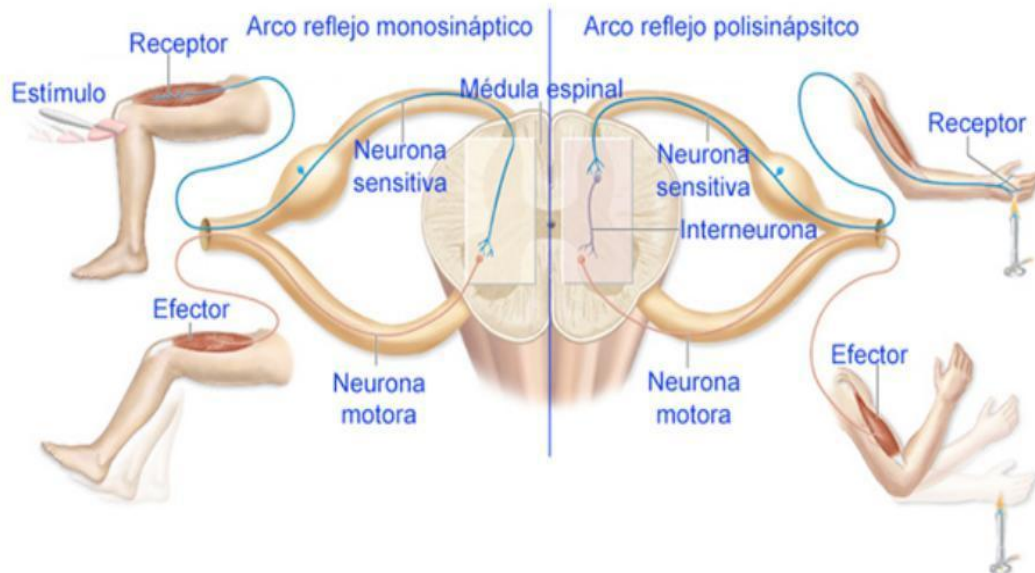
-Erantzun mota sinpleenak, informazioa jaso eta zerebrora heldu aurretik erantzun azkarra eman, zirkuitu laburragoak

-Batzuetan garrantzitsua erantzun azkarrak ematea, normalean arrisku egoeren aurrean. -

Zentzumen hartzaileek zelula efektoreak aktibatzen dituzte sinapsi gutxi batzuen bitartez.

- Animalia guztietan berdinak dira.

- Mota ezberdinetakoak daude. Egun animalietan polisinaptikoa.

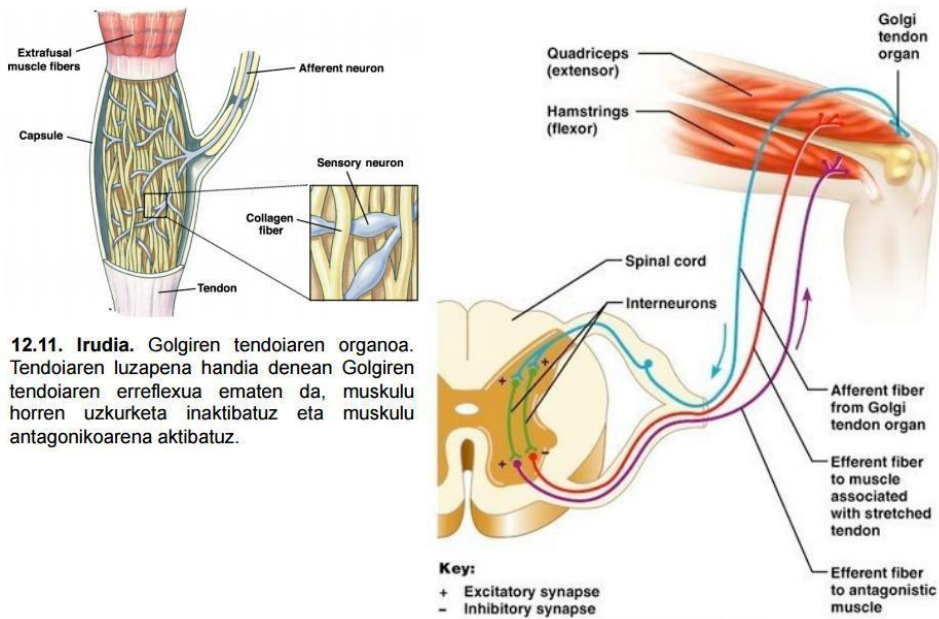


12.10. Irudia. Arku erreflexu sinpleetan, sentzumen hartzaileek zelula efektoreak aktibatzen dituzte sinapsi gutxi batzuen bitartez. **a)** arku erreflexu monosinaptikoa **b)** Arku erreflexu polisinaptikoa.

a) Monosinaptikoa: NSZ-ko sinapsia bakarra, hartzailea neurona efektore batekin elkartzean. b) Polisinaptikoa: interneuronen bidez.

Bizkarrezur muintetik azkar pasa.

Bide paralelo baten bitartez zerebrora joango da eta ondorioz, konsziente izango gara.



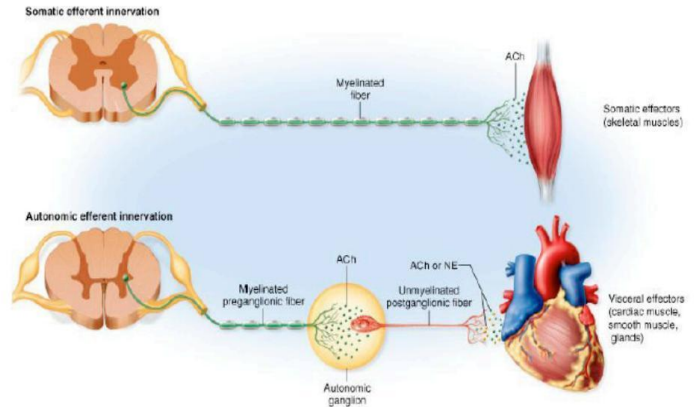
Kuadrizepsean, golgi tendoiatik neurona bakarra atera bizkarrezur muinera eta bertan bi interneuronen bidez bifurkatzen da.

13. Nerbio-sistema autonomoaren antolaketa: azpisistema sinpatiko eta parasinpatikoa.

Nerbio-sistema autonomoak borondatezkoak ez diren mogimenduak kontrolatzen ditu eta bi azpisistemaz osatuta dago, sinpatikoa eta

parasinpatikoa. Erantzun motoreak ez diren beste denak kontrolatzen ditu. Bizkar muinaren alde bentraletik neurona motore bat ateratzen da NS

→ somatikoan bezala. Desberdintasuna ganglioak ageri dira. Ganglio hauek itu zelulatik hurbil agertzen dira parasinpatikoan eta NS zentraletik hurbil sinpatikoan. Neurona motore honek azetilkolina jariatuko du gangliora eta hurrengo neurona mielinizatu gabea kitzikatuko du. Neurona postgangliarrak azetilkolina edo adrenalina jariatuko du sinpatikoa edo parasinpatikoa izan. Neurona pregangliotarrekin mielina dute eta postgangliotarrekin ez.

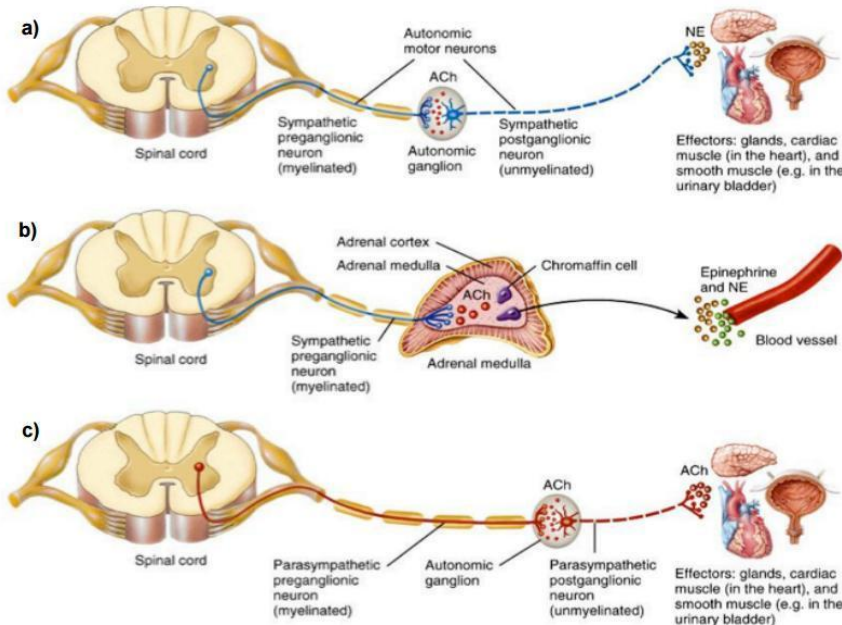


13.1. Irudia. Ugaztunen nerbio-sistema somatiko eta autonomoaren antolamendua.

Sinpatikoa: 1. neurona motza mielinizatua eta 2. Luzea da mielinagabea → gongoila NSZtik gertu.
1. neurotransmisorea azetilkolina, 2. adrenalina.

Parasinpatikoa: 1. neurona luzea mielinaduna eta 2. motza mielinagabea → gongoila organotik gertu.
Bi sinapsietan neurotransmisorea azetilkolina izango da.

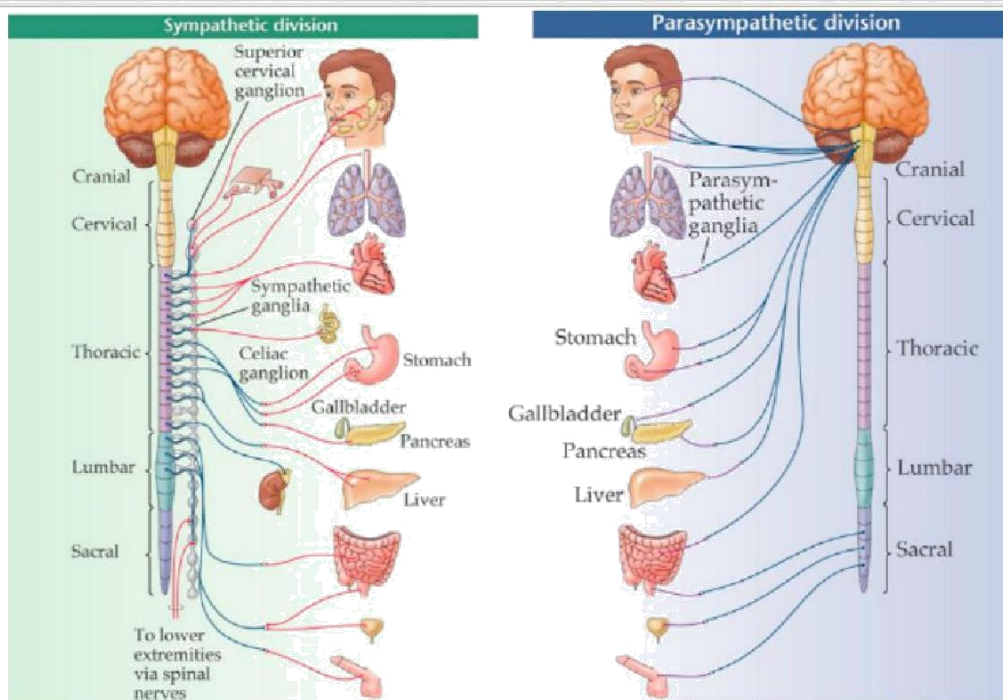
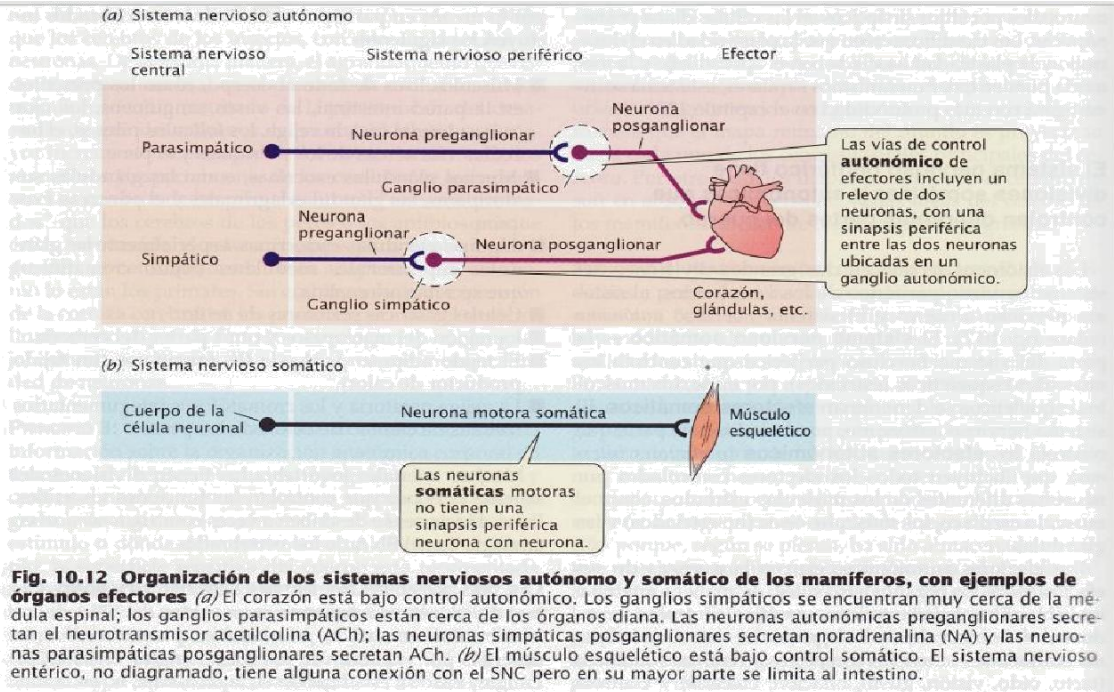
Bi azpisistemek organo berdinak inbertzen dituzte baina aurkako eraginarekin. Ez da bat kitzikatzaila eta bestea inhibitzailea beti, parasinpatikoak, esaterako, maiztasun kardiakoa inhibitu egiten du baina digestioa kitzikatu. Hala ere, normalean atsedean egoeran sistema parasinpatikoak jokatu eta arrisku egoeren aurrean, berriz sinpatikoa.



13.2. Irudia. Azpisistema sinpatiko (a eta b) eta parasinpatikoaren (c) arteko ezberdintasunak.

Sinpatikoan gongoil batzuk agertzen dira organotik gertu, salbuespenak kontsideratzen dira. Bizkarrezurreko ia segmentu guztietatik ateratzen dira nerbioak.

Parasinpatikoan gongoilak organotik gertu eta oso segmentu gutxitatik ateratzen dira nerbioak.



13.3. Irudia. Nerbio-sistema autonomoko banaketa sinpatiko eta parasinpatikoak organo gehienak inerbatzen dituzte.

Cuadro 11-1

Efectos opuestos sobre los órganos diana de las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo

| Órgano diana | Efecto simpático | Efecto parasimpático |
|--|---|--|
| Ojo | | |
| Músculos radiales del iris | Dilatación pupilar | Constricción pupilar |
| Esfínter del iris | | Constricción (enfoco de objetos cercanos) |
| Músculo ciliar (que controla el grosor del iris) | Relajación (enfoco de objetos lejanos) | |
| Glándulas lagrimales | | Estimula la producción de lágrimas |
| Glándulas salivales | Estimula la producción de pequeñas cantidades de saliva viscosa («boca seca») | Estimula la producción de grandes cantidades de saliva diluida |
| Arterias | Vasoconstricción, especialmente de los vasos cutáneos | Poco o ningún efecto |
| Corazón | | |
| Células marcapasos | Incrementa la frecuencia cardíaca | Disminuye la frecuencia cardíaca |
| Fibras ventriculares contráctiles | Incrementa la fuerza de contracción | Poco o ningún efecto |
| Pulmones | | |
| Bronquiolos | Dilata los bronquiolos | Constricción de los bronquiolos |
| Glándulas mucosas | Sin efecto | Estimula la secreción de moco |
| Tracto gastrointestinal | | |
| Esfínteres | Contracción | Relajación |
| Motilidad y tono de los músculos lisos | Inhibición | Estimulación |
| Glándulas de secreción exocrina | Inhibición | Estimulación |
| Vesícula biliar | Inhibe la contracción | Estimula la contracción |
| Hígado | Aumenta la glucogenólisis y, por lo tanto, el azúcar en sangre | Sin efecto |
| Vesícula urinaria | Sin efecto | Contracción de los músculos |
| Médula suprarrenal | Estimula la secreción | Sin efecto |

14.GAIA. SISTEMA ENDOKRINOA. Koordinazio endokrinoa eta hormonon sailkapena.

Zelula batzuk ehun desberdinen arteko komunikazioan espezializatu egin dira izaki plurizelularretan.

Bi eratako komunikazio bideak daude:

Seinale elektrokimiko bidezkoa: Nerbio-sistema (ekintza potentzial edo potentzial graduatu eta neurotransimoseen bidezkoa)

Hormonen bidezkoa; hau da, odolean askatzen diren mezulari kimikoen bidezkoa

-Guruin endokrinoak: Sistema endokrinoa

-Neuronak: Sistema neuroendokrinoa

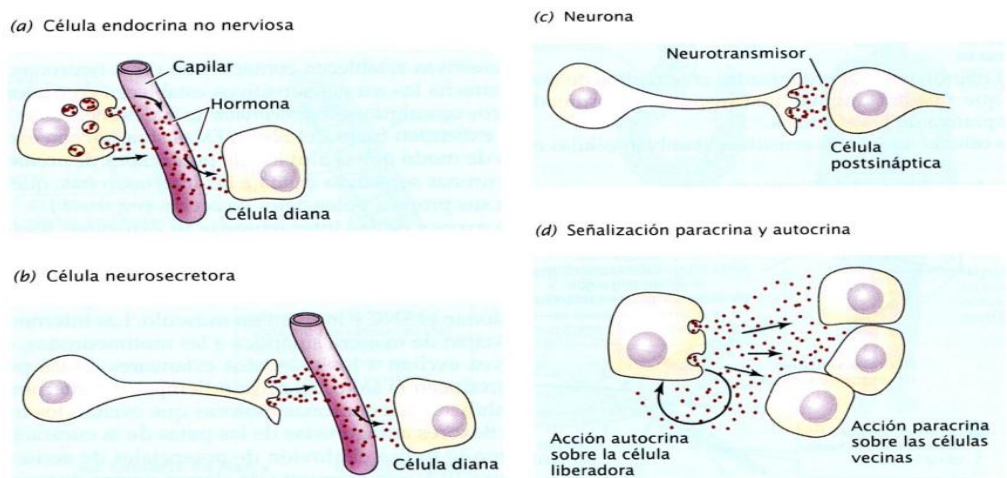
Sistema endokrinoaz hitz egitean biak, bai sistema endokrino zein neuroendokrinoa, barneratzen dira; izan ere, funtzionamendu eta hormonak askatzeko mekanismoak berdinak izango dira bietan.

Desberdintasun bakarra jatorria izango da, zelula endokrino batzuk neurona eraldatuak izango direlarik eta beste batzuk ,ordea, zelula epitelialak.

Jatorri desberdina izatearen eraginez sistema neuroendokrinoa nerbio sistemarekin konektatuta dago eta NSZ-tik jasotzen du informazioa. Hala ere, guk ez dugu bereizketarik egingo. Substantzia kimikoen bidezko komunikazio modu desberdinak daude:

- Jatorri epitelial edo nerbiosoko zelula batek substantzia kimiko bat odolera askatu eta odoletik itu ehunera iristen da. (a) eta (b) kasuak dira hauek, guk aztertuko ditugunak.
- Sinapsia: neurona batek arraildura sinaptikora substantzia kimiko bat askatuko du hurrengo zelulan eragina izango duena. Hau ez da sistema endokrinoa ez baita odolera askatzen.
- Komunikazio autokrino eta parakrinoa: Zelulak askatutako substantzia kimikoak zelula berarengan eragitean, autokrinoa. Inguruko zeluletan eragiten dutenean komunikazio parakrinoa.
- Feromonon bidezkoa: kasu honetan substantzia kimikoa kanpo mediora askatu eta beste indibiduo batzuetan izango du eragina.

Guk sistema endokrinoan odolera askatzen diren hormonen bidezko komunikazioa aztertuko dugu.

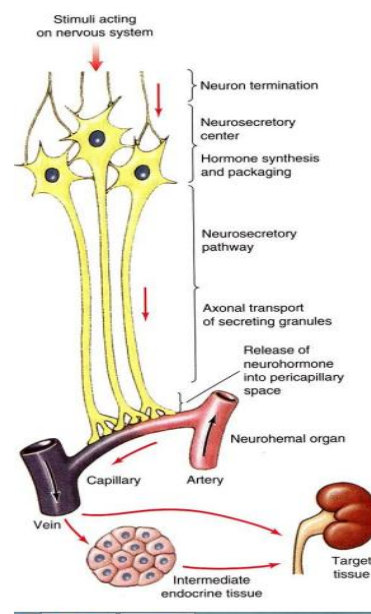


14.1. Irudia. Zelula jariatzaile ezberdinen ekintza mekanismoa: **a)** zelula endokrinoa, **b)** neurona neurojariatzailea, **c)** Neurona arrunta eta **d)** Señalizazio autokrinoa edo parakrinoa duen zelula.

Zelula batzuek hormonak sintetizatzen dituzte. Normalean nerbio sistemaren kinada baten eraginez hormonak odolera askatu eta organo, ehun, desberdinetan eragina izango dute. Oro har, nerbio sistema zentraletik iritsiko da seinalea, beraz neuronen bitartez. Seinalea neurona jariatzaile batera iristean honek neurotransmisorea askatu ordez odolean hormona askatuko du. Beste kasu batzuetan ordea, jatorri epitelialeko guruin bat izan dezakegu eta horren askapena beste hormona baten bidezkoa edo bestelako hartzaile baten seinale bidezkoa izango da.

Hormona odolean dagoenean, gorputz osotik banatuko da, berarentzat hartzaileak dituzten zeluletan eraginez.

- Itu ehunera iristean bertan funtzio bat bete dezake (Adib. giltzurrunean iragazketa tasa emendatu).
- Hormonak bitartekari batean eduki dezake eragina, lehen hormonaren funtzio beste bigarren hormona baten askapena izanik, bigarren hormonak itu ehunean eraginez.



Beraz, hormonak ez du zertan zuzenean funtzio bat bete behar, beste hormona batzuen askapena bultzatu dezake, bitartekariak agertuz. Zenbat eta bitartekari gehiago egon erregulazio aukera gehiago egongo dira eta anplifikazio aukerak emendatuko dira.

Hormonak hainbat irizpide kontuan hartuta sailka daitezkeen arren guk konposizio kimikoaren arabera sailkapena erabiliko dugu:

| Propiedades | Péptidos | Esteroides | Hormonas aminas | |
|---------------------------|---|--|---|---|
| | | | Catecolaminas | Hormonas tiroideas |
| Sitio de secreción | La mayoría de los sitios del cuadro 14-1, excepto la corteza y médula suprarrenales, la glándula tiroidea y la glándula pineal. | Corteza suprarrenal, gónadas y placenta. | Médula suprarrenal | Glándula tiroidea |
| Estructura | Cadenas de aminoácidos. | Derivados del colesterol. | Derivadas de la tirosina. | Derivadas de la tirosina y el yodo. |
| Solubilidad | Hidrosolubles | Liposolubles | Hidrosolubles | Liposolubles |
| Síntesis y almacenamiento | Sintetizadas en el RE rugoso, procesadas en el aparato de Golgi; almacenadas en vesículas para su uso posterior. | Sintetizados a demanda en compartimientos intracelulares; no se almacenan. | Sintetizadas en el citoplasma y almacenadas en vesículas ("gránulos cromafines"). | Se forman previo a su uso y se almacenan en el coloide dentro de la glándula. |
| Secreción | Exocitosis | Difusión simple a través de la membrana celular. | Exocitosis | Difusión simple a través de la membrana celular. |

| Propiedades | Péptidos | Esteroides | Hormonas aminas | |
|-----------------------------------|---|---|--|--|
| | | | Catecolaminas | Hormonas tiroideas |
| Transporte | Disueltas en el plasma; algunas se unen a proteínas transportadoras. | Unidos a proteínas transportadoras. | Disueltas en el plasma. | Unidas a proteínas transportadoras. |
| Vida media | Minutos | Horas | Segundos a minutos | Días |
| Localización de los receptores | Superficie de membrana de las células diana. | Citoplasma o núcleo (algunos esteroides se unen a receptores en la superficie celular). | En la superficie de la membrana de las células diana. | Núcleo |
| Acción sobre las células diana | Activan sistemas de segundos mensajeros o modifican canales de membrana. | Alteran la expresión genética; los genes activados inician la transcripción y la traducción. | Activan sistemas de segundos mensajeros. | Alteran la expresión genética; los genes activados inician la transcripción y la traducción. |
| Respuesta sobre las células diana | Cambian la actividad de proteínas preexistentes, algunas de las cuales inducen la síntesis de proteínas nuevas. | Sintetizan nuevas proteínas; algunas podrían cambiar la actividad de las proteínas preexistentes. | Modifican la actividad de las proteínas preexistentes. | Sintetizan proteínas nuevas. |

Konposizio kimikoaren arabeko sailkapen honetan 3 talde nagusi bereiz daitezke:

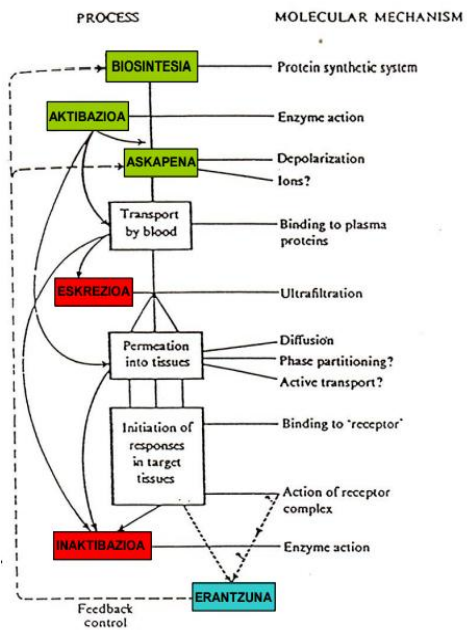
- Hormona peptidikoak: aminoazido kateak, normalean nahiko handiak izan daitezke, konplexuak.
- Hormona esteroideoak: kolesteroletik abiatuta sintetizatzen direnak
- Aminak: tirosinatik abiatuta sintetizatzen dira

Aminen barruan bi azpitalde bereiz daitezke (katekolaminak eta hormona tiroideoak) baina denak tirosinatik abiatuta sintetizatzen dira.

Sailkapenerako kontuan hartzen den konposizio kimikoa garrantzitsua da solugarritasuna ezartzen duelako eta honek hormonaren ekintza mekanismoa baldintzatuko du.

Hormona peptidiko eta katekolaminak hidrosolugarriak dira eta esteroideoak eta hormona tiroideoak liposolugarriak.

Hormona baten eragina bere kontzentrazioaren menpekoa da. Zenbat eta kontzentrazio handiagoa eragin handiagoa. Azpiko irudian hormona baten bizi zikloaren eskema beha daiteke, bere sintesia burutzen denetik erantzuna eta inaktibazioa gertatu arte:

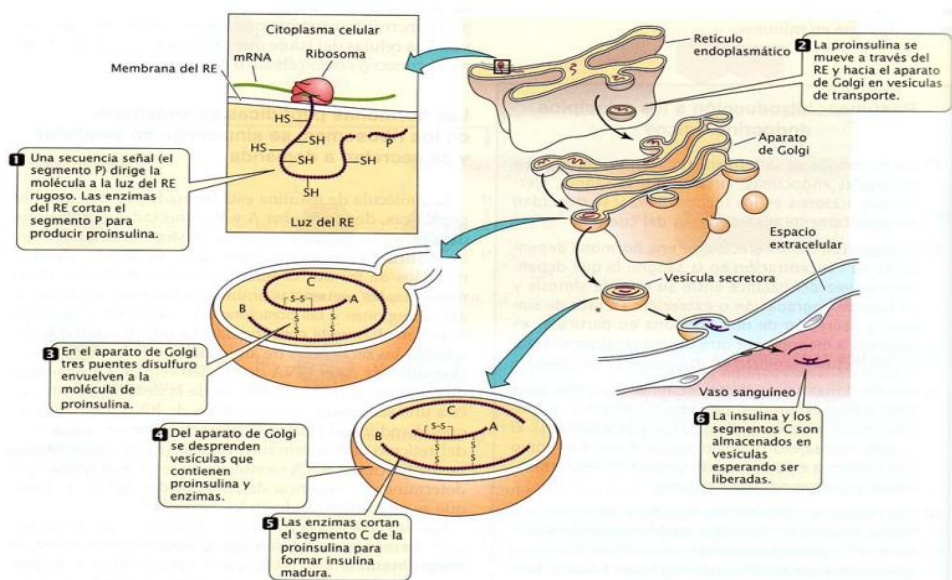


Hormonak guruin endokrinoetan ekoiztu eta metatzen dira. Behar direnean askatuko dira odolera, erantzun bat sortuko dutelarik. Erantzuna eragin ostean kanporatuko dira genuarekin edo hidrolizatu, inaktibatuko dira entzima batzuen bitartez, desagertaraziz. Hormonen kontzentrazioa, askapen tasa eta inaktibazio tasaren arteko balantzearen menpe egongo da. Baina inaktibazio mekanismoak nahiko konstante mantentzen direnez normalean hormonaren kontzentrazioaren erregulazioa askapen bidez kontrolatuko da.

Ekoizten denetik kanporatu edo inaktibatu arte hormonak zelula desberdinetan erantzun bat eragingo du. Hormonen biziraupena oso aldakorra da. Normalean hidrosolugarriak iraupen laburrekoak dira, aldiz liposugarriak denbora luzeagoan mantenduko dira, inaktibazio mekanismoak geldoagoak izango dira, erantzuna luzeagoa izanik. Hormonen sintesia guruin endokrinotetan ematen da eta sintesi mekanismoak 2 motakoak izan daitezke:

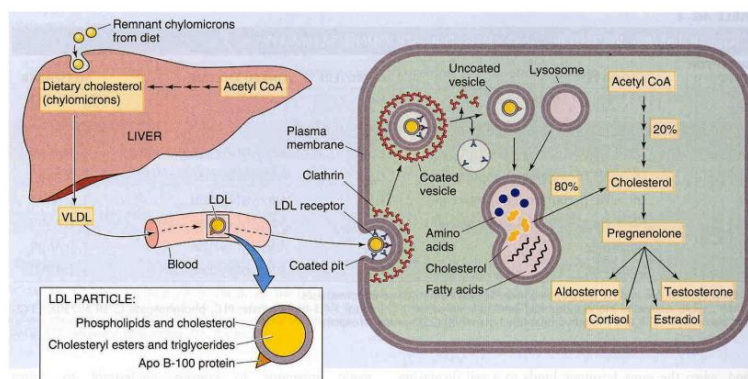
1) Transkripzio eta itzulpen bidezkoa

- Hormonari dagokion genearen transkripzioa burutu (adibidean intsulina genea)
- Eribosometan proteina iztuli (irudian prointsulina)
- Golgin besikulen barruan paketatuz, metatuz (Adibidean besikulen barnean entzima batek prointzulina apurtu intsulina lortuz)
- Besikula batean mantenduko da eta seinalea iristean odolera askatuko da (intsulina)



14.4. Irudia. Intsulinarene (hormona peptidikoa) sintesia.

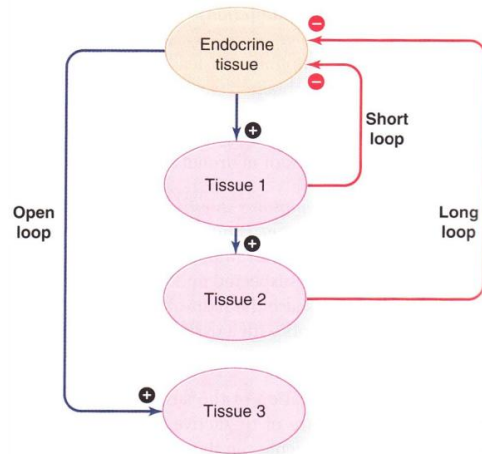
2) **Eraldaketa entzimatikoa** Substantzia desberdinetatik abiatuta entzimen bitartez transformazio desberdinak burutuko dira behar den hormona ekoiztu arte. Hormona esteroideen kasua. Adibidez sexu hormonak, hormona esteroideak, kolesteroletik abiatuta sintetizatuko dira. Kolesterolak hainbat eraldaketa entzimatikoko pairatuko ditu kortisola edo testosterona emanez.



14.5. Irudia. Hormona esteroideen sintesiarako kolesterola da aintzindaria. Ondoren erretikulu endoplasmatikoa leunean zein mitokondrioetan beharreko eraldaketa entzimatiak gertatzen dira mineralokortikoideak (aldosterona), glukokortikoideak (kortisola) eta hormona sexualak sintetizatzen.

Normalean hormona peptidikoak transkripzio eta itzulpen bidez sintetizatuko dira, beste hormona guztientzako eraldaketa entzimatikoa erabiliko direlarik.

Hormonen eraginek berek kontrolatzen dituzte hormonen sintesi eta erragulazioa. Hormonak odoletik garraiatzen dira zelula guztietara, baina soilik eragingo du batzuetan, hau da, euren hartzaileak dituztenengan eragingo dute. Gainera, hormonek eragin desberdinak izan ditzakete zelula ze motatakoa den eta zein hartzaileari lotzen zaionaren arabera.

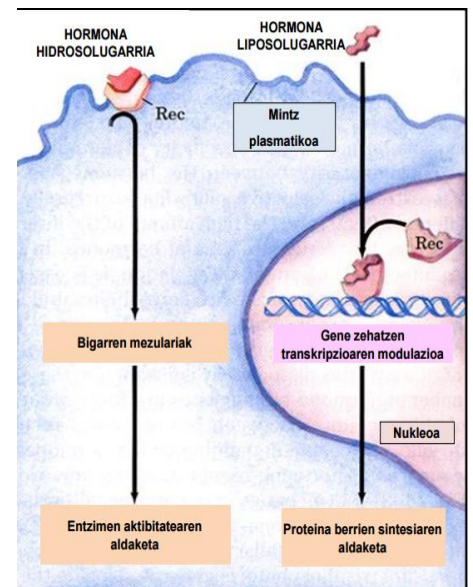


14.8. Irudia. Guruin endokrino gehienak atzelikadura negatiboaren bidezko kontrol baten pean daude. Askatutako hormonak berak zein lehen ituehunaren erantzunak (bide laburra) edo ondorengo ituehunaren erantzunak (bide luzea) eragina izango du guruin endokrinoaren aktibitatean. Zenbait kasutan ez da atzelikadurarik ematen (bide irekia)

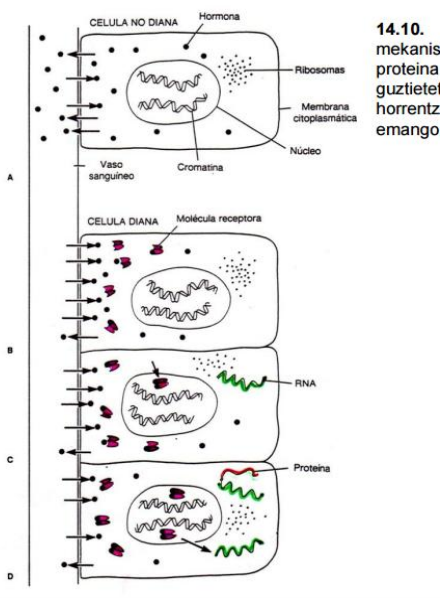
Ehun endokrino batek jariatutako hormonak beste ehun endokrino baten funtzionamendua kontrolatuko du. Adibidez, hipofisiak (guruin maisuak) askatutako hormonek, beste guruin endokrinoen erregulazioa eragiten dute.

Beraz printzipioz bi ekintza mekanismo nagusi bereizten dira: hormona hidrosolugarri eta liposolugarriena:

➔ Hormona liposolugarriak: Odolean zehar garraiatuak izan daitezten proteina berezi batzuk behar dituzte, horrela hauei loturik garraiatzen dira. Ez daukate arazorik zelulen mintza zeharkatzeko eta hortaz haien hartzaileak zelula barnean kokatzen dira. Hormona- hartzaile lotura zitoplasman gertatuko da eta eratzen den konplexu hau ondoren nukleora garraiatzen da traslokazioz. Bertan, ADN aren transkripzioan proteina jakin batzuen sintesian eragiten du. Epe luzeko eragina dute, proteina hauen iraupena dela eta baino erantzun motelagoa izango da. Prozesu luzeetarako erabiltzen dira, hazkuntza, ugalketa...



➔ Hormona hidrosolugarriak: Odolean zehar disolbatuta garraiatzen dira eta hortaz ez dute garraiatzaile baten beharrik. Batzuetan hala ere proteinei loturik garraiatzen dira. Hormona hauek mintza zeharkatzeko, itu zelulak bere mintz plasmatikoa hartzaile espezifikoak ditu. Hormona-hartzaile lotura gertatzen denean amplifikazioa gertatzen da, eta zeharkaz edo zuzenez bigarren mezulari bat sortzen da alde intrazelularrean. Bigarren mezulari hauek zelulan eragingo dute. Normalean, proteina batengan eragingo du. Epe laburreko efektuak dituzte, hormona hartzailetik askatzerakoan eraginak ezabatzen baitira, beraz erantzun azkarra emateko gai dira.

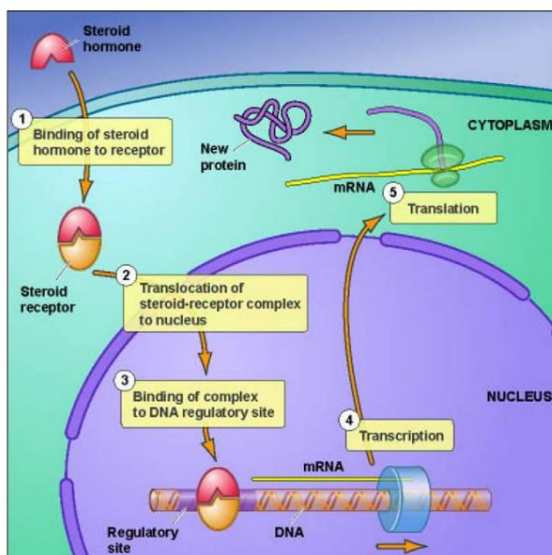


14.10. mekanis proteina guztietel horrentz emango

14.10 irudian → hormona, hartzaile espezifikoak dituen zeluletan eragingo du, hartzaile ez dutenetan ere sartuko da, baina hartzaile ez duenez bere eragina nulua izango da. (hormona liposolugarria da, sartu ahal delako hartzaile gabe). Orokorrean hormonaren presentziak erretroelikadura negatibodun funtzioa beteko du. Hormonaren kontzentrazioak gora egitean bere askapena inhibituko da.

Hormona tiroideoen eragina → metabolismo eta tenperaturaren kontrola.

Hormona esteroideoak → kolesterolek eratorriak dira. Hauek ibaietara iritsi ahal dira urek emakumeen antisorgailuak badituzte. Ibaietan, arrainei eragiten diela ikusi da, izan ere ezaugarri femeninoak dituzten arrak aurkitu dira. Disruptore endokrino bezala jokatzen dute sustantzia kimiko hauek.



14.11. Irudia. Hormona esteroideoen ekintza mekanismoa.

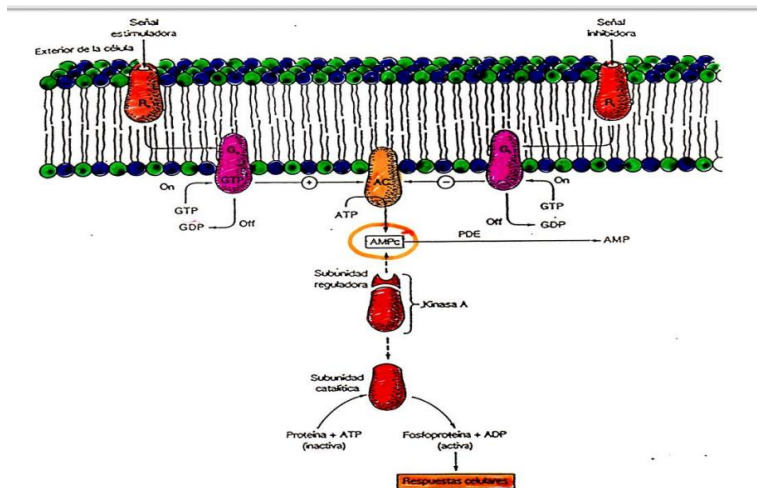
14.11 irudia → -Hormona liposolugarria denaz garraiatzailea behar du odolean iturritik eraman eta ondoren zelulan barneratuko da arazorik gabe. -Zitoplasman (nukleoan ere egon zitekeen) dagoen hartzailearengana iristen proteina inhibitzailea baztertu eta hartzailea aktibatuko da. -Hartzailea izango da DNAREN transkripzioaz arduratuko dena, (EZ HORMONA!) hormonak hartzailea aktibatuko duelarik. -Hartzailea gene sekuentzia batean lotuko da transkripzioa burutzeko. Ondorioz RNA mezularia ekoiztuko da,

kanporatu eta erribosometan proteina bat ekoiztuko da, funtzio bat beteko duena erantzun bat emanez

HORMONA HIDROSOLUGARRIAK ETA BIGARREN MEZULARIAK.

Hormonen artean gehienak hidrosolugarriak izango dira. Hauek plasman disolbatzen dira odolean zehar arazorik gabe garraiatutz, baina itu zelulara iristean ezin dute mintza zeharkatu. Hortaz, zelularen kanpaldean kokatzen diren hartzailleetara lotzen dira. Hartzaillearen aktibazioaren eraginez kaskada entzimatico bat jarriko da martxan eta bigarren mezulari bat ekoiztuko da. Bigarren mezulariak dira zelulan eragingo dutenak.

1.Guztietatik arruntena eta aztertuen AMP ziklikoa da. AMP zikliko bidezko ekintza mekanismoa honakoa da



14.12. Irudia. Hormona G proteina bat aktibatzen duen hartzailleari lotzen zaio, eta honek, era berean, adenilato ziklasa aktibatzen du ATPa AMPz bilakatuz. Bigarren mezulari honek proteina kinasa aktibatzen du bere azpiunitate inhibitzailearekin lotzean.

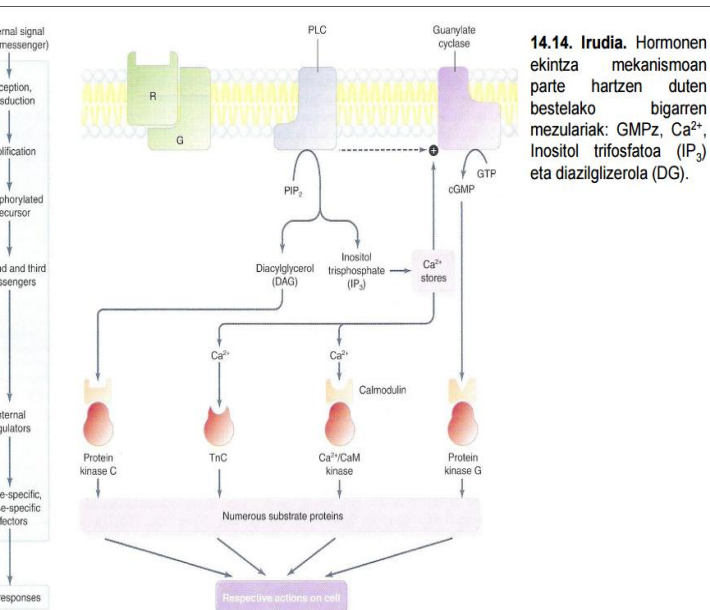
Mintzeko hartzaillea G proteina bati akoplatuta dago eta honek adenilato ziklasa aktibatuko du ATP gastuz. Entzima honek AMP ziklikoa sintetizatuko du eta aldi berean, AMPc-k kinasa bat erregulatuko du. Kinasa hauek ez aktibo zegoen proteina bat aktibatuko dute.

Hau da esaterako adrenalinen kasua.

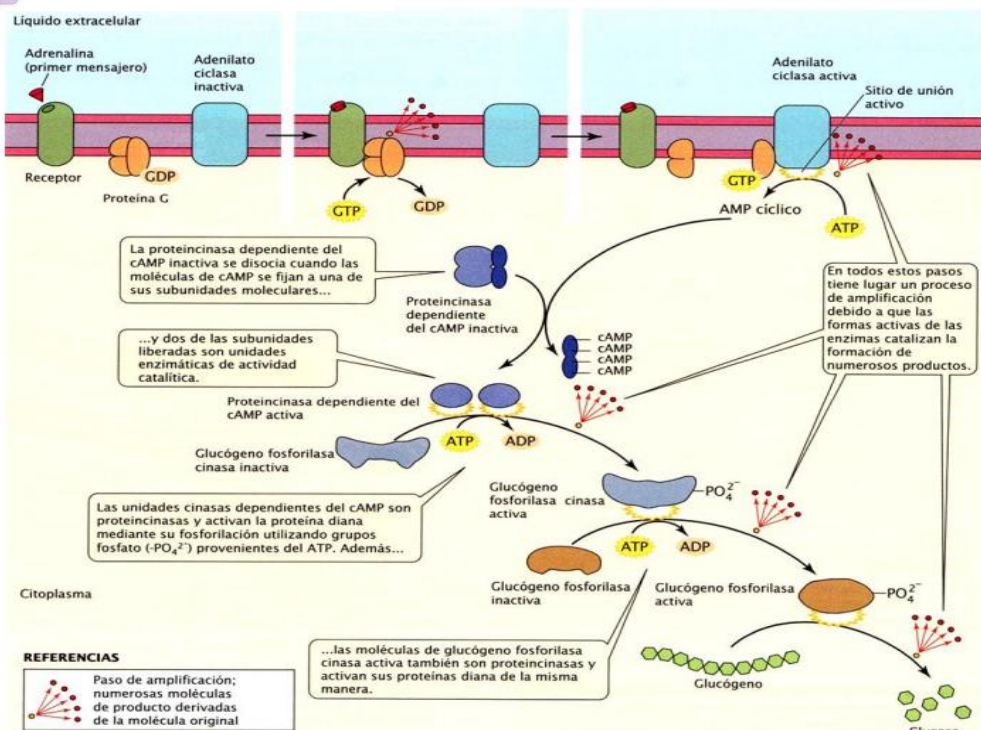
Glukogeno fosforilasa kinasa fosforilatzen da AMPc-k eraginda. Horrela kinasa hau aktibo egongo da eta glukogeno fosforilasa fosforilatuko du, hau aktibatuz. Azken honek, glukogenoaren degradazioa piztuko du. Anplifikazioa gertatzen da, Kasu honetan aukera asko daude eta gertatzeko ;

- G proteina bakoitzak adenilato ziklasa bat baino gehiago aktibatu dezake
- Adenilato ziklasa bakoitzak AMPz bat baino gehiago sortu dezake
- Lehenengo proteinkinasa bigarren proteina bat baino gehiago aktiba ditzake...

Azken finean adrenalina molekula bakar batekin glukosa molekula kopuru handia lortu daiteke odolera askatzeko amplifikazioari esker



2.GMP ziklikoa: AMP ziklikoaren mekanismo berdina jarraitzen du. Kasu honetan GMP ziklikoa ekoizten duen enzima ez da adenilato ziklasa izango, baizik eta guanilato ziklasa. Guanilato ziklasa GTPa GMP zikliko bihurtzen du. Honek a kinasa bat aktibatu beharrean, g kinasa bat aktibatuko du. G kinasa horrek proteinen aktibitate maila eraenduko du. Guanilato ziklasaren funtzionamendurako kaltzioa ezinbestekoa da; kaltzio barik guanilato ziklasak ez du funtzionatuko. Orokorrean GMPz bidez ematen diren erantzunak AMPz-aren kontrakoak izango dira. Adibidez bihotzean adrenalina AMPz-aren bidez funtzionatzen du maiztasun kardiako emendatuz eta bihotz taupaden indarra ere

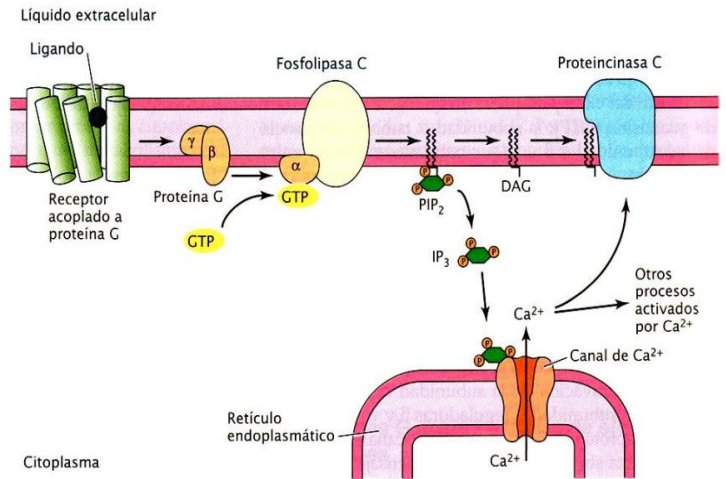


14.13. Irudia. Adrenalina sortutako seinalearen transdukzioa eta amplifikazioa.

emendatuz; eta aztelkolinak GMPz-aren bidez funtzionatzen du maiztasunaren murrizpena eraginez.

3.Mintzeko lipidoak.

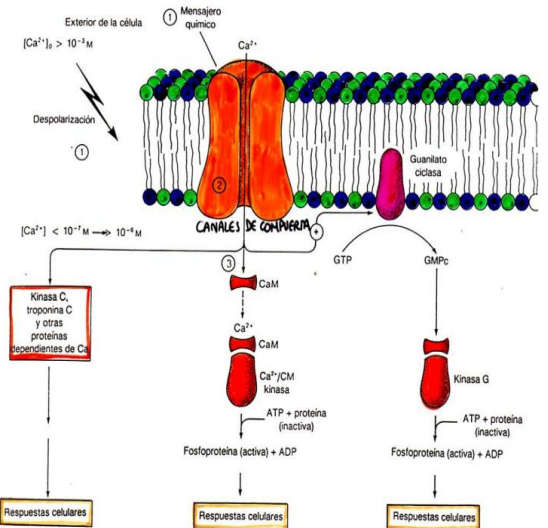
Diazilglizerola eta inositol trifosfatoa, biak LIP2 aren hidrolisiz eratzen dira. Diazilglizerola mintzean zehar gelditzen da eta inositola zitoplasmarantz joaten da. G proteina bati akoplatutako hartzaileak C fosfolipasa entzima aktibatzen du, entzima honek mintzeko fosfatidilinositol difosfato (PIP₂) fosfolipidoak apurtzen ditu diazilglizerola (DAG) eta inositol trifosfatoa (IP₃) emanez. Diazilglizerola C proteina kinasa bat aktibatzen du (fosforilazioen bidez beste proteina batzuen aktibitatea eraendu) eta inositol trifosfatoak Ca²⁺ an eragina izango du, bere kontzentrazioa handituz.



14.15. Irudia. Diazilglizerola eta inositol trifosfatoa bigarren mezulari bezala jokatzeko duten G proteina bati akoplatutako hartzaileak C fosfolipasa entzima aktibatzen du, entzima honek mintzeko fosfatidilinositol difosfato (PIP₂) fosfolipidoak apurtzen ditu **diazilglizerola** (DG) eta **inositol trifosfatoa** (IP₃) emanez.

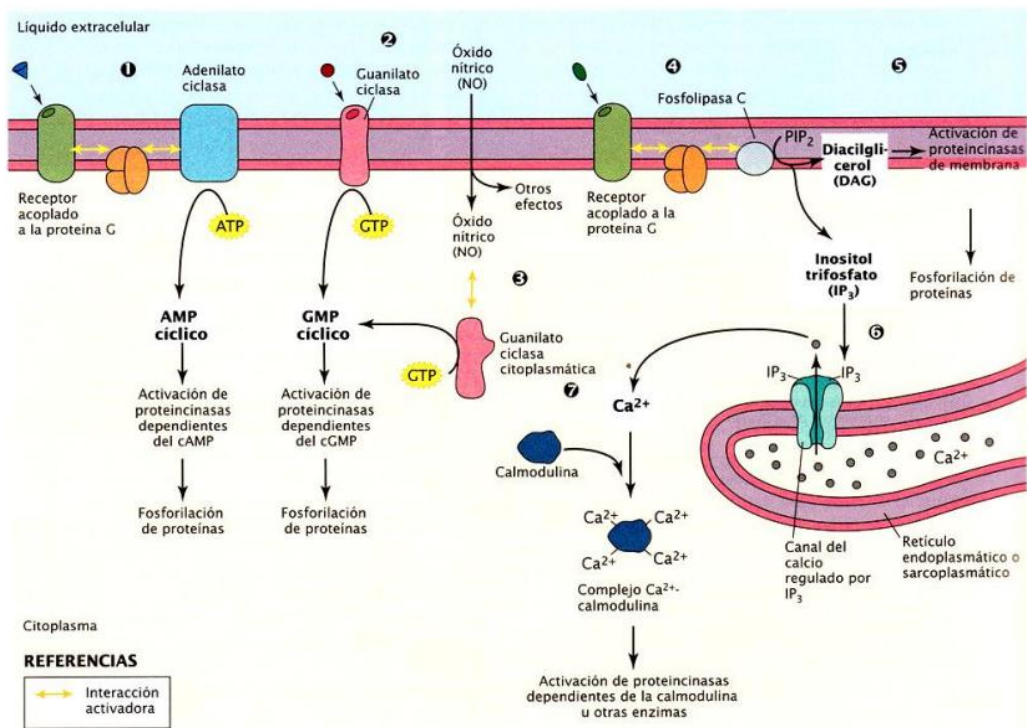
Kaltzioaren eraginak:

- ➔ TnC aktibatu
- ➔ Kalmodulinari lotu eta kaltzio- kalmodulina kinasa aktibatu.
- ➔ Kaltzioaren ondorioz GMP zikloa eratu eta honek G proteina kinasa bat aktibatuko du. Kaltzio kalmodulina kinasa eta G proteina kinasari esker fosfoproteina aktiboak lortzen dira.



14.16. Irudia. Kaltzioa bigarren mezulari bezala zuzenean edo Ca-Kalmodulina konplexuaren bitartez zenbait proteina aktiba ditzake. cGMPren ekoizpena ere susta dezake.

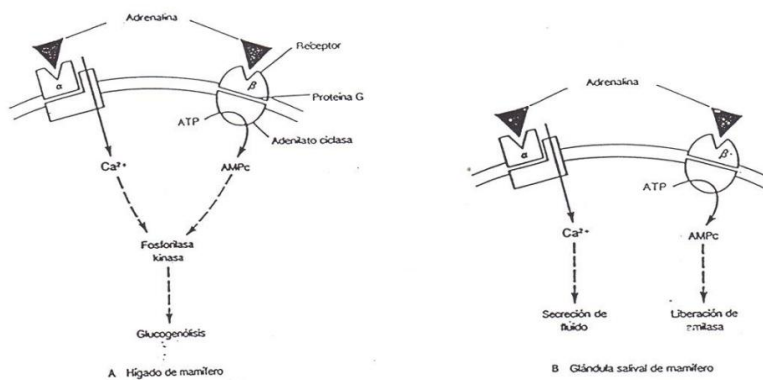
Diazilglizerolak mugikortasuna du mintzean zehar eta inositol trifosfatoak mugikortasuna du zitoplasman. Inositolak erretikulu endoplasmatikokoan kaltzio kanalak irekitzea eragiten du eta horrela kaltzio kontzentrazio intrazelularra handitu egiten da, honen ondorioz aipatutako kinasa batzuk aktibatu egiten direlarik.



14.17. Irudia. Bigarren mezularen eskema orokorra.

Oxido nitrikoak ere hormona bezala jokatzen du, guanilato ziklasa zitoplasmatikoa aktibatzen duelako.

Mintzeko guanilato ziklasa hormonekin aktibatzen da ere.



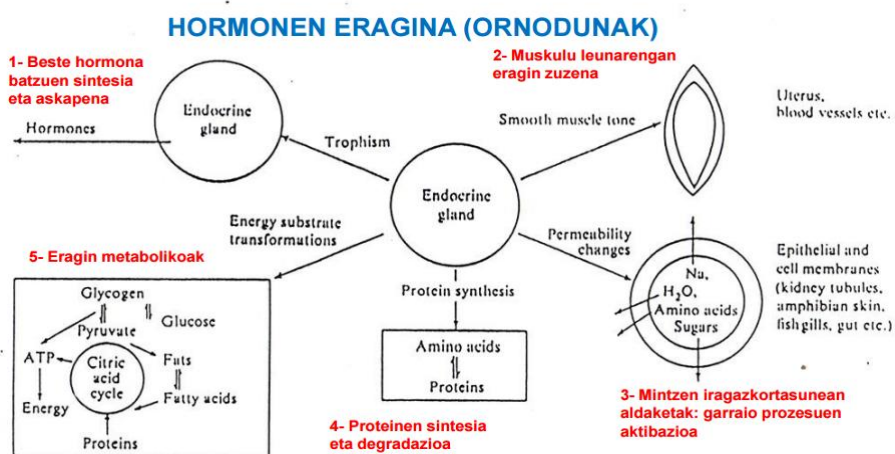
14.18. Irudia. Bide konbergente eta dibergenteak.

Hormona zein hartzaileri lotzen den, bigarren mezulari desberdinak eratuko dira, nahiz eta hauek eragin berdina izan dezaketen.

15.GAIA. ORNODUNEN SISTEMA ENDOKRINOA.

Hormonen eragina ornodunetan:

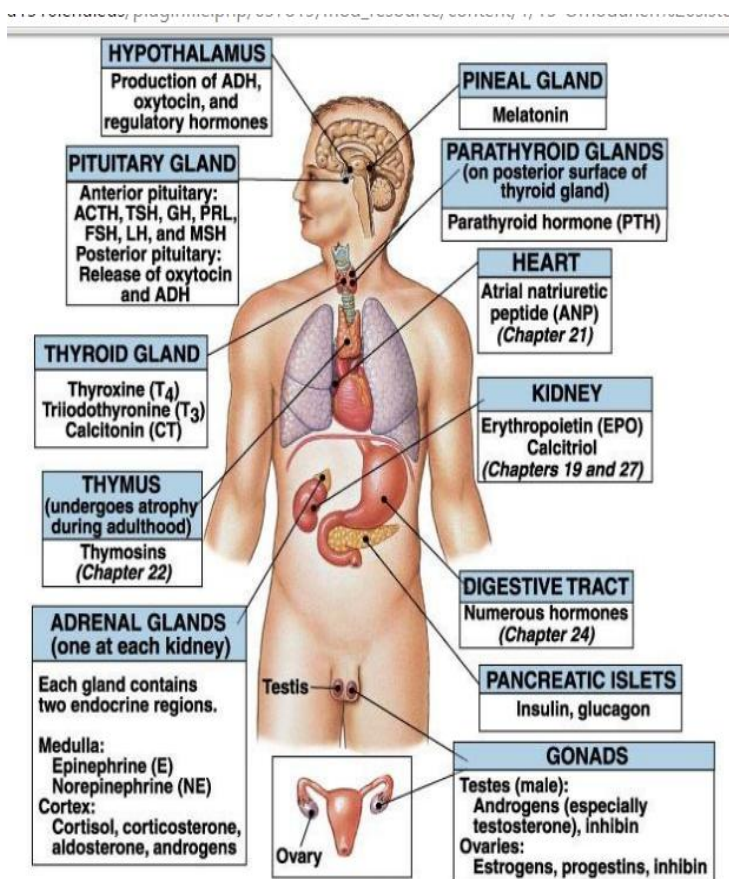
- **Eragin trofikoak** : hormonak beste guruin endokrino batengan eragiten du, honek askatuko dituen hormonak kontrolatuz eta erregulatuz.
- **Mintzen iragazkortasun aldaketa**: Bai hormona hidrosolugarri eta liposolugarriek eragiten dute. Eragina desberdina izango da lotzen diren hartzailearen arabera edota itu egunaren arabera (kanalak ireki/itxi).
- **Eragin metabolikoak**. metabolismoko erreakzioen orekaren kontrola.
- **Muskulu leuna zuzenean kitzikatu**. Odol fluxua, uteroaren uzkurketa... kontrolatzeko
- **Proteinen sintesi eta degradazioa eragin**. proteinetan ematen den etengabeko berritze prozesua kontrolatzen dute, energia gastu handia behar duenez prozesuak kontrolatu beharra dago.



15.1. Irudia. Ornodunen hormonen eragin motak.

Guruin endokrinoak: Hormonak guruin endokrinoetan sortu eta metatzen dira, non guruinak zelula endokrino taldekapenak diren. Orokorrean hipotalamo-hipofisi sistemak koordinatzen ditu hormonak, nahiz eta badaude salbuespenak, adibidez areako hormonak. Hipotalamoa nerbio sistemaren parte da neuronaz osatuta baitago, eta nerbio sistemaren eta sistema endokrinoaren arteko koordinazioa burutzen du. Badaude zenbait neurona berezi odolera hormonak jariatzen dituztenak. Hainbat guruin endokrino aurkitzen dira gorputz-enbor eta buruan zehar barreiatuta, hauetatik garrantzitsuenak azalduko dira jarraian:

• **Hipotalamoa:** Kortex-aren azpian kokatzen da, hau da, aurrezerebroan, zerebroa eta bizkarrezur muinaren artean. Bertan sintetizatzen dira ADH, oxitozina eta beste zenbait hormona erregulatuzaile (hormona tropikoak). Hipofisiarekin kontaktua dago.



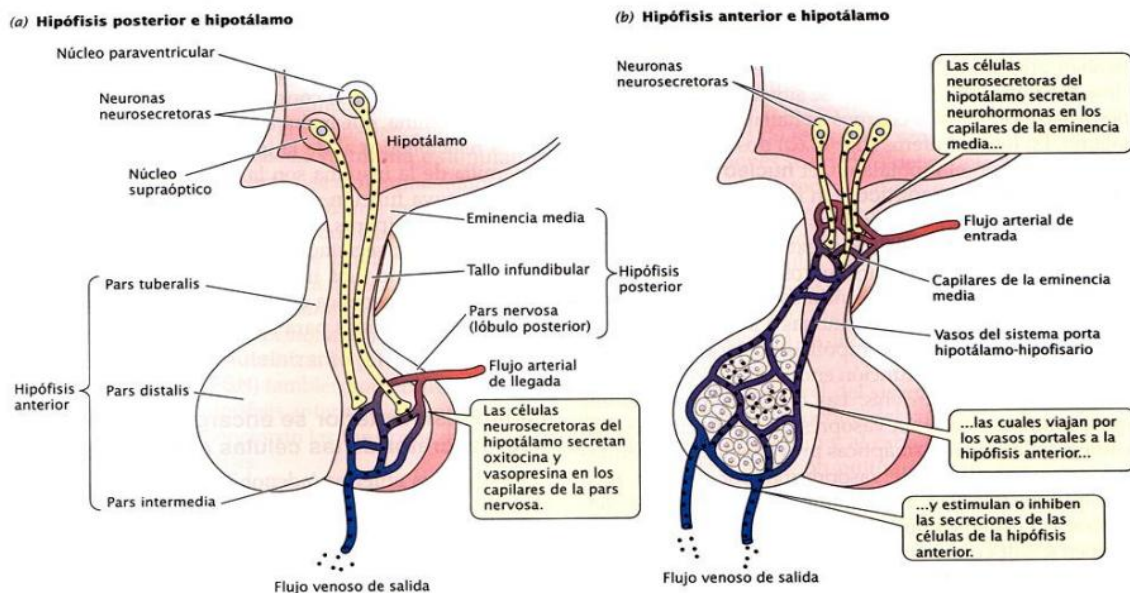
- **Tiroidea:** Zaman dagoen guruina, tiroxina (T4), triiodothyronina (T3) eta kalzitozina (CT) sintetizatzen eta jariatzen ditu.
- **Guruin adrenal:** Bi giltzurrunen gainean kokatuta daude, eta bi egitura bereizi daitezke: muina eta kortexa.
Muina: Barnealdea, non adrenalina edo epinefrina (E) eta noradrenalina (NE) sintetizatzen diren.
Kortexa: Kanpoaldea, non glukokortikoideak sintetizatzen diren, ala nola, kortisola, kortikosterona, aldosterona eta androgenoak.
- **Gonadak:** Ezaugarri sexuarekin eta ugalketarekin erlazionatutako hormonak. Ar eta emeetan desberdinak dira, baita egitura desberdinetan daude. Arretan testikuluetan daude eta testosterona bezalako androgenoak eta inhibina daude bertan. Emeetan obarioetan daude eta estrogenoak progesterona eta inhibina sintetizatzen dira bertan.
- **Irlatxo pankreatikoak:** Pankreaseko edo areako hormona nagusiak intsulina eta glukagoia dira eta odoleko glukosa kontzentrazio kontrolatzea dute funtzio. Azaldutako hormonak animali gehienetan agertzen dira, gainontzekoak ugaztunetan eta batez ere gizakian agertzen dira.

HIPOTALAMO- HIPOFISI ARDATZA.

Atze hipofisia (neurohipofisia) :Ehun nerbioa da. Hipotalamoan soma duten nerbio zelulek neurohipofisian oxitozina eta basopresina askatzen dituzte. Hauek zuzenean eragiten dute euren itu zeluletan. Oxitozinak uteroaren uzkurketa bai eta guruin mamarioetan esnearen ekoizpena eragiten ditu. ADH (basopresina) giltzurrunetan birxurgapena eragiten du.

Organo neurohemala: neuronek odolera hormonak jariatzeko gunea da.

Aurre hipofisia (adenohipofisia) : Ehun endokrinoa da. Neurona neurojariatzaileek eminentzian hormona erregulatuak askatu eta hauek adenohipofisian eragiten dute, hau da, estimulatu edo inhibitu egingo dituzte adenohipofisiak jariatzen dituen hormonak. Hormona tropikoek (tropinak) eragina dute beste guruin endokrinoetan eta bertan eragiten dute guruin hauek euren hormonak sintetizatzea, adenohipofisitik jariatzen diren hormona asko tropinak dira.



15.3. Irudia. Ornodunen hipofisiak bi gune ditu. **a)** Atze hipofisiaren *pars nervosa* (neurohipofisia) eta **b)** aurre hipofisia (adenohipofisia).

Adenohipofisiaren hormonak:

15.1. Taula. Hormona hipotalamikoak eta adenohipofisiaren gaineko eragina.

| HIPOTALAMO-HORMONA | AURREKO HIPOFISIAREN GAINKO EFEKTUA |
|--|---|
| Kortikotropinaren askatasun-hormona (CRH) | Kortikotropinaren (ACTH) jariaketa estimulatzen du. |
| Gonadotropinen askatasun-hormona (GnRH) | FSH eta LH hormonaren jariaketa estimulatzen du. |
| Prolaktinaren inhibizio-hormona (PIH) | Prolaktinaren jariaketa inhibitzen du |
| Somatostatina (GHIH) | GH-ren jariaketa inhibitzen du |
| Tirotropinaren askatasun-hormona (TRH) | Tiroidearen hormona estimulatuzailearen (TSH) jariaketa estimulatzen du |
| Hazkunde-hormonaren askatasun hormona (GHRH) | GH-ren jariaketa estimulatzen du |

15.1. irudia: hipotalamoko neurona neurojariatzaileek eminentzian askatzen dituzten hormonak ageri dira ezkerreko aldean eta eskubiko aldean, hormona hauek adenohipofisian zein hormona jariatzea eragiten duten ageri da. Bi eratako hormonak jariatzen ditu adenohipofisiak: itu zeluletan eragin zuzena dutenak eta hormona tropikoak.

Hormona adibideak:

Neurohipofisiak askatutako hormonak:

Oxitozina eta ADH, biak neurohipofisian jariatzen dira eta odolera sartzen dira jarraian euren itu ehunetan eragiteko (irudian ikusten da). Oxitozinaren kasuan, bularreko mekanohartzaile espezifikoei umearen zurrupatzea detektatu eta esnea ekoiztea eragiten du. Ugatz guruinetan esnea ateratzera eragiten du umeak eragindako xukzioa izanik prozesu hau aktibatzen duen kanpo kinada. Bestalde, uteroko kontrakzioak kontrolatzen ditu hormona honek erditzean eta erditu ondoren. ADH jariatzearen ondorioz, plasmaren osmolaritatea handitzen da ur falta dagoelako. Hartzaile osmotikoei detektatzen dute osmolaritate aldaketa hau eta ADH jariatzea eragiten dute, giltzurrunetan birxurgapena eraginez ur gehiago lortzeko.

Adenohipofisiak jariatutakoak:

a) hormona tropikoak

ACTH → Hipotalamoak CRH jariatzen du adenohipofisian, bertan ACTH jariatzea eraginez. Hipotalamoak CRH jariatzen du estresa detektatzean. ACTH hormona tropikoa da guruin adrenalean eragiten baitu.

TSH → Hipotalamoak TRH jariatzen du tenperaturaren aldaketak detektatzean estimulu neuronal bidez. Ondoren adenohipofisiak TSH (tiroideko hormona erregulatzen dituen hormona) jariatuko du bihotz, giltzurrun ... era iritsiko delarik, oxigeno kontsumoa handituz eta bero gehiago askatuz horrela. Hortaz TSH hormona tropikoa da ere.

- Hipertiroidea → Argaltzera jotzen dugu, izan ere TSH k oxigeno kontsumo handia eragiten du. Hau da, ehunen tasa metabolikoa oso altua da.

- Hipotiroidea → Kontrako prozesua, TSH gutxi jariatzearen ondorioz tasa metaboliko baxua izango dugu eta loditzera joko dugu.

LH eta FSH hormonak → Gonadetan ekoizten diren hormonon askapenaz arduratzen dira, hormona tropikoak dira hortaz.

LH: hormona sexualen sintesia eta jariapena bultzatzen ditu.

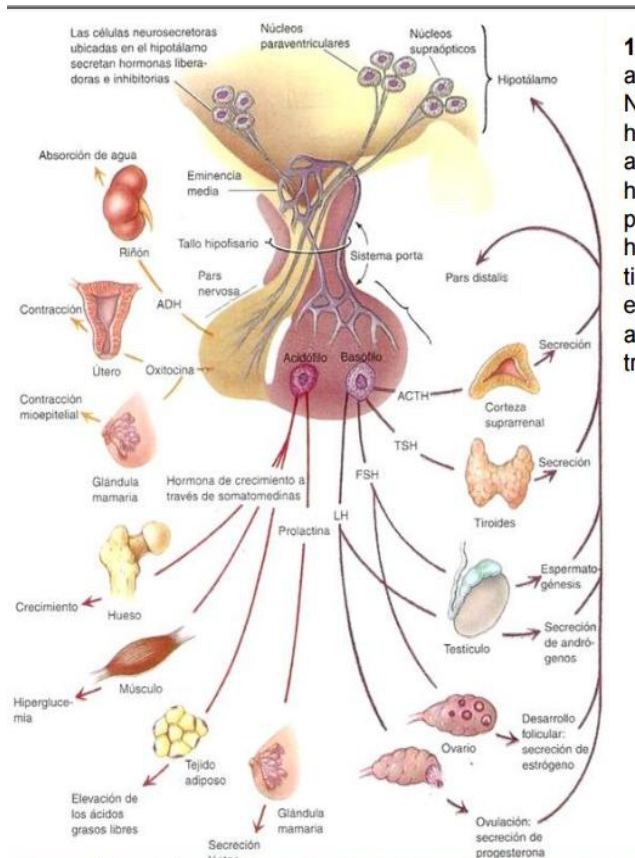
FSH: arretan esperma sortzea eragiten du eta emetan folikuluaren garapenean parte hartzen du

b)Itu zeluletan eragin zuzena duten hormonak.

- **Askuntza hormona edo somatotropina:**→ Gorputzeko zelula guztiak dira hormona honentzako itu zelulak organismoaren hazkuntza kontrolatzen baitu. Somatotropinaren eraginez gibelean intsulina askatzen da, eta horrela, odoleko glukosa kontzentrazioa emendatu eta zelulek hazkuntzarako beharrezkoa duten energia iturri nagusia eskuragarri izateko. Bestalde, beste zenbait ehunetan ekintza metabolikoak aktibatzen ditu.

- **Melanozitoen hormona (MSH):**→ Ez da ugaztunetan aurkitzen, baizik eta anfibio, arrain eta narrastietan. Azalaren kolorea kontrolatzen du, hau ilunduaraziz. Ugaztunetan hormona erresidual bezala aurkitzen da, hau da ez du funtziorik gauzatzen.

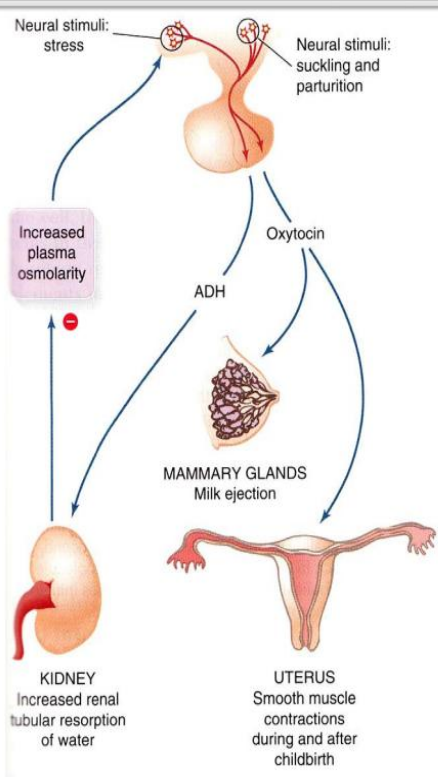
- **Prolaktina:** → Ugaztunetan ugatz guruinak ditu itu ehun, haurdunaldiari loturiko laktantzian parte hartuz. Orokorrean ornodunetan fetoaren hazkuntzan, ioien eta uraren osmoerregulazioan eta ugalketan eragina du.



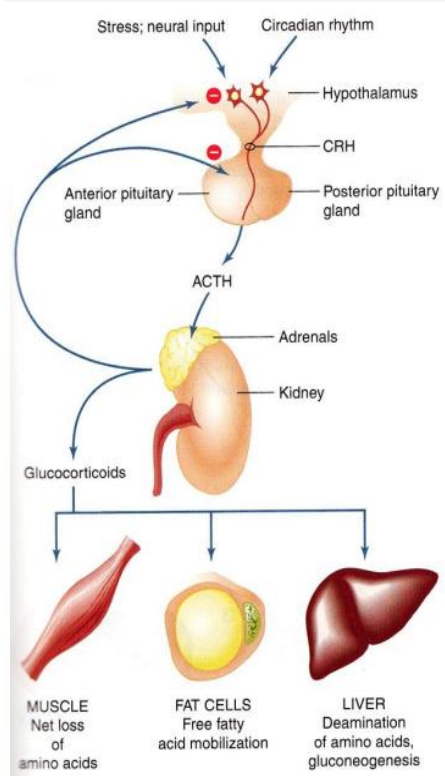
15.4. Irudia. Hipotalamo-hipofisia sistemak askatzen dituzten hormona ezberdinak. Neurohipofisiaren bitartez hipotalamoko hormona antidiuretiko (ADH) eta oxitocina askatzen dira. Adenohipofisian beste sei hormona askatzen dira: Hazkuntza hormona, prolaktina, hormona luteinizatzailea (LH), hormona folikulu estimulatzailea (FSH), tirotropina edo tiroidearen hormona estimulatzailea (TSH) eta hormona adrenokortikotropikoa (ACTH). Azken laurak tropinak dira.

15.2. Taula. Adenohipofisiko hormonak, itu-ehuna eta eragina.

| Adenohipofisiko hormonak | | |
|--|---|--|
| HORMONA | XEDE-EHUNA | AKZIO NAGUSIAK |
| ACTH (kortikotropina) | Kortex suprarenala | Glukortikoideen jariaketa estimulatzen du (kortisola) |
| TSH (tirotropina) | Tiroide guruina | Tiroide-hormonen jariaketa estimulatzen du (T4 eta T3) |
| GH (somatotropina) Hazkuntza hormona | Ehun gehienak | Proteinen sintesia eta hazkuntza estimulatzen du. Lipolisia eta odol-glukosaren handitzea indultzen du. |
| FSH (folitropina) Folikuluaren hormona estimulatzailea | Gonadak | Gametoen (obuluak eta espermatozoideak) ekoizpena bultzatzen du eta emakumeengan estrogenoen ekoizpena estimulatzen du |
| PRL (prolaktina) | Ugatz-guruinak eta beste sexu-organo batzuk | Amagandiko edoskitzean esne-ekoizpena estimulatzen du; eta beste efektu batzuk |
| LH (lutropina) Hormona luteinizatzailea | Gonadak | Sexu-hormonen jariaketa estimulatzen du; emakumeengan obulazioa eta gorputz luteoaren sorruntza; gizonengan testosteronaren jariaketa. |

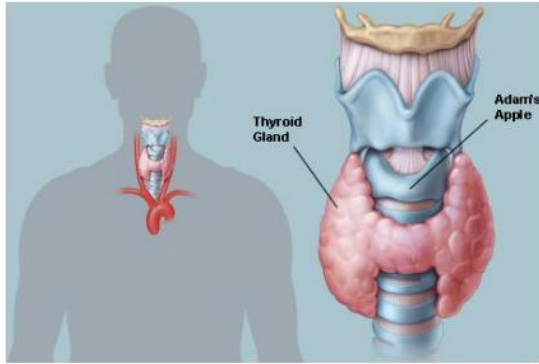


15.5. Irudia. Neurohipofisiak askatutako bi hormonek erditzean eta edoskitze aldian zehar (oxitoxina) edo ur balantzean (hormona antidiuretikoak, ADH) eragiten dute.

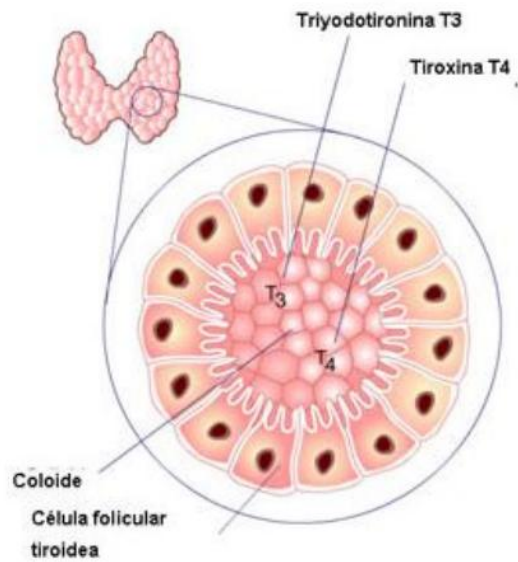


15.7. Irudia. Nerbio sistemak eta atzeelikapen prozesuek glukokortikoideen jariatzea eta hauek iturritan duten eragina kontrolatzen dute. Hormona hauek odoleko glukosa kontzentrazioaren emendioa eta gibelean glukosa berriaren sintesia sustatzen ditu.

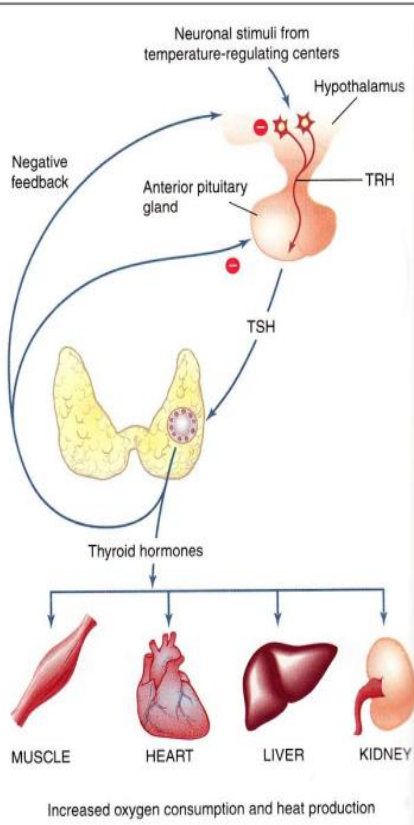
15.7. Guruin adrenal giltzurrunen gainean kokatzen da eta bertan hormona ezberdinak sintetizatzen dira. Kortex adrenaleko hormonak askapena hipotalamo-hipofisi sistemaren menpe dago, muiñ adrenalekoak ordea, nerbio sistema sinpatikoaren menpe. Guruin adrenalearen azalean hainbat hormona sexual eta glukokortikoideak aurkitzen dira. Glukokortikoideak hipotalamo-hipofisi sistemaren menpe daude. Hipotalamoak CRH hormona askatzen du eta sistema portalaren bidez adrenohipofisira heldu eta ACTH hormona tropikoa jariatzea eragingo du. Honek, guruin adrenaleko kortexean ekoizten diren glukokortikoideen jariatzean eragina izango du. Glukokortikoideek glukosaren kontzentrazioaren gain eragina dute, eta esnatzen garenean askatzen dira glukosa mobilizatuz eta aktibitateko prest jarriz organismoa, odoleko glukosa kontzentrazio gutxipena izanik glukokortikoideen jariatzea bultzatuko duen kinada. Organo desbedinetan eragin desbedina sortzen du, gibelean glukoneogenesis eman eta glukosa askatzea helburu duen bidez. Muskuluko aminoazidoak askatzen ditu, gibelean deshaminatu eta glukosa bihurtzeko.



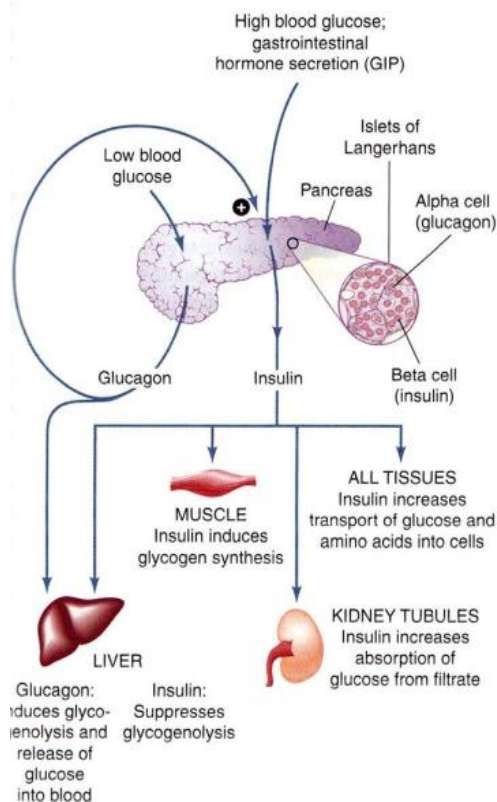
15.8. Irudia. Tiroideko zelula folikularrek triiodotironina (T3) eta tiroxina (T4) hormonak ekoizten dituzte. Hormona hauek termogenesisian, karbohidrato eta lipidoen metabolismoan, hazkuntza prozesuan, proteinen sintesian,... dute eragina.



Hipotalamoak tiotropina (TRH) askatzen du sistema portalaren bidez adrenohipofisian eragingo duena TSH askatuz. Azken honek tiroidea kitzikatuko du, T3 eta T4 hormonaren askapena eraginaraziz. Bi hormona hauek itu-ehunetan aktibitatea areagotzen dute, ATP-ren kontsumoa handituz eta bero gehiago ekoiztuz. Hormona tiroideo hauek termogenesisian, hazkuntzan, mudan etab. hartuko dute parte. Prozesu hau eragiten duen kinada tenperatura jaitziera bat izan daiteke.



15.9. Irudia. Hormona tiroideoak. Azalaren tenperatura baxuek TSHren askapenerako hormonaren (TRH) jariatzea eragiten du. Honek hormona tiroideoen askapena bultzatuko du eta muskulu eskeletiko eta kardiakoaren, gibelaren eta giltzurrunaren aktibitatea areagotzen da berora sortuz.



15.11. Irudia. Areako hormonak, intulina eta glucagona odoleko glukosa mailan eragiten dute. Intulinarek askapenak ehunek glukosa bereganatzea dakar. Glucagonaren eragina intulinaren kontrakoa da.

16.GAIA. INTSEKTUEN SISTEMA ENDOKRINOA.

Intsektuen gazte hormona: Larba faseetan ugaria da eta oso kontzentrazio altuan izaten dute. Ondoren, muda aldatzean gazte hormona atari mailatik behera badago muda ondoren ez da larba agertuko eta pupa agertuko da. Ondoren bere kontzentrazioa handituko da berriro, ugalketa funtzioetan parte hartzen duelako.

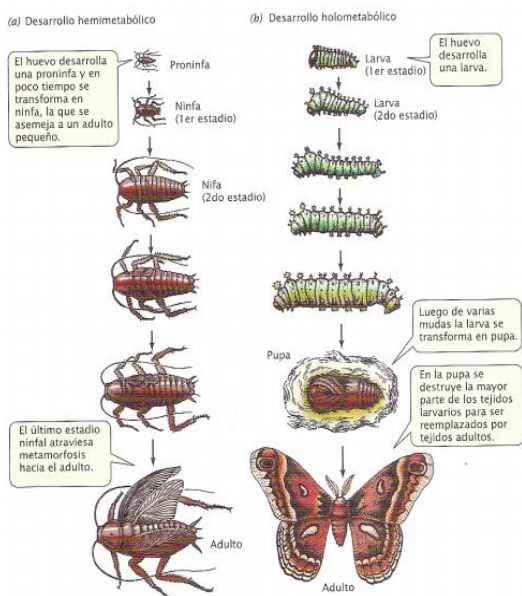
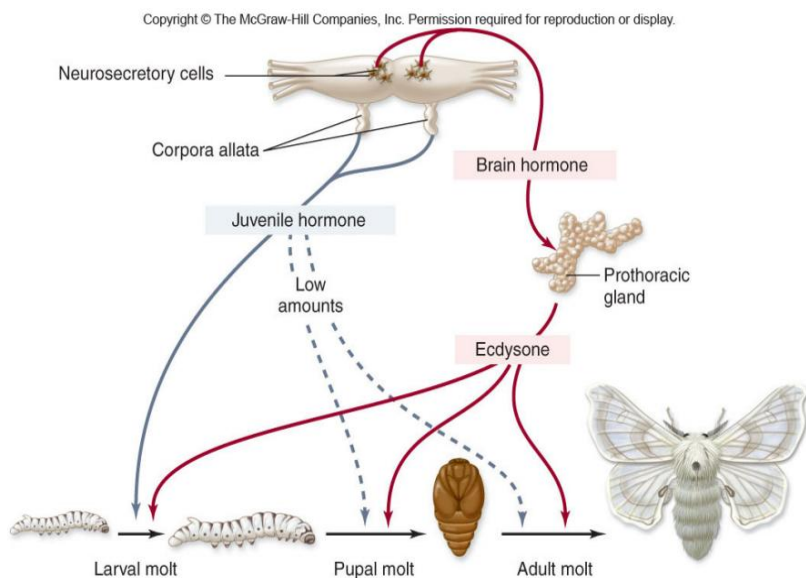


Fig. 14.16 Dos tipos de metamorfosis La mayoría de los insectos poseen un desarrollo que puede ser (a) hemimetabólico u (b) holometabólico.

Intsektuek zelula neurojariatzaileak dituzte eta hauek jariatzen dituzten neurohormona batzuen bidez guruin protorazikoak kitzikatuko dituzte. Guruin protorazikoek eptisona jariatuko dute kitzikatuak direnean. Eptisona hormona muda kontrolatzen duen hormona da, eta eptisona pikoak behar dira muda aldatzeko, hau da kontzentrazioa ez da konstantea izan behar. Konstantea balitz beti larba fasean egongo lirarteke eta intsektuak.

Korpora alata ehun endokrinoetatik gazte hormona jariatzen dute. Gazte hormona



kontzentrazioak gora egitean eptisona kontzentrazioak ere gora egiten du eta momentu honetan muda gertatuko da eta larba handiago bat sortuko da. Gazte hormona kontzentrazioa jaisten bada eta ondoren eptisona jariatzen bada muda gertatuko da ere, baina sortuko dena PUPA izango da. Ondoren, gazte hormona kontzentrazioa balio minimoetan egongo da eta zerebroak aginduta eptisona jariatuko da berriz ere, muda gertatuz eta organismo heldua sortuz. Organismo helduan gazte hormona kontzentrazioak gora egingo du berriz ere, ia ez hazteko funtzioarekin baizik eta ugaltzeko funtzioarekin.

| Hormona | Tipo de molécula | Tipo de señal | Sitio de secreción | Principal tejido diana | Acción |
|---|--|----------------|--|--|--|
| Hormona protoracotrófica (HPTT) | Proteína (peso molecular ~ 5000) | Neuroendocrina | Cerebro, con terminaciones axónicas que se extienden a los cuerpos alados. | Glándulas protorácicas. | Inicia el proceso de muda (ecdisis) al estimular la liberación de ecdisona de las glándulas protorácicas. |
| Ecdisona (hormona de la muda) | Esteroide | Endocrina | Glándulas protorácicas en larvas; ovarios en los adultos. | Epidermis en larvas; cuerpo grasoso en adultos. | Una vez activada a 20-hidroxiecdisona promueve mecanismos celulares para degradar la cutícula vieja y sintetizar una nueva; estimula la producción de proteínas de la yema en adultos. |
| Hormona juvenil (HJ) | Terpeno (derivado de ácido graso) | Endocrina | Cuerpos alados. | Epidermis en larvas o ninfas; ovario en adultos. | Se opone a la formación de estructuras adultas y promueve la formación de estructuras de larvas o ninfas; funciona como gonadotropina en el adulto. |
| Hormona de la eclosión (HDE) | Péptido | Neuroendocrina | Cerebro | Células Inka, posiblemente otros. | Promueve la secreción de HPTT por las células Inka. |
| Hormona iniciadora de preecdisis (HIPE) | Péptido | Endocrina | Células Inka de la tráquea. | Circuitos neuronales en cerebro. | Coordina programas motores para preparar para el desprendimiento de la cutícula. |
| Hormona iniciadora de ecdisis (HIE) | Péptido | Endocrina | Células Inka de la tráquea. | Circuitos neuronales en cerebro. | Coordina los programas motores finales para escapar de la vieja cutícula. |
| Bursicona | Gran proteína (peso molecular ~ 35000) | Neuroendocrina | Cerebro y cordón nervioso. | Cutícula y epidermis. | Endurece y oscurece la nueva cutícula. |

HPTT (hormona protoracotrófica) → zerebroak sintetizatzen duen neurohormona da. Proteina bat da eta honek guruin prototorazikoak kitzikatuko ditu, guruin hauek ecdisona jariatzea eraginez.

Gazte hormona → gantz azido batetik eratorria den hormona da eta karpora alatak sintetizatzen du. Bere eragina epidermisan (larbetan) eta obarioetan (helduetan) izango da.

17. GAIA.METABOLISMOA.

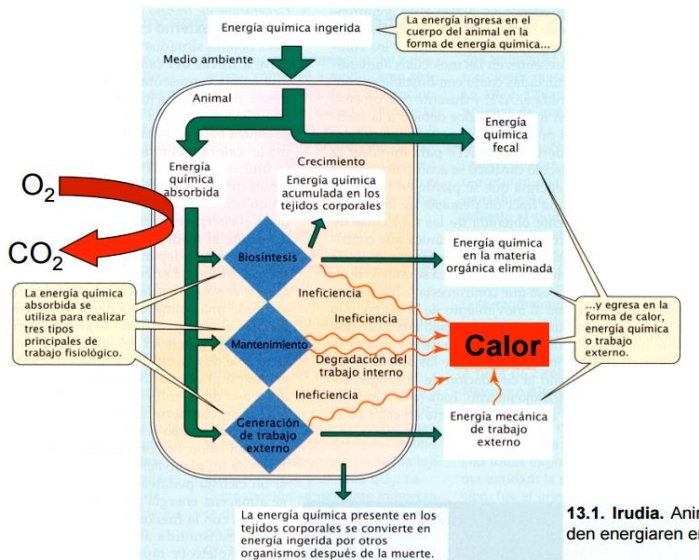
Animaliek energia eskuratu behar dute bizi funtzio desberdinak burutzeko. Animalia guztiak heterotrofoak direnez, energia hau janariatatik lortzen dute. Janaria sustratu metaboliko bihurtu eta hauek erretzean energia lortzen dute.

ZERTARAKO BEHAR DUTE ENERGIA ANIMALIEK:

- 1) Zelulak eta funtzioak mantentzeko: ioien eta beste zenbait substantzien ponpaketa, odol-zirkulazioa, arnasketa, nerbio-koordinazioa, digestio-sistema, muskulua...
- 2) Biomazaren sintesirako: hazkuntza gertatzeko beharrezkoa den ehunen sintesia.
- 3) Azkenean ingurunera jariatuko diren konposatu organikoen sintesirako: gametoak, esnea, muki-sekrezioak, exoeskeletoa,...
- 4) Aktibitatea garatzeko: lokomozioa, habiak eraikitzea, iragazketa, ...

Janaria gehienetan digestio hodian zehar barneratzen dugu eta ondoren makromolekulen hidrolisia gertatzen da entzima hidrolitikoaren bitartez. Hidrolisia beharrezkoa guk mantengaiak xurgatu ahal izateko, izan ere, xurgatu gabe trakto digestiboan gelditzen diren molekulak

animaliok ezin ditugu erabili. Ondoren, xurgatutako molekulak zeluletaraino garraiatzen dira, bertan mitokondrioetan oxidatuak izan daitezten. Zirkulazio sistemak garraiatuko ditu sustratu metabolikoak eta oxigenoa zeluletaraino bertan oxidazioa gertatu eta energia lortu ahal izateko. Lortzen den energiarekin kanpo lana zein barne egiturak eustea ahalbidetzen da. Energiarekin parte bat bero moduan askatzen da ere, eta bero honen bidez animalia-aren tasa metabolikoa neurtu daiteke, izan ere, bero kantitatea neurtzea metabolismoa neurtzeko



13.1. Irudia. Anir den energiaren er

modu zuzenena da.

Lavoisierren kalorimetroa → animalia baten bero ekoizpenaren ondorioz urtzen zen izotz kantitatea neurtu zuen. Honela, animalia baten tasa metabolikoa neurtu zuen. Kalorimetro honek bi ganbera zeuzkan, bigarren ganbera izotzez osatua zegoen ere, eta barneko izotz ganbera kanpo mediotik babesteko funtzioa zuen.



Metabolismoaren jardura maila desberdinak:

- ❖ **Basala:** Oso zaila da neurtzea. Animalia mugitu gabe, digestiorik egin gabe egon beharko luke. Esaterako gizakion kasuko koma egoera bat izan daiteke.
- ❖ **Estandarra:** jardura basala zaila denez kalkulatzeko, hau da neurtzen dena. Hurbilketa bat da, esaterako ohean etzanda gaudenean eta baraualdian.
- ❖ **Ohikoa :** Ohiko jardura batean gaudenean. Normalean laborategiko baldintzei egiten die erreferentzia. Elikatuak eta tenperatura jakinean dauden animaliak.
- ❖ **Maximoa:** Mugitzen ari den animalia baten jardura maila da. Adibidez, ariketa bat egiten dagoenean bere tasa metaboliko maximoa aurkeztuko du animaliak.

TASA (INDIZE) METABOLIKOAREN NEURKETA.

•**Tasa metabolikoa:** zein abiaduratan erabiltzen/gastatzen duen animaliak xurgatu duen energia, lan fisiologikoa burutzeko.

•Makinaria fisiologikoa jardura bere osotasunean kuantifikatzen dugu tasa metabolikoa bidez.

•Badaude oinarriko koste batzuk, finkoak,(basalak: ioien gradienteak, proteinen turnover-a...) eta hortik gora gastua aldarra da, jardura-mailaren arabera.

•Neurtzeko modua: zuzena, edo zeharka.

Tasa metabolikoa neurtzeko garrantzitsua da aipatutako jardura maila jakitea.

Neurtzeko modu desberdinak:

- ❖ Zuzena: Kalorimetro bidez egiten da, substantzien bero ekoizpena jakiteko erabiltzen da. Oso gutxitan erabiltzen da.
- ❖ Ez- zuzena: Gehienetan erabiltzen den metodoa da. Errespirometroaren bidez egiten da, eta horrela animalien arnas kontsumoa neurtzen da. Vinder edota zunda bidez egiten da (zundak ere vinder aren bidez kalibratzen dira). Oxigeno kontsumoa neurtzen da tasa metabolikoa kalkulatzeko. Beraz, onartzen ari gea animalia horrek oxigenoa erabiltzen duela elektroioi azken hartzaile bezala. Metabolismo anaerobikoa badute ezin izango zen kalkulatu. Hala ere, normalean animaliek metabolismo aerobioa erabiltzen dute oxigenoa badute inguruan.

13.1. Taula. Bero ekoizpenaren eta O₂ kontsumoaren edota CO₂ ekoizpenaren arteko erlazioa, karbohidrato, lipido eta proteinen katabolismo aerobioan zehar.

| Producto alimenticio | Calor generado por unidad de O ₂ consumido (J/mL O ₂) | Calor generado por unidad de CO ₂ producido (J/mL CO ₂) |
|------------------------|--|--|
| Hidratos de carbono | 21,1 | 21,1 |
| Lípidos | 19,8 | 27,9 |
| Proteínas ^a | 18,7 | 23,3 |

Glukosa bat erretzean → O₂ eta CO₂, 1-1 proportzioan erabiltzen direnez, mL ko askatzen den beroa berdina da.



Lipidoetan → O₂ bakoitzeko CO₂ gehiago askatzen dira, eta hortaz CO₂ mL bakoitzeko lipido gehiago erretzen dira.

Proteinak → O₂ gehiago behar da ere CO₂ aren proportziora iristeko.

Hiruen aldagarritasuna txikia da, edozein sustantzia erretzen dela onartzen dugu O₂ kontsumo jakin bat erabiltzen dela. Baliokide oxikalorikoa : 1mL = 20 J. Balio hau bat az besteko bat da, onartuta dago eta 1mL oxigeno erabilita 20 J askatzen direla. Ohikoena hiruen nahastea erretzea denez, denen bat az bestekoa onartuta dago eta akatsa txikia izango da.

CO₂ ez da erabiltzen erreferentzi bezala beroa neurtzeko bere aldagarritasuna handiagoa delako erretzen den sustantziaren arabera.

Actinia equina knidarioaren metabolismo eta arnas kontsumoaren datuak.

| Airean egondako denbora (orduak) | Q _h (J/g h) | VO ₂ (mg/g h) | Q _{ox} (J/g h) | Q _h /Q _{ox} | |
|---|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|------|
| Marearteko animaliak | | | | | |
|  | 2 | 4,65 | 0,24 | 4,63 | 1,00 |
| | 3 | 4,47 | 0,22 | 4,25 | 1,05 |
| | 4 | 4,23 | 0,22 | 4,25 | 1,04 |
| | 5 | 4,09 | 0,21 | 4,05 | 1,01 |
| Mareazpiko animaliak | | | | | |
|  | 2 | 4,81 | 0,21 | 4,05 | 1,19 |
| | 3 | 4,88 | 0,20 | 3,86 | 1,26 |
| | 4 | 4,77 | 0,19 | 3,67 | 1,30 |
| | 5 | 4,77 | 0,19 | 3,67 | 1,30 |

Q_h: bero askapena

VO₂ : oxigeno kontsumoa.

Q_{ox} : oxigenoaren kontsumoan oinarritutako bero askapena.

Q_h/Q_{ox} = 1 izatetik hurbil badago, ondo dago eginda estimazioa.

Marearteko vs mareazpiko aktiniak.

-Mareazpikoek beti ura dute

-Biei uretatik kanpo utzi zaie eta oxigeno kontsumoa ikusi da

-Denborarekin oxigeno kontsumoa jaitsi egin da

$VO_2 \times 20 = Q_{O_2}$ ateratzeko

Marearteko aktinietan: uretatik kanpo arnastera ohituta daudenez $Q_h/Q_{O_2} = 1$ inguru.

Mareazpikoetan : VO_x txikiagoa izan zen, $Q_h/Q_{O_2} > 1$ izan zen hortaz, 1.2 ingurukoa. Honek esan nahi du, bero ekoizpena handiagoa dela benetan oxigeno kontsumoak adierazten duena baino. Hau da, animalia hauek bide anaerobikoak erabili dituzte ere euren metabolismoan, eta hau ezin dugu oxigeno kontsumo bidez kalkulatu.

ANIMALIEN INDIZE METABOLIKOAN ERAGINA DUTEN FAKTOREAK.

1. Jarduera maila: mugimendu gehiago, tasa altuagoa.

2. Inguruko temperatura : ugaztun eta hegaztietan tasa handitzen da zona termoneutrotik behera, eta poikilotermoetan handitu egiten da temperatura igotzearekin batera.

Efektu txikiagoa duten faktoreak:

3. Janaria hartu izana : proteinek digestioa zailtzen dute, hau luzatuz. Jan ostean bero ekoizpena handitu egiten da

4. Gorputz tamaina : tasa metaboliko espezifikoak pisuarentzat handitu egiten da tamaina txikiagoa izan ahala.

5. Adina : pubertaroraino handitzen da tasa metabolikoa.

6. Sexua.

7. Inguruko oxigeno kontzentrazioa : [] txikitu ahala, tasa ere jaisten da, baino oso kontzentrazio txikian ez da gehiago jaisten.

8. Hormonen eragina: tasa handitzen da hormona tiroide asko izan ahala.

9. Egunaren ordua.

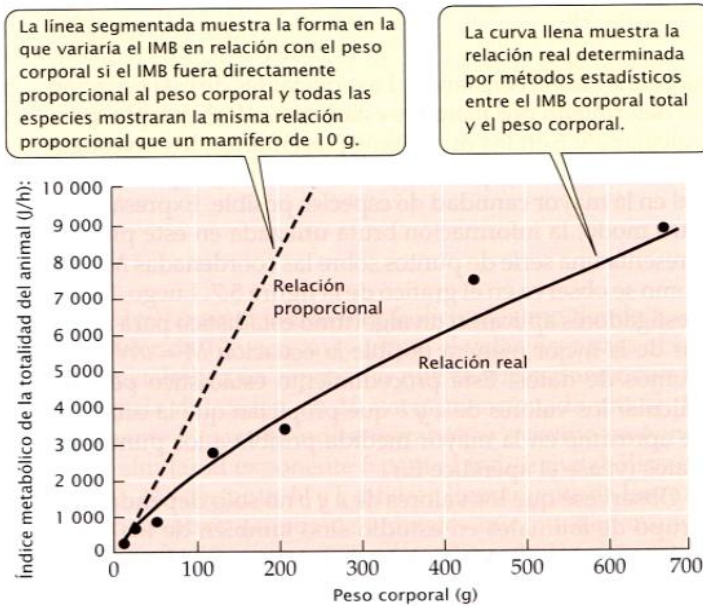
10. Uraren gatz kontzentrazioa.

13.2. Taula. Animalien indize metabolikoan eragina duten faktoreak.

| Factor | Respuesta del índice metabólico |
|---|---|
| Que ejercen un efecto de mayor magnitud | |
| Nivel de actividad física (p. ej., velocidad de la carrera) | ↑ a medida que aumenta el nivel de actividad. |
| Temperatura ambiental | <i>Mamíferos y otros homeotermos:</i> Mínima en la zona termoneutra. ↑ debajo de la zona termoneutra. ↑ arriba de la zona termoneutra. <i>Peces y otros poiquilotermos.</i> ↑ a medida que aumenta la temperatura. ↓ a medida que disminuye la temperatura. |
| Que ejercen un efecto de menor magnitud | |
| Ingestión de una comida (sobre todo si contiene abundantes proteínas) | ↑ durante varias horas después de la ingestión. |
| Tamaño corporal | El índice metabólico específico para el peso ↑ a medida que el tamaño ↓. |
| Edad | Variable; en el ser humano, el índice metabólico específico para el peso ↑ hasta la pubertad y luego ↓. |
| Sexo | Variable; en el ser humano ↑ en el hombre. |
| Nivel de O ₂ ambiental | Con frecuencia ↓ a medida que el nivel de O ₂ ↓ por debajo de un valor umbral, pero no se modifica por encima del umbral. |
| Estado hormonal | Variable; por ejemplo: ↑ con una secreción excesiva de hormonas tiroideas en los mamíferos. |
| Hora del día | Variable; en el ser humano ↑ durante el día. |
| Salinidad del agua (animales acuáticos) | Variable; en los cangrejos marinos osmorreguladores ↑ en el agua diluida. |

METABOLISMOA ETA GORPUTZ TAMAINAREN ERAGINA.

Zenbat eta handiagoa izan, pisu unitateko tasa metaboliko txikiagoa da. Animalia handi batek oxigeno gehiago behar du, baino pisu unitateko askoz ere gutxiago behar du elefante batek sagu batek baino. Elefante batek pisu unitateko sagu batek bezain oxigeno kantitate berdina erabiliko balu, fisikoki erreko zen. Izan ere, elefantea ez zan gai izango sortu duen bero guzti hori disipatzeko.



13.3. Irudia. Indize metaboliko basalaren (IMB) eta pisuaren arteko erlazioa.

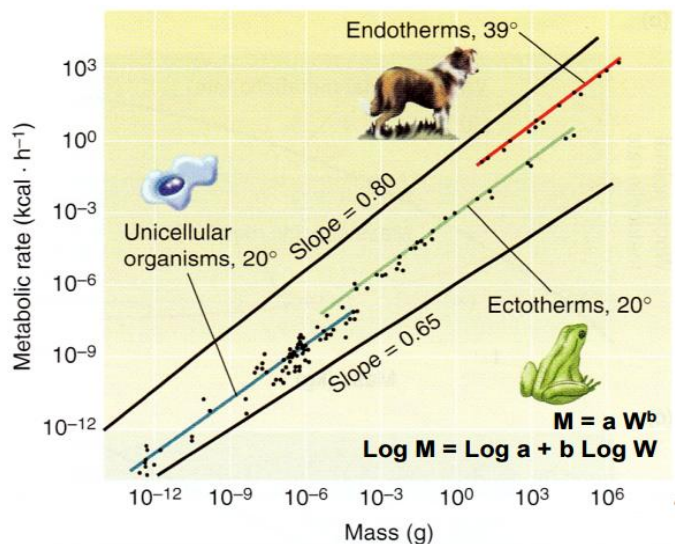
$$M = aW^b \rightarrow \log M = \log a + b \log W$$

W: pisua

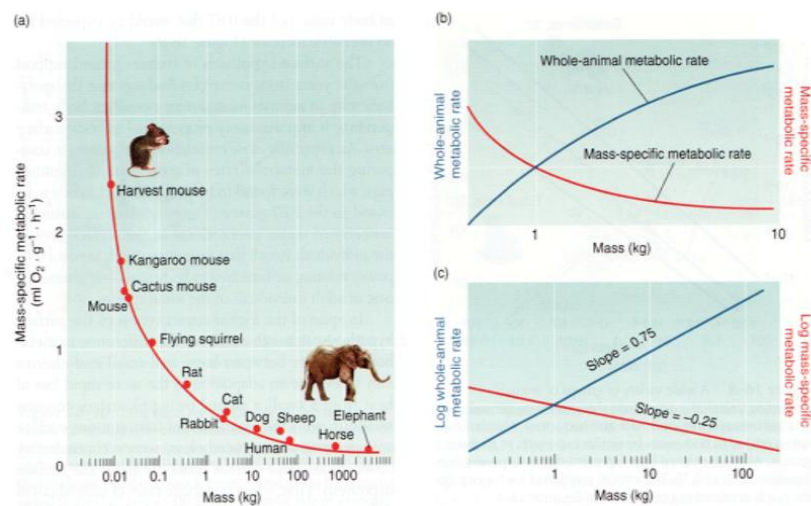
B: potentzia, malda. B 0,8 eta 0,65 tartean aurkitzen da beti, 0,75 inguru.

A : ebakitze puntua.

Tamainarekin indize metaboliko espezifikoa (mL O₂/ h) behera egiten duela ikusten da grafikoan, hau espezieen artean ematen den arau unibertsala da. Maldaren tamaina aldatu egin daiteke beste aldetik.



13.4. Irudia. Animalia gehienek antzeko erlazio erakusten dute tasa metabolikoaren eta pisuaren artean.



13.5. Irudia. a) Pisuarekiko IMB espezifikoa pisuarekin batera murrizten da. b) eta c) tasa metabolikoak eta pisuarekiko espezifikoa den tasa metabolikoak pisuarekin duten erlazioa (eredu orokorrak).

Ez da ezagutzen zergatik gertatzen den hau, eta zergatik tasa metaboliko espezifikoa ez den proportzionalki hazten tamainarekin. Hasieran, bihotz tamainaren diferentzia izan daitekeela zergati horren arrazoi uste zen. Izan ere, handiek proportzionalki bihotz tamaina txikiagoa dute, hala ere, ikusi da erlaziorik ez dagoela bihotz tamaina eta tasa metabolikoaren artean. Taupada maiztasunari behatu zitzaion ondoren, eta ikusi zen maiztasun handiagoa dutela animalia txikiek. Ikusi da, taupada maiztasunarekin badagoela erlazio nabarmena. Animalia txikien ehunek oxigenoa erretzen dute oso abiadura handian, hau da elikagai asko behar dute pisu unitateko eta metabolismo azkar hori mantentzeko. Arratoi batek errinozeronte batek baino askoz ere elikagai gehiago beharko du proportzionalki, hau da ere umetxo jaioberrien kasua (etengabe jaten daude).

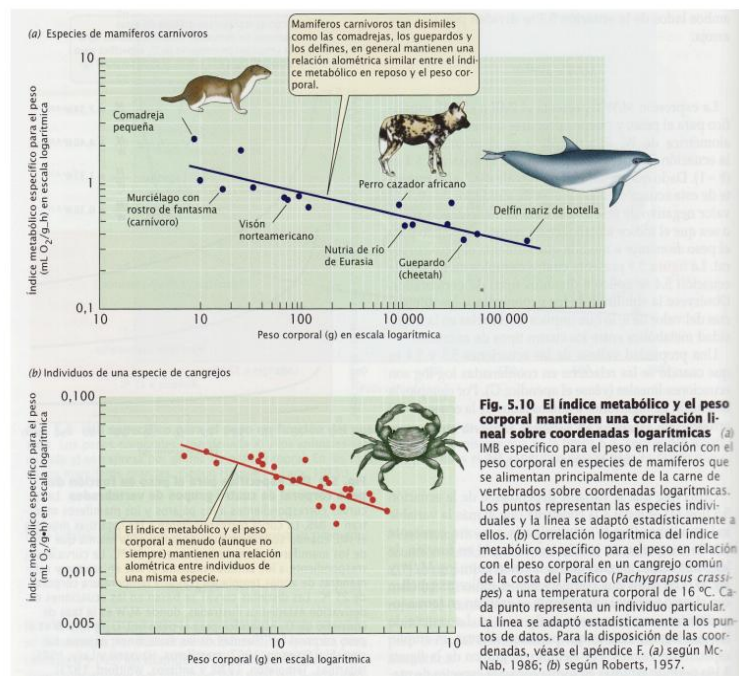


Fig. 5.10 El índice metabólico y el peso corporal mantienen una correlación lineal sobre coordenadas logarítmicas (a) IMB específico para el peso corporal en especies de mamíferos que se alimentan principalmente de la carne de vertebrados sobre coordenadas logarítmicas. Los puntos representan las especies individuales y la línea se adaptó estadísticamente a ellos. (b) Correlación logarítmica del índice metabólico específico para el peso corporal en un cangrejo común de la costa del Pacífico (*Pachygrapsus crassipes*) a una temperatura corporal de 16 °C. Cada punto representa un individuo particular. La línea se adaptó estadísticamente a los puntos de datos. Para la disposición de las coordenadas, véase el apéndice F. (a) según McNab, 1986; (b) según Roberts, 1957.

13.3. Taula. Atsedeneko taupada-maiztasunak eta bihotz tamainak pisuarekin duten erlazioa, zazpi ugaztun espezieetan.

| Especie y peso corporal promedio | Frecuencia cardíaca en reposo (latidos/minuto) ^a | Peso del corazón por unidad de peso corporal (g/kg) ^b |
|----------------------------------|---|--|
| Elefante africano (4100 kg). | 40 | 5,5 |
| Caballo (420 kg). | 47 | 7,5 |
| Ser humano (69 kg). | 70 | 5,2 |
| Perro doméstico (19 kg). | 105 | 9,2 |
| Gato doméstico (3 kg). | 179 | 4,1 |
| Rata de los tejados (0,34 kg). | 340 | 2,9 |
| Ratón de laboratorio (0,03 kg). | 580 | 4 |

Fuente: según Seymour y Blaylock, 2000.

^aSegún la fuente de la que provienen estos datos, la relación estadística entre la frecuencia cardíaca en reposo (*FCR*) y el peso corporal (*W*) en los mamíferos es $FCR \text{ (latidos/minuto)} = 227W^{-0.23}$, donde se expresa en kilogramos.

^bAunque el peso cardíaco por unidad de peso corporal es variable, la relación con el tamaño corporal es inconstante.

Bi hipotesi garatu dira tasa metaboliko eta pisuaren arteko erlazio alometrikoa azaltzeko.

- ❖ **Fractal teoria** : Zirkulazio sistemaren adarkatzeak ondo egokitzen zaio teoriari. Teoria honek eskala desberdinetan forma geometrikoen errepikatzeak daudela dio.
- ❖ **Teoria multifaktoriala** : beste prozesuen alometriaren ondorioz integratzen den alometria. Egoera lasai eta estresgabean (ezer egiten) , hau da egoera basal batean, lau prozesu bakarrik gertatzen dira, proteinen sintesia, ioi gradiantea... Egoera honetan, metabolismoaren malda edo koefizientea IMB (indize metaboliko basala) 0,75 izaten da. Lan aerobiko nagusia egiten gaudenean ordea, oxigeno gehiago arnastu eta garraiatzen da eta IMB= 0,85 izaten da

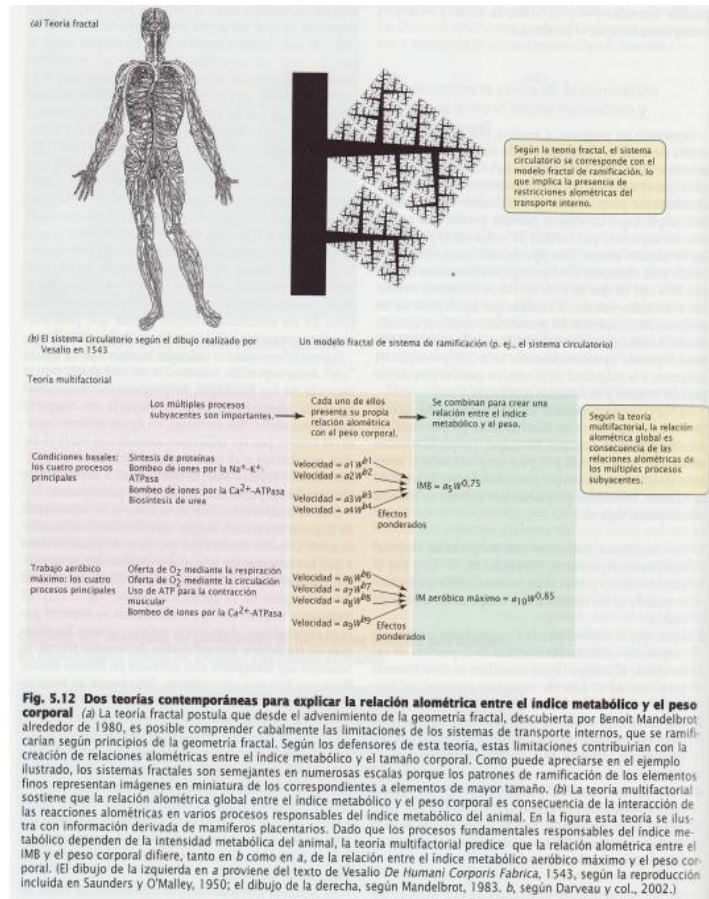


Fig. 5.12 Dos teorías contemporáneas para explicar la relación alométrica entre el índice metabólico y el peso corporal (a) La teoría fractal postula que desde el advenimiento de la geometría fractal, descubierta por Benoit Mandelbrot alrededor de 1980, es posible comprender cabalmente las limitaciones de los sistemas de transporte internos, que se ramificarían según principios de la geometría fractal. Según los defensores de esta teoría, estas limitaciones contribuirían con la creación de relaciones alométricas entre el índice metabólico y el tamaño corporal. Como puede apreciarse en el ejemplo ilustrado, los sistemas fractales son semejantes en numerosas escalas porque los patrones de ramificación de los elementos finos representan imágenes en miniatura de los correspondientes a elementos de mayor tamaño. (b) La teoría multifactorial sostiene que la relación alométrica global entre el índice metabólico y el peso corporal es consecuencia de la interacción de las reacciones alométricas en varios procesos responsables del índice metabólico del animal. En la figura esta teoría se ilustra con información derivada de mamíferos placentarios. Dado que los procesos fundamentales responsables del índice metabólico dependen de la intensidad metabólica del animal, la teoría multifactorial predice que la relación alométrica entre el IMB y el peso corporal difiere, tanto en *b* como en *a*, de la relación entre el índice metabólico aeróbico máximo y el peso corporal. (El dibujo de la izquierda en *a* proviene del texto de Vesalio *De Humani Corporis Fabrica*, 1543, según la reproducción incluida en Saunders y O'Malley, 1950; el dibujo de la derecha, según Mandelbrot, 1983. *b*, según Darveau y col., 2002.)

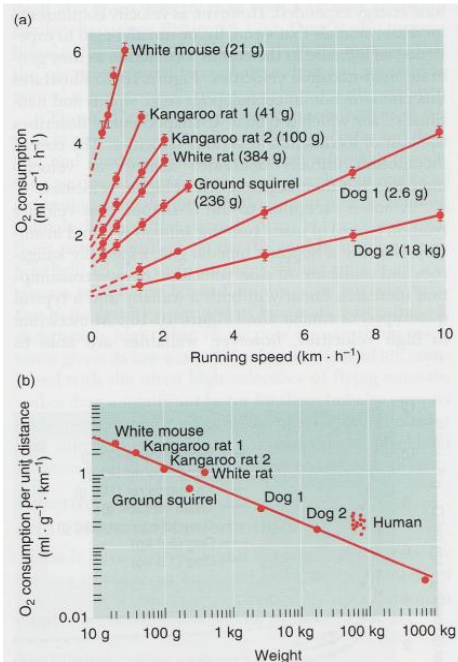
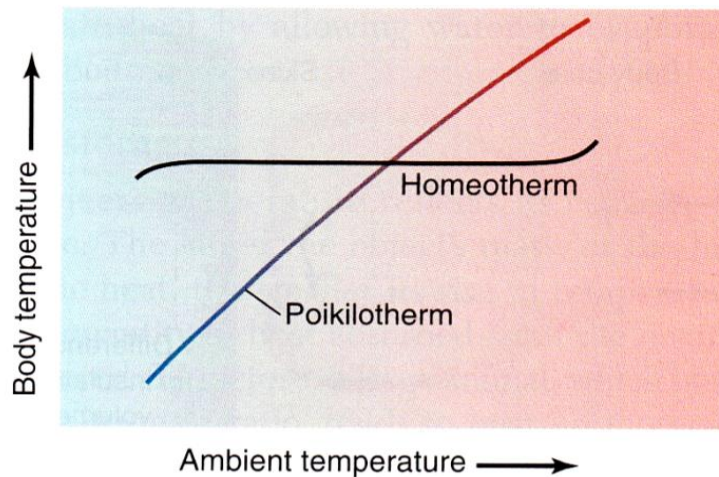


Figure 16-13 Metabolic rate during locomotion depends on both body size and velocity. (a) Relation between rate of oxygen consumption and running speed in mammals of different sizes. The slope of each plot represents the cost of transporting a unit mass over a unit distance. (b) Log-log plot of the metabolic cost of transporting 1 g a distance of 1 km in running mammals of different sizes. The cost of basal metabolism was subtracted before plotting the values. Data are from slopes of plots in part a. Values for tetrapods lie close to a straight line. [Adapted from Taylor et al., 1970.]

. Animali espezie bakoitzak bere indize metaboliko espezifikoa dauka pisu eta odol ponpaketa jakinarekiko.

18. GAIA. TEMPERATURAREN ERAGINA ANIMALIA POIKILOTERMOETAN.

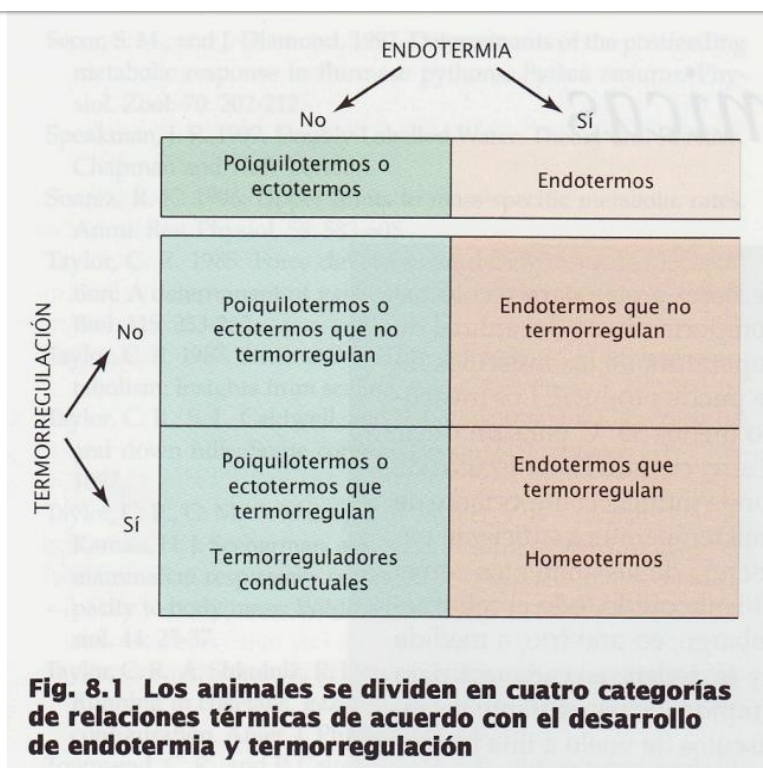


15.1. Irudia. Temperaturaren eraenketarako ereduak sailkatzeko eskema klasikoa.

Poikilothermoek inguruneko temperatura dute (poikilo= aldagarri), izan ere, animalia hauek ez dira gai euren gorputzeko temperatura konstante mantentzeko.. **Homeothermoek** aldiz, dagokien temperatura jakina dute, bai eta hau mantentzeko edo erregulatzeko gaitasuna nahiz eta inguruneko temperatura igo edo jaitsi (ugaztun eta hegaztiak dute soilik hau egiteko gaitasuna).

Poikilothermoengan temperaturaren igoerak metabolismoaren erreakzioen abiadura azkartzen du era zuzen batean, gorputzeko temperatura ere handituz.

Homeothermo izatea oso garestia da, izan ere temperatura konstante mantendu beharra dago. Hau mantentzea oso zaila izaten da elikagai urriak daudenean, energia gastu handia suposatzen duelako. Batzuk gai dira batzuetan poikilothermo bezala jokatzeko.



Badago beste irizpide bat ere animalien bero jatorriaren arabera animalia endogenoak eta exogenoak desberdintzeko.

Ektodermoen kasuan, beroak kanpo jatorria du, gehienak animalia poikilothermoak dira.

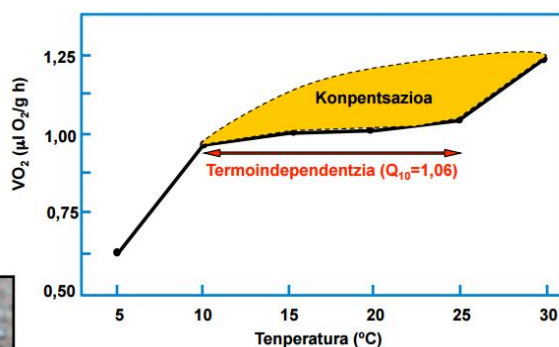
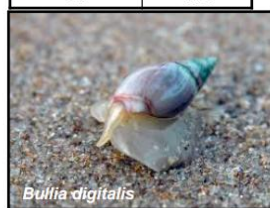
Endothermoetan beroak jatorri endogenoa du, hau da, animaliaaren metabolismo bere beroaren iturri da. Endothermoek errezagoa dute bero iturria erregulatzea eta temperatura konstante mantentzea, hortaz gehienak homeothermoak dira. Izan ere, endothermiak lagundu du homeothermia garatzen. Hala ere, badaude erregulatu ezin dutenak ere.

Animalia heterotermoak: ez dira ez homeotermo ez poikilotermoak,

- ❖ **Espaziala:** adib arrainetan, atuna. Zenbait muskuluren jarduera altua izateko. Jarduerarekin lortutako beroa askatu beharrean, mantendu egiten dute muskuluren inguruan (sistema berezi batez), muskuluren jarduera emendatuz.
- ❖ **Tenporala:** adib badaude zenbait suge, kumeak txitatzeko orduan euren burua enrollatu eta dardara bidez tenperaturaren igoera eragiten dute, ingurunekeo tenperatura baino handiagoa izatera iritsiz.

15.1 Taula. *Bullia digitalis* gastropodo itsastarraren tenperaturaren arabeko oxigeno-kontsumoa

| Esposizio T ^a (°C) | VO ₂ (μl/g h) |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 5 | 0.62 |
| 10 | 0.98 |
| 15 | 1.01 |
| 20 | 1.05 |
| 25 | 1.07 |
| 30 | 1.25 |



Q10 (5-30) = 1.32 Q10 (15-25) = 1.12
 Q10 (5-10) = 2.5 Q10(25-30) = 1.36
 Q10 (10-25) = 1.06

Esposizio tenperatura ezberdinetan jarriz, metabolismoa neurtu zitzaion. Q10 erabiltzen da tenperaturarekiko menpekotasuna neurtzeko, horrela hamar garduko aldean dauden desberdintasunak neur daitezke

$$Q_{10} = (k_2/k_1)^{10/(T_2 - T_1)}$$

Q₁₀ = 1 inguru denean esan nahi du animalia hau termoindependientea dela, hau da , tenperaturak ez du eraginik bere metabolismoan. Q₁₀ = 2-3 izatea ohikoa da 10°C ko aldean, honek termodependentsia balioa adieraziko luke

$$Q_{10} (5-30) = (1,25/0,62)^{10/(30-5)}$$

5-10 tartean → nahiko termodependentea da

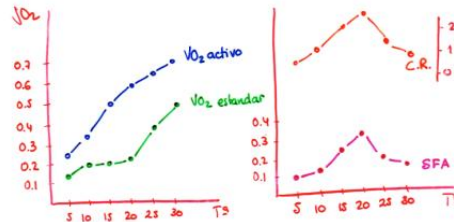
10-25 tartean → metabolismoa kte mantentzen du, termoindependientea da tarte honetan. (animaliek termodependentsia txikia dute beraiek bizi diren tenperatura balioetan).

T^o > 25 → termodependentea

Epe laburreko erantzunean ikusten da konpentsazioa, hau da, animalia bere ingurunetik atera eta berehala ematen duen erantzunean. Animalia honek, uretatik kanpo dagoenean, nonahi 10-25° tara dagoela termokonpentsazio gaitasuna izango du tenperatura tarte hortan eta hortaz termoindependentsia izango du. Animaliak tenperaturaren eragina konpentsatu dezake 10-25°C ko tenperatura tartean eta ohiko jarduera mantendu ahal izango du tarte honetan.

15.2. Taula. *Mytilus edulis* muskuiluren datuak.

| T° (°C) | VO ₂ estandarra (ml/g h) | Q ₁₀ | VO ₂ aktiboa (ml/g h) | Q ₁₀ | SFA VO ₂ A-VO ₂ S | C.R (l/h) |
|---------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------|---|-----------|
| | | | | | | |
| 5 | 0.15 | 1.6 | 0.25 | 1.96 | 0.10 | 0.5 |
| 10 | 0.19 | 1.34 | 0.35 | 2.04 | 0.16 | 1.0 |
| 15 | 0.22 | 1.29 | 0.50 | 1.44 | 0.28 | 1.5 |
| 20 | 0.25 | 2.95 | 0.60 | 1.14 | 0.35 | 1.9 |
| 25 | 0.43 | 1.35 | 0.64 | 1.09 | 0.21 | 1.3 |
| 30 | 0.50 | | 0.67 | | 0.17 | 1.0 |



15.2 irudia: Metabolismo estandarra eta aktiboa neurtu eta konparatzen dira. Animalia iragazleek elikagaiak eta oxigenoa organo berdinen bitartez eskuratzen dituzte. Termodependentzia altua erakusten dute 10-15°Ctik behera eta gora. Aktiboan menpekotasuna tenperaturarekiko independenteagoa da. Menpekotasunaren gakoa ikusita, O₂ ren kontsumoa ez da guztiz fidagarria anaerobiora jotzeko joera dutelako. Hortaz, metabolismo aktiboan ez da metabolismo osoa adierazten, izan ere, tenperatura oso altuetan seguraski animaliak metabolismo anaerobiora jotzen du, Q₁₀ oso baxua delako eta honek esan nahi du animaliak ezin duela behar duen O₂ guztia eskuratu.

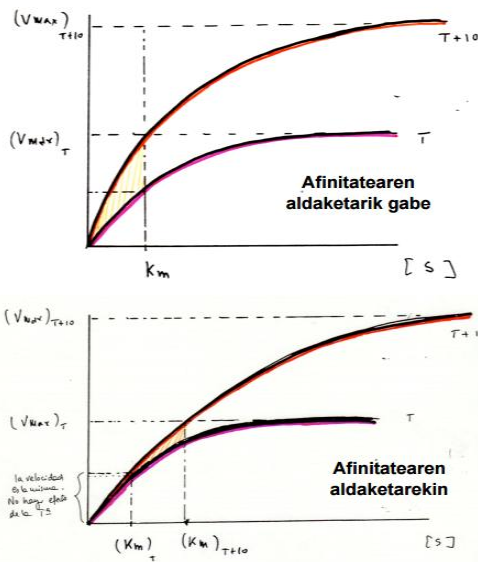
CR: zenbat ur filtratzen duen, filtrazio tasa.

SFA: jarduerak egiteko animaliak duen gaitasuna

CR eta SFA ren artean erlazio zuzena dago tenperaturaren menpekotasunaren arabera.

KONPENTSAZIO TERMIKOAREN MEKANISMO MOLEKULARRAK:

1. - ALDAKETA KUALITATIBOAK: Entzimek substratuekiko duten afinitatea aldatzea (berehalako konpentsazioa)
2. - ALDAKETA KUANTITATIBOAK (AKLIMATAZIO TERMIKOA)
3. - ALDAKETA KUALITATIBOAK : Bariante entzimatikoen sintesia (AKLIMATAZIO TERMIKOA)
4. - ZEHARKAKO ERAGINA MINTZEKO ENTZIMEN JARDUERA-MAILAN (AKLIMATAZIO TERMIKOA)



15.2. Irudia. Entzimen afinitatearen aldaketak erreakzio-abiadura izan dezakeen eragina.

| T ^a (°C) | K _m |
|---------------------|----------------|
| 5 | 2,5 |
| 10 | 3,2 |
| 15 | 3,8 |
| 20 | 4,5 |
| 25 | 5,2 |

15.3. Taula. *Carassius auratus* karpan sukzinato deshidrogenasa entzimak aurkezten duen afinitatearen modulazio termikoa.

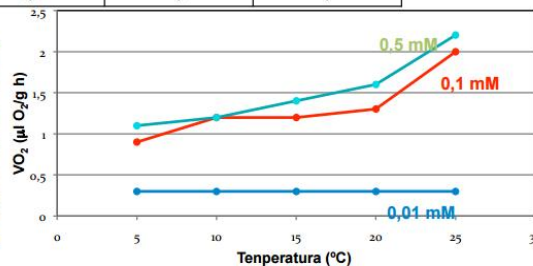
Entzimen aldaketa kualitatiboak direla eta berehalako erantzunean parte hartzen dute. 1/K_m entzimaren afinitatea adierazten du, K_m altua bada afinitate baxua izanik.

2.grafikoan ikusten dugu nola temperatura igo ahala, produktu gehiago sortzen diren abiadura azkarragoa delako. Entzimek sustratuarekiko duten afinitatea txikitu egiten da temperatura handitu ahala. Sustratu kontzentrazio txikia badugu, temperaturaren eragina txikiagoa izango da ere.

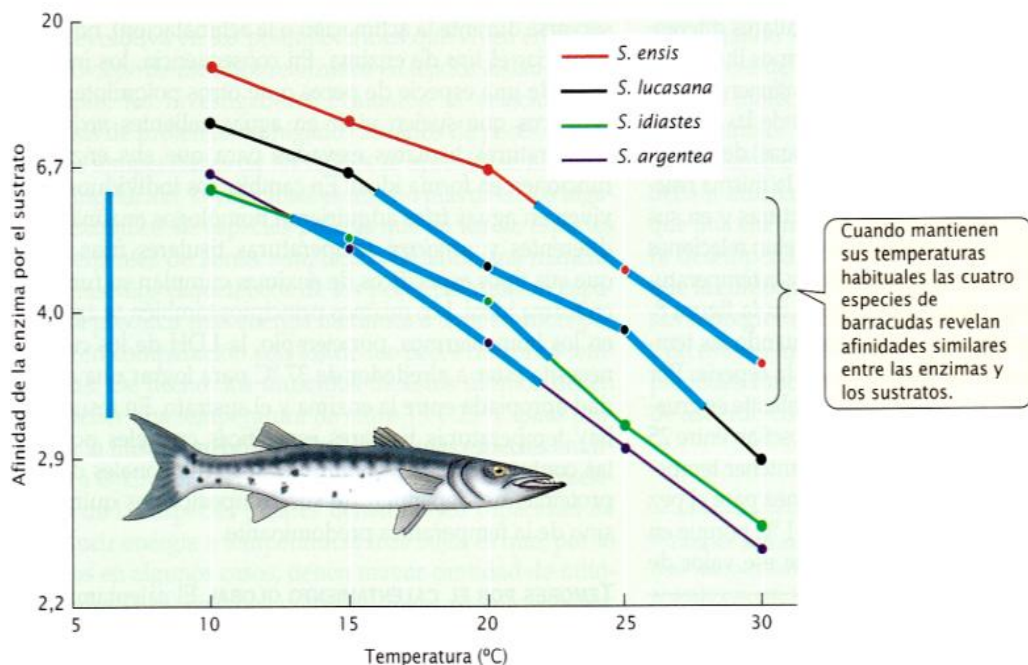
Termodependentzia murrizten da temperatura emendatzean entzimaren afinitatea txikitzen bada. Moldapen soilik baliagarria da sustratu kontzentrazio txikietan, oso zabaldua dagoen moldapena da animalia poikilotermoetan.

15.4. Taula. Sustratu kontzentrazioak entzimen berehalako konpentsazio termikoan eragin nabarmena du. Pirubato kontzentrazio ezberdinetan *Littorina littorea* gastropodoaren mitokondrioetako aktibitate metabolikoa (μl O₂/g h).

| T ^a (°C) | Pirubato kontzentrazioa (mM) | | |
|---------------------|------------------------------|-----|-----|
| | 0,01 | 0,1 | 0,5 |
| 5 | 0,3 | 0,9 | 1,1 |
| 10 | 0,3 | 1,2 | 1,2 |
| 15 | 0,3 | 1,2 | 1,4 |
| 20 | 0,3 | 1,3 | 1,6 |
| 25 | 0,3 | 2,0 | 2,2 |

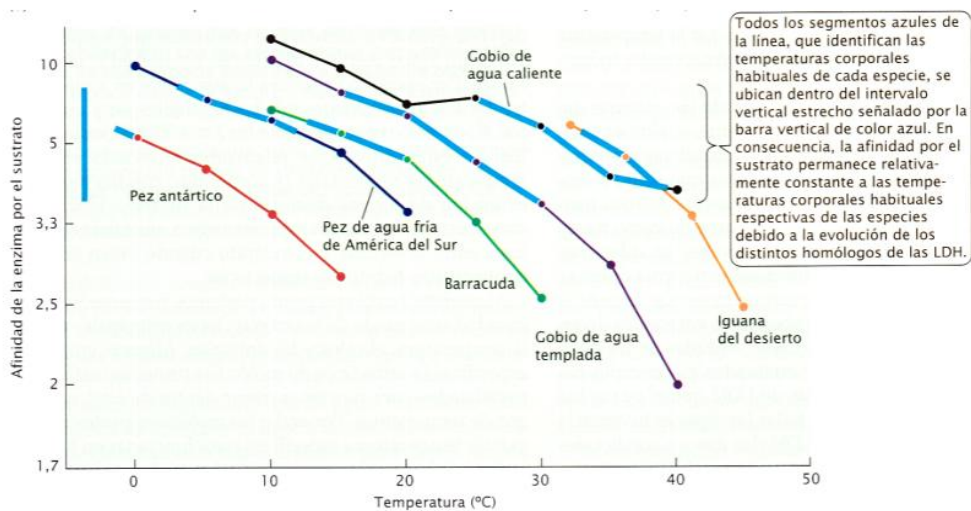


Mitokondrioen oxigeno kontsumoa ageri da. Sustratu kontzentrazio altuetan temperaturaren menpekotasuna altuagoa da.



15.3. Irudia. *Sphyraena* generoko (barrakudak) lau espezieen adaptazio entzimatiokoak. Lerro urdinak arrainen ohiko gorputz-temperatura adierazten du.

Urdinez markatuak ageri diren lerroek beraien ohiko temperatura adierazten dute. Guztietan beren ohiko temperatura tartean, temperatura handitzerakoan entzima baten afinitatea jaisten da sustratuarekiko. Horrela lortzen dute temperaturaren horren menpeko ez izatea.

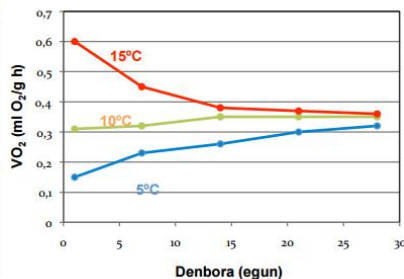


15.4. Irudia. Sei poikilotermo espezierentzat, bost arrain eta iguana bat, laktato deshidrogenasa entzimaren aktibitateak temperaturarekin duen erlazioa. Lerro urdinak animalien ohiko gorputz-temperatura adierazten du.

Sei espezie poikilotermo hauetan ematen den erantzun konpentsatzailea berdina da. 25°C tan bizi den gobioaren entzimaren afinitatea altuagoa da 20°C etako gobioa 25°C tan jartzen dugunean entzimak duena baino. Temperatura handitzean bizi den animaliaaren metabolismoa epe luzean konpentsatzeko, denen afinitatea tarte txiki batean aldatzen da.

15.5. Taula. *Mytilus edulis*. Epe luzeko konpentsazioa

| Aklimatazio-denbora (egun) | Arnas kontsumoa (ml O ₂ /g h) | | |
|----------------------------|--|------|------|
| | 5°C | 10°C | 15°C |
| 1 | 0.15 | 0.31 | 0.60 |
| 7 | 0.23 | 0.32 | 0.45 |
| 14 | 0.26 | 0.35 | 0.38 |
| 21 | 0.30 | 0.35 | 0.37 |
| 28 | 0.32 | 0.35 | 0.36 |



| Denbora (egun) | Q ₁₀ (5-10) | Q ₁₀ (10-15) | Q ₁₀ (5-15) |
|----------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 4,27 | 3,75 | 4 |
| 7 | 1,94 | 1,98 | 1,96 |
| 14 | 1,81 | 1,18 | 1,46 |
| 21 | 1,36 | 1,12 | 1,23 |
| 28 | 1,20 | 1,06 | 1,125 |

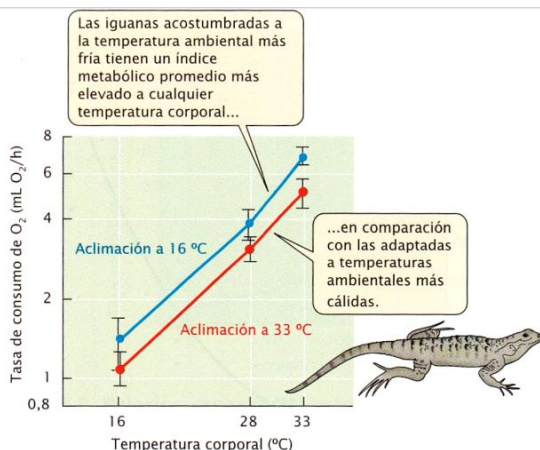
Mytilusen epe luzeko konpentsazioa: lehenengo eguneko datuetan epe laburreko erantzuna, berehalakoa azaltzen da. Ikusten da lehenengo erantzuna oso termodependentea dela, Q₁₀=4,27.

10°C tan mantendutakoek oso erantzun konstanteak azaltzen dituzte.

5°C takoak hasieran asko jaisten da eta geri igotzen doa

15°Ctan hasieran oso altua eta gero jaisten jun

Temperaturaz aldatzen dugunean animalia eta hor mantentzen badugu, bere erantzun metabolikoa aldatu egiten da ohitu ahala. Q₁₀ → 4 inguru da hasieran, honek esan nahi du epe laburreko erantzunean oso termodependentea dela. Ondoren, 1 inguru bihurtzen da, izan ere azken erantzunak jatorriko bere temperaturaren zituenaren oso antzekoak dira. Mytilusak gai dira 10°C tan egongo balira bezala jokatzeko. Askok poikilotermoak izan arren, gai dira epe luzeko konpentsazioa izateko eta ez izatea temperaturaren gatibu.

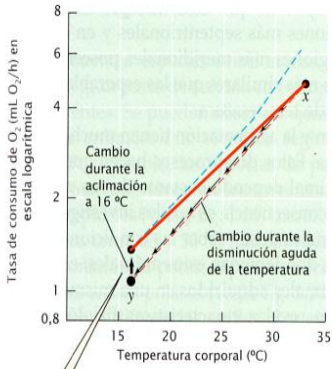


15.5. Irudia. Bi temperatura ezberdinetara (16° C eta 33° C) aklimatatutako *Sceloporus occidentalis* basamortuko iguanen tasa metabolikoaren aldaketa esposizio temperaturaren arabera

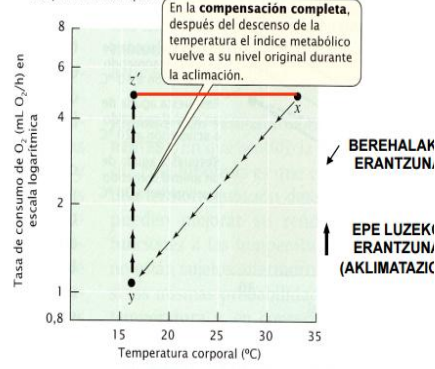
Iguanaren kasuan, aklimatazioak eragiten du 16°C tako balioak gorago kokatzea (epe luzeko erantzuna da aklimatazioa). 33°Ctako iguana 16°Ctan jartzean bere tasa metabolikoa jaisten da (berehalako erantzuna) baino ondoren 16°Ctan mantendu ondoren aklimatazioa dela eta gora egingo du pixkatxo bat, konpentsazio partzial bat

izan. Izan ere, aklimatazioaren konpentsazio perfektua izateko tasa metabolikoa hasieran 33°Ctan zuenera iritsi beharko zen. Epe laburreko erantzuna entzimak sustratuari dion afinitatearen aldaketa dela eta ematen da. Erantzun aklimatatuan termodependentzia gradua (malda) txikiagoa da epe laburreko erantzunetan baino.

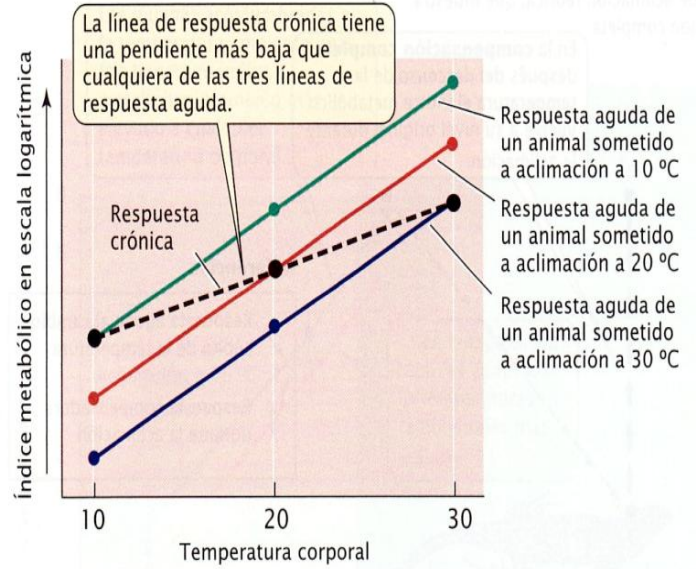
(a) Respuesta de aclimación verdadera, que muestra compensación parcial



(b) Respuesta de aclimación teórica, que muestra compensación completa



15.6. Irudia. Temperaturaren aldaketen aurrean emandako erantzuna a) konpentsazio partziala eta b) konpentsazio osoa.

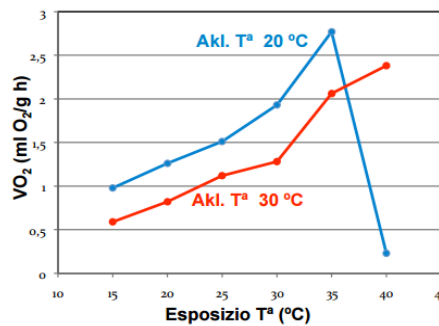


15.7. Irudia. Aklimatazioaren eraginez epe luzeko erantzunaren malda epe laburreko erantzunena baino txikiagoa da

15. Erlazio termikoak. Poikilotermoen metabolismoan tenperal

15.6. Taula. Epe luzeko konpentsazio perfektua adierazten duten tasa metabolikoaren datuak.

| Arnasketa (ml O ₂ /g h) | Aklimatazio-T ^a | |
|------------------------------------|----------------------------|------|
| | 20°C | 30°C |
| Exposizio-T ^a 15°C | 0.98 | 0.59 |
| 20°C | 1.26 | 0.82 |
| 25°C | 1.51 | 1.12 |
| 30°C | 1.93 | 1.28 |
| 35°C | 2.77 | 2.06 |
| 40°C | 0.23 | 2.38 |



$Q_{10} (20-30) AT20 = 1,53$

$Q_{10} (20-30) AT30 = 1,56$

$Q_{10} (20-30) akl = 1,01$

2,77 → 0,23 ra jaisteak esan nahi duena: animalia bere goi muga termikora iritsi dela.

T= 33°Ctan bizi diren animaliek ez dute goi muga termikorik. Temperatura altuago batera aklimatatzek ahalbidetezen die animaliei beraien goi muga termiko maximoa altuagoa izatea.

T=20°C tan termomenpekotasuna handitzen da temperatura igo ahala. Beraien tasa metabolikoa altuagoa da T = 33°C tan bizi direnena baino, horregatik t=33°C tan bizi direnak gai dira temperatura altuagoetan oraindik beraien tasa metabolikoa gehiago handitzeko.

Kompentsazio perfektua: Q10 (20-30) akl = 1,01. 20°C takoa 20°Ctan eta 30°C takoa 30°Ctan.

KONPENTSASIO TERMIKOAREN MEKANISMO MOLEKULARRAK:

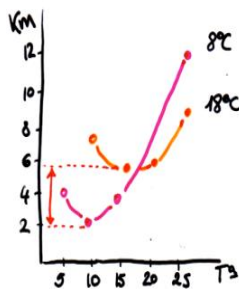
1. - ALDAKETA KUALITATIBOAK: Entzimek substratuekiko duten afinitatea aldatzea (berehalako konpentsazioa)

2. - ALDAKETA KUANTITATIBOAK (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

3. - ALDAKETA KUALITATIBOAK : Bariante entzimatiakoen sintesia (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

4. - ZEHARKAKO ERAGINA MINTZEKO ENTZIMEN JARDUERA-MAILAN (AKLIMATAZIO TERMIKOA)

| T.E | Km (mM x 10 ²) | |
|-----|----------------------------|------|
| | 8°C | 18°C |
| 5°C | 4 | - |
| 10 | 2.3 | 7.6 |
| 15 | 3.8 | 5.1 |
| 20 | - | 5.3 |
| 25 | 12.5 | 8.3 |



15.8. Irudia. *Littorina littorea* gastropodoaren temperaturaren araberako malato deshidrogenasa (MDH) entzimaren afinitatea.

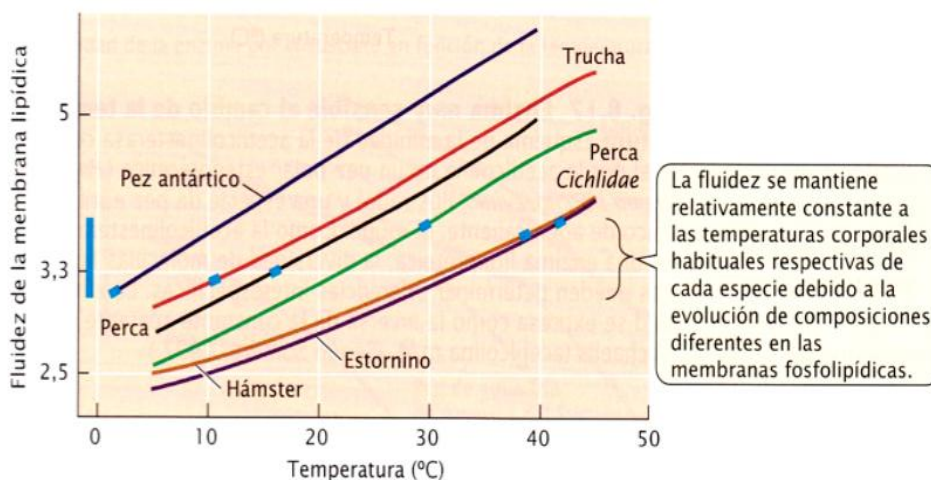
Entzimaren afinitateak U itxura hartzen du askotan. Parabola ahurraren puntak entzimaren balio maximoa adierazten du, Km baxua. Temperatura 8°C tara aklimatatzean, afinitatea handitzen da. Aklimatazioan bere denbora behar du, izan ere, denbora tarte honetan bariante entzimatiako berriak sintetizatzen dira. Beharrezkoa da temperatura baxuetan entzimaren afinitate maximoa

handitzea. Izan ere, honek konpentsatuko luke temperatura baxuaren eragin negatiboa erreazio kimikoetan

❖ E → P

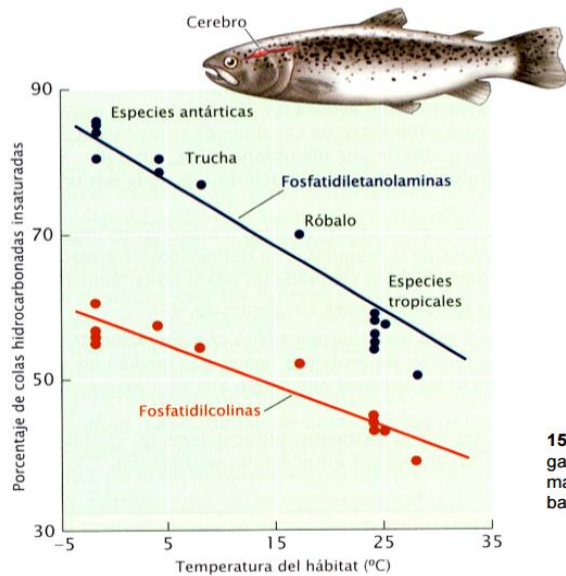
-T jaistean, V jatsiko da eta hortaz entzimaren afinitatea handitzea beharrezkoa da, produktu kontzentrazio berdina eskuratzeko

T igotzean, V handituko da ere, eta hortaz erreazioa katalizatzen duen entzimaren afinitatea txikitu beharra dago [P] kte mantentzeko.



Mintz lipidikoaren konposizioa aldatu egiten da temperatura baxuetan bizi diren animalietan, fluidoagoa izateko. Konposizioak bermatzen du temperatura baxuetan fluidotasuna izango duela. Izan ere, bestela temperatura jaistean fluidotasuna jaitsiko litzateke ere.

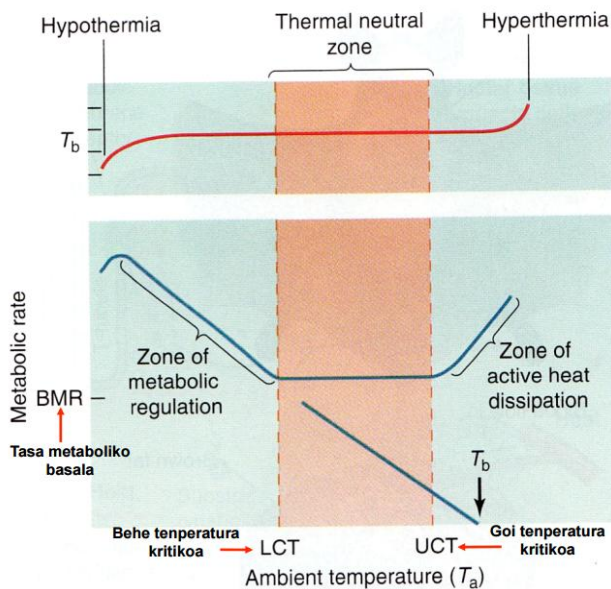
15.9. Irudia. Temperaturaren araberako mintzaren jariakortasuna.



15.10. Irudia. Arrain teleosteen garuneko fosfolipidoen asegabetasun maila inguruneko temperaturarekin batera aldatzen da.

19. GAIA. TEMPERATURAREN ERAGINA ANIMALIA HOMEOTERMOETAN.

Animalia homeotermoak gai dira haien gorputzeko temperatura konstante mantentzeko energia gasturik suposatu gabe alde termoneutroan. Hala ere, puntu batetik aurrera ezin dute temperatura konstante mantendu.

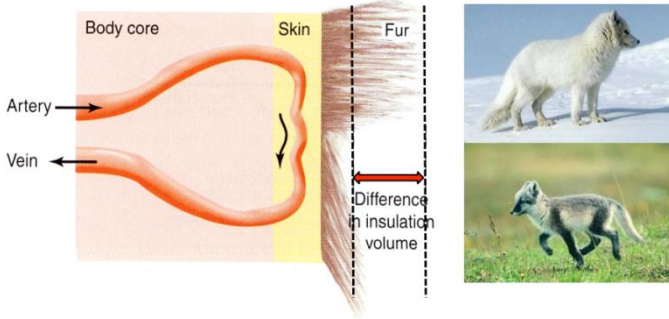


16.4. Irudia. Animalia termoerregulatuak batetan tasa metabolikoaren eta temperaturaren arteko erlazioa.

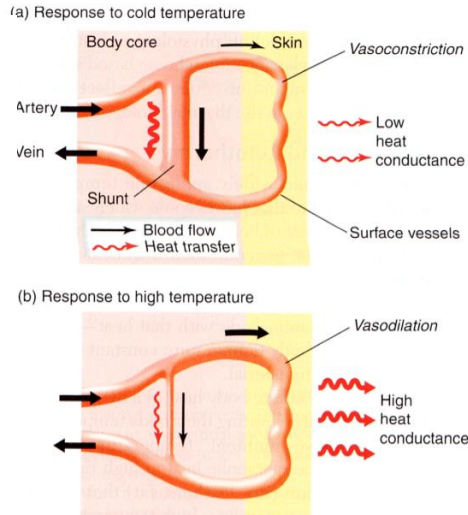
Alde termoneutroa: Animalia homeotermoak haien temperatura energia gasturik suposatu gabe konstante mantentzeko gai diren temperatura tartea da.

Energia gasturik suposatzen ez duten temperatura mantentzeko metodoak:

1. **Zirkulazio sistema** : Odola azaleragoa edo barrurago garraiatzea mekanismoetako bat da. Izan ere, temperatura baxuetan odola barrurago garraiatzen da bero gutxiago galtzeko eta temperatura altuetan odola azalerago garraiatzen da bero gehiago galtzeko.



16.6. Irudia. Alde termoneuroan beroa mantentzeko animaliak isolamendu maila alda dezake, eratzun pilo-eta ptilomotoreen bidez. Irudian artikoko azeria agertzen da, neguko eta udako ilajearekin.

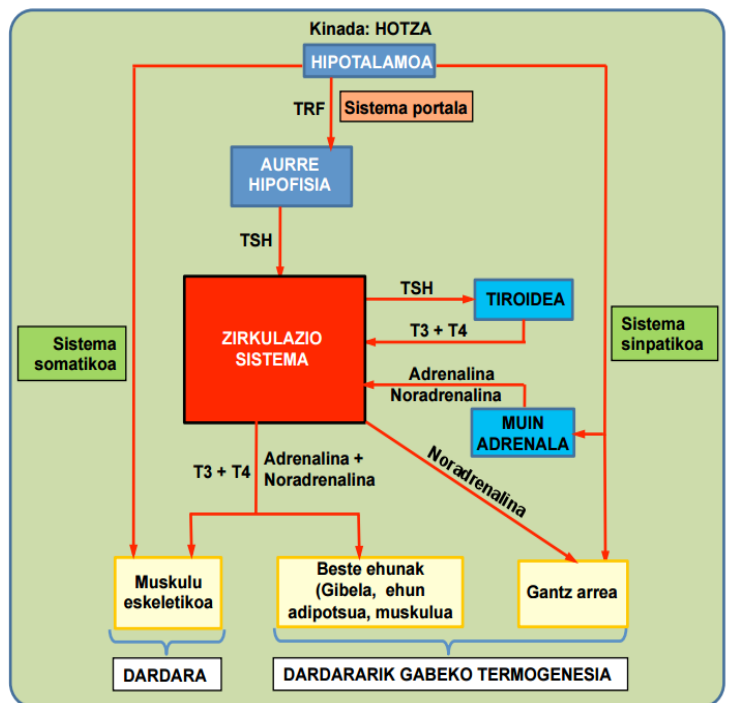
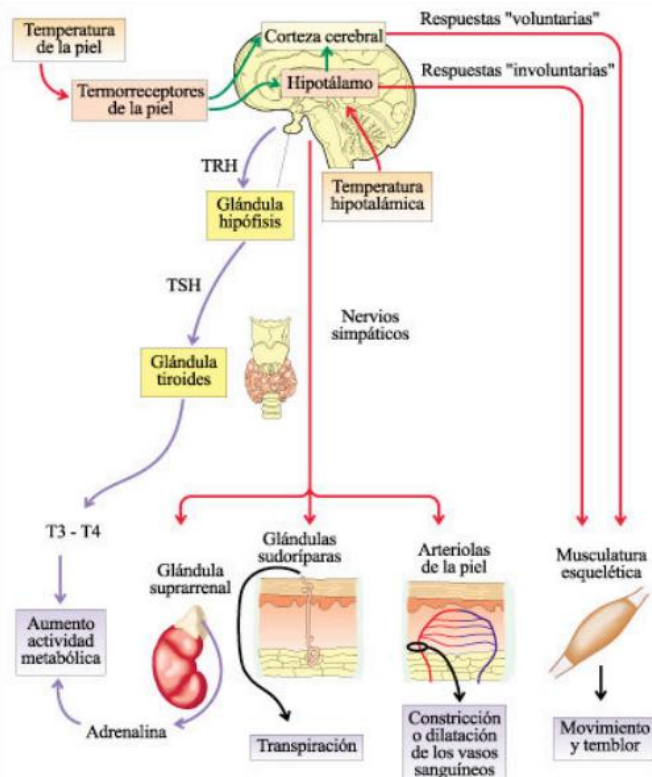


16.8. Irudia. Alde termoneuroan, inguruneke temperatura jaisten denean, gorputz-adarretara eta azaletik gertu bideratzen den odola murriztu egiten da, bero galerak txikitzeko, temperaturak gora egitean ordea, zirkulazio hori areagotzen da konduktantziak galdutako beroa emendatzeko.

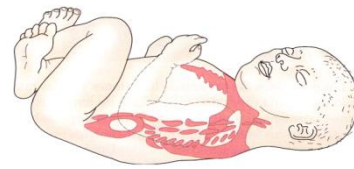
2. **Oiloipurdia** : Erantzun polimotore/tilomotorearen azterna da. Hotza egitean, ilea tente jarri eta gorputza isolatzen da, ingurunearekin duen azalera murriztuz eta beroa mantenduz. Animalia batzuek ile mota berezi bat dute neguan eta beste bat udan. Gure gorputzaren kasuan, metodo honen azterna baino ez dugu ilea galduz joatearen ondorioz.

Energia gastua suposatzen duten mekanismoak hotz kasuan:

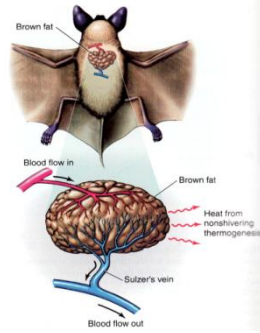
1. **Dardara**: Bero ekoizpena lortzeko egiten dugu, oso garestia da. Muskulu bat eta bere antagonikoa batera uzkuertzen dira, mugimendurik ez da gertatuko, baino bai ordea bero ekoizpena. Irudietan bero ekoizpenaren kontrol hormonalak ageri da.



2. **Gantz nabarra:** Beroa ekoizten duen gantza da, beroa sortzeko helburuarekin erretzen da, ez energia lortzeko helburuarekin. Gantz arrear dauden mitokondrioetan protoi gradiente eta ATParen ekoizpena desakoplatuta daude, gradientearen indarra beroa sortzeko erabiltzen da. Gantz arreak zeluletan mitokondrio ugari egoteaz aparte, mitokondrio hauek UCP proteinetan aberatsak dira. Proteina hauek protoien gradientearen aldeko traslokazioa ahalbidetzen dute, prozesuan beroa askatuz.



16.11. Irudia. Gantz arreak kokapena giza-umeetan eta saguzarretan.

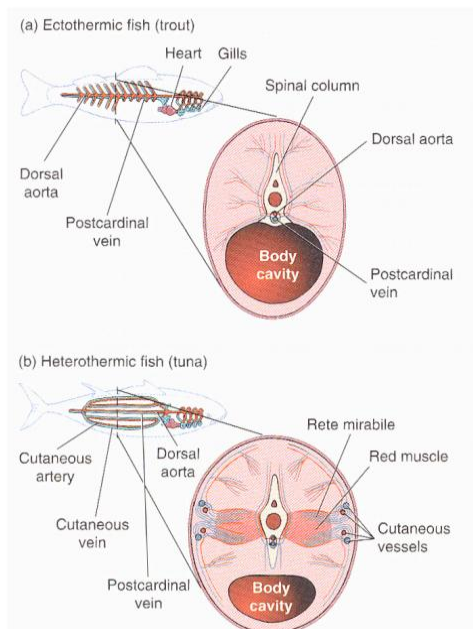


Energia gastua suposatzen duen mekanismoa, bero kasuan:

1. **Izertia:** Ile asko dutenek ez dute ekoizten. Txakurrek adibidez mingaina ateratzen dute bertatik beroa askatzeko. Hegaztiak ordea, mokoia irekitzen dute, aho zapaitik lurrunketa gertatu eta beroa askatzeko.



16.16. Irudia. Hatsantzeak eta hegaztiak burutzen duten aho-gelaunearen zoruaren oszilazioek ebaporazioa emendatzen dute.



16.17. Irudia. Arrain ektotermo arrunt baten (amurraina) eta heterotermo baten (hegaluzea, *Tunnus thynnus*) arteko ezberdintasun anatomikoak. b) Hegaluzeak "rete mirabile" baten bidez beroa mantentzen du.