

## 1.1 ARRAK. ESPERMATOZOIDEAK

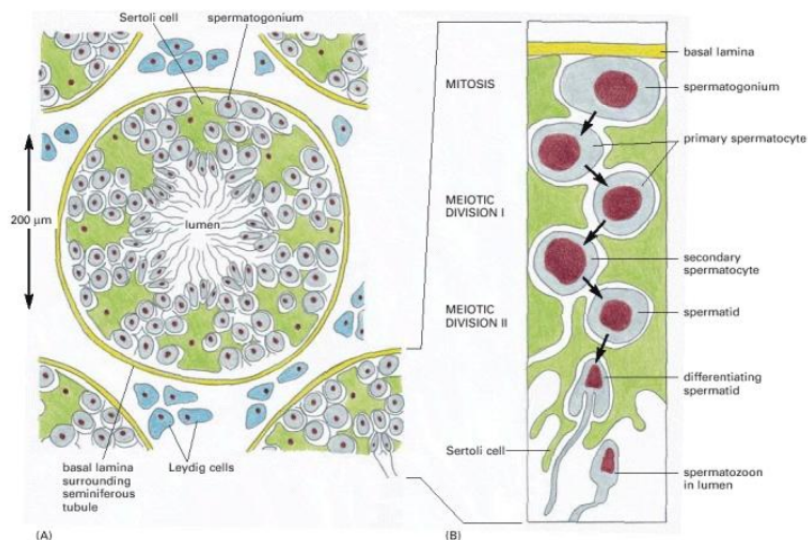
Nerabezaroan, espermatozoideak barrabiletan sintetizatzen hasten dira, zehazki barrabiletan kokatzen den hodi seminifero izeneko hodi luze batean. Hodiari ebaki bat eginez honako itxura hau du:

Hodi seminiferoaren xafla basalari lotura, kanpoaldean, espermatogonia izeneko zelula bereziak daude. Zelula hauek zatitzen doaz espermatogonia gehiago eskuratzen direlarik.

- Espermatogoniak ama zelulak dira, espermatozoideak izateko desberdintzapen ahalmena dutenak.

Baina espermatogonia hauetako batzuk xafla basolarekin kontaktua galdu eta hodi seminiferoaren erdikaldera migratzen hasten dira. Lumeneruntz migratzen duten zelula hauek espermatozito primarioak dira eta DNA bikoiztean (nukleo bikoitza da) lehenengo zatiketa meiotikoa jasaten dute. I. meiosi hau ematen delarik, espermatozito primarioak espermatozito sekundario bilakatzen dira eta bigarren zatiketa meiotikoa jasaten dute.

II. meiosian espermatidak sortzen dira, fase honetan, zelulak flageloa lortzen du eta zelularen nukleo ertzeroa migratzen da. Gainera, golgi aparatutik (fusionatuz) besikula berezia sortu egiten da akrosoma deiturikoa (entzima hidrolitikoak dituen poltsatxoa) eta buruaren ertzean kokatzen da gezi itxura hartuz; laburbilduz, desberdintzatzen hasten da.



Espermatidak ia ia helduak diren momentuan hodi seminiferoan zehar garraiatzen hasten dira. Bidai horretan aldaketa batzuk jasaten dituzte eta azkenean benetako espermatozoide bilakatzen dira. Espermatozide hauen sintesia bultzatzeko energia beharrezkoa da, horregatik hodi seminiferoan zelula bereziak daude, zelula laguntzaileak direnak: Sertoli zelulak. Hauek espermatozoiden transformazioa burutzeko beharrezkoak diren nutrienteak, energia etab. eskaintzen dute, hau da, desberdintzapena bultzatzen dute.

## 1.2 EMEAK. OBOZITOAK

Neskek bizitzan izango duten obozito edo oozito guztiekin jaiotzen dira eta nerabezaroan heltzen hasten dira obuluak sortzen direlarik.

- Obozitoak obulutegietan hazten dira, nahiko handiak direnak eta obozitoz beterik daudenak (I. meiosian geldirik).

Gameto emeen zelula kopuru nahikoa lortzean zatiketa meiotikoan sartzen dira, lehen profasean prozesua eteten delarik. Nerabezaroan, lehenengo meiosiaren profasean dauden zelula latente horietako batzuk soilik hasten dira garatzen seinale batzuen kinaden ondorioz.

Hasiera batean obozito gaztea inguratzen eta honi itsatsita zelula laguntzaile batzuk daude: zelula folikularrak. Biak elkarrekin obulutegiaren ertzean kokatzen dira, obozito goiztiarrak eta zelula folikular geruza fin bakarrak eratzen duten egiturari folikulu primordial deritzo.

- Lehen esandako geldiketa horretan folikulu primordial eran daude.

Folikulu primordial horietako batzuek izango dira seinalea (kinada) jaso eta aktibatzen hasiko direnak. Aktibatzean obozitoa handitu egiten da, izan ere, zelula folikularrek erreserba materiala sintetizatu eta obozitoa material hortaz "elikatuz" bere tamaina emendatuz doa.

- Nerabezaroan aktibazioa eragiten duten seinale hormonalak heltzen dira.

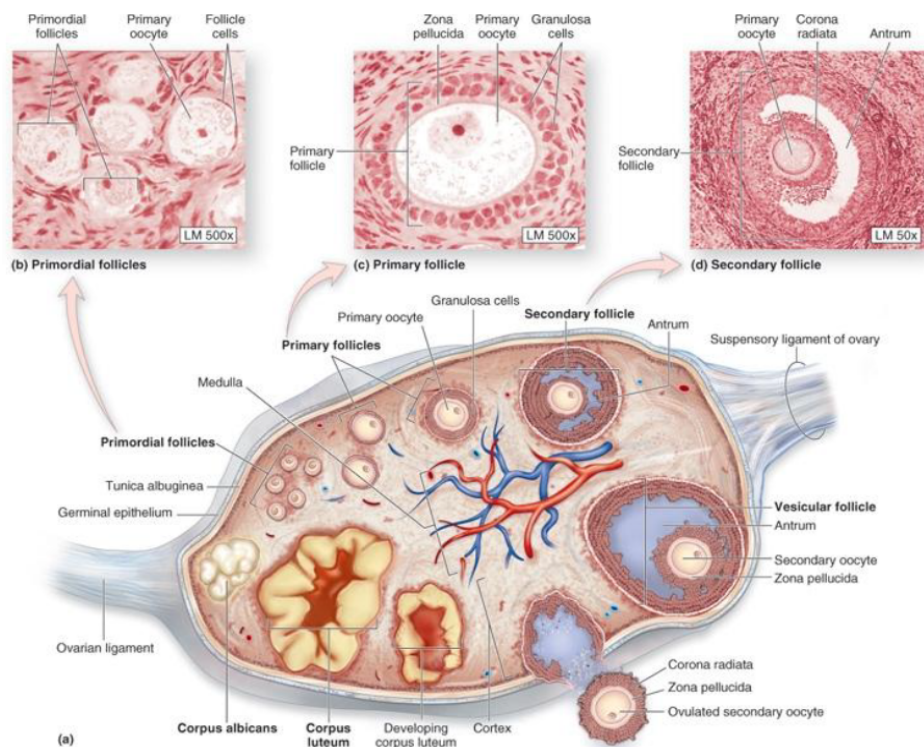
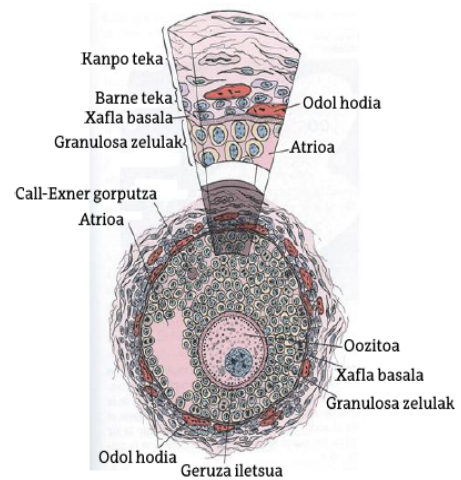
Modu honetan, folikulu primario deritzon egitura eratzen da eta obozitoek zelula folikularren geruza bakarra eduki beharrean, zelula hauen zatiketari esker, geruza bat baino gehiago izango dute. Hain zuzen ere, epitelio lau batetik kubiko bat izatera igarotzen direnean folikulu primariotzat jo daiteke egitura.



Ondoren, zelula folikularren artean barrunbe bat eratzen da atrioa deiturikoa. Hau gertatzean folikulo sekundarioa edo atriala dugula esaten da.

Gutxinaka gutxinaka obozitoaren tamaina emendatuz doan heinean atrioa ere handituz joango da. Atrioa ikaragarri handia denean eta obozitoa obariorik aterako denean, De Graaf folikuloa deituko zaio. Fase honetan dagoenean, folikuloa zabaltzen eta obozitoa askatzen da zelula folikular batzuekin batera, zelula hauek osatzen duten duten geruzari koro radiatua deritzo.

Hilabetero fase horretara 4-5 folikulu iristen dira baina horietatik soilik bat ireki eta falopio tronpetara askatzen da, besteak degradatu eta birxurgatzen dira elikagaiak aprobetxatzeko.



## 2. ERNALKUNTZA

Espermatidak ez dira guztiz funtzionalak oraindik ez direlako obozittoa ernaltzeko gai, izan ere, espermatozoidea ez da heldua izango emearen ugal aparatura iritsi arte eta beharrezko aldaketak pairatu arte. Espermatida (mugikortasun mugatua eta metabolikoki ez oso aktiboa) ugal aparatuan sartu eta zenbait aldaketa pairatzen ditu guztiz funtzionala bilakatuz. Bertako pH alkalinoa dela eta (bikarbonato gatzengatik) espermatiden mintzean aldaketak gertatzen dira:

1. Espermatozoideen mintz plasmatikoko egitura lipidikoak eta glikoproteikoan aldaketak sortzen dira: lipidoen berrantolaketa, kaltzio kanalen irekiera eta mintza kaltzioarekiko iragazkorragoa izatea.
2. Espermaren metabolismoa, mintzaren jariakortasuna eta mugikortasuna handiagotzen dira.
3. Espermatozoideak erreakzio akrosomikoa jasango dutela ziurtatzen da.

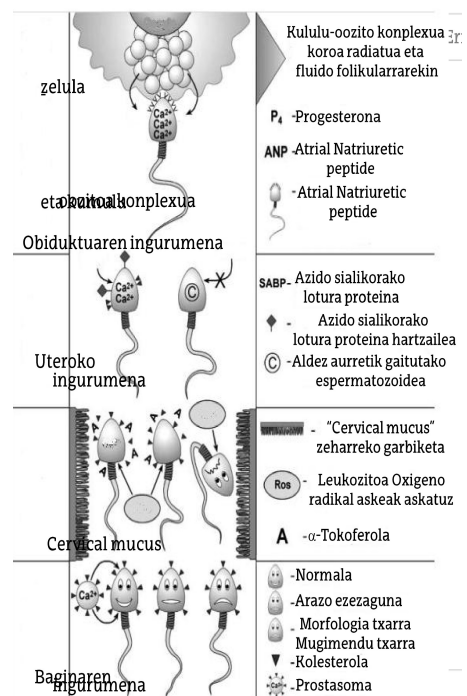
Kaltzioa espermatidan sartzean espermatida guztiz aktibatu eta espermatozoide aktibo bilakatzen da.

- Hainbat proteina kaltzioaren menpekoak dira, kaltzioarekin aktibatzen baitira. Kaltzioa egon barik inaktibatuta egongo lirateke.

Kaltzioak espermatida aktibatzeaz gain funtzionala bilakatzen du, obozitoa ernaltzeko gai izatea eraginez. Obozitoa ernaketaren momentua falopio tronpan aurkitzen da eta bertako zelula folikularren zenbait substantzia jariatzen dituzte kanpo mediora (gizakiaren kasuan progesterona). Progesterona horrekiko sentikorrak izan behar dira espermatozoideak horren jatorria non dagoen jakiteko, obozitorantz bideratzeko. Sentikortasun hori edukiko dute kaltzioa barneratu baldin badute, izan ere, kaltzioak espermatozoide horietan zenbait mintz hartzaile aktibatzen ditu.

Espermatozoideak jasaten dituen aldaketa guztiei, hau da, espermatozoidea obozitoa erbaltzeko gai bihurtzen duen prozesuari, espermatozoidea gaitzea edo kapazitatzea dela esaten da.

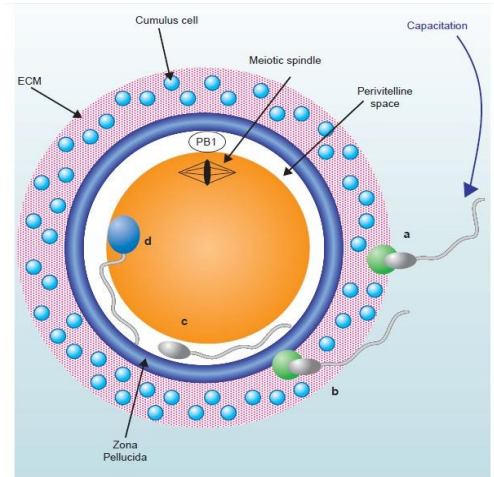
- Kaltzioak hainbat funtzio desberdin ditu hainbat jarduera kontrolatzen dituelako. Hala ere, kaltzio kontzentrazioa oso txikia izan behar da zeluletan, kaltzioa fosfatoarekin elkartuko balitz kaltzio fosfatoa (hezurren osagaia) eratu eta prezipitatuko litzatekeelako. Horregatik, kaltzio kontzentrazioa oso erregulatua dago zeluletan.



- Espermatozoidea kapazitatua dagoenean progesteronarekiko sentikorra da. Beste espezie batzuetan zelula folikularrek askatutako seinaleak ezberdinak dira, ordea helburu berdina dute, espermatozoidea erakartzea.
  - Adb: iratzeetan azido trikarboxilikoak jokatzten dute seinaleztat, koraletan kate luzeko gantz alkoholak, itsas trikuetan peptidoak...



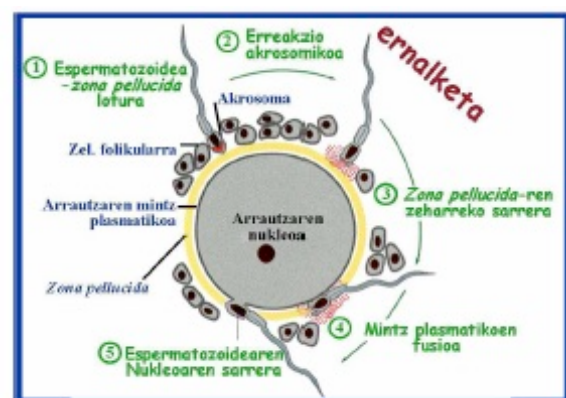
Ernalketa burutzeko lehenbizi espermatozoideak obozitoaren inguruan dauden zelula folikularren geruza zeharkatu behar du. Obozitoaren kanpoaldean zona pellucida deituriko geruza iletsu bat dago eta espermatozoideek hau zeharkatu behar dute espermatozoide eta obulu mintzaren fusioa emateko. Geruza iletsu horri esker, ernalketa espezie berdineko espermatozoide eta obozitoen artean gertatzen da. Hau oso baliagarria da, animali ugari beraien gametoak itsasora askatzen baitituzte. Honela, ernalketaren ondorioz eratzen den zigotoa bideragarria izatea ahalbidetzen da.



- Ernalketa inespezifikoa ekiditen duen geruza zona pellucida (geruza iletsua) da.

Geruza iletsu honetan hiru proteina garrantzitsu daude, hala nola, ZP1 ZP2 eta ZP3. ZP1 eta ZP2 proteina estrukturalak diren bitartean ZP3ak espermatozoidearen mintzeko hartzailea ezagutzen duten proteinak dira. ZP proteina hauek espezie bakoitzarekiko espezifikoak dira, hots, bi proteina hauen arteko ezagupena espezie bereko gametoen artean emango da soilik. ZP3 eta hartzailearen arteko lotura ematean G proteina bat aktibatzen da, horren bitartez kaltzio kanalak ireki eta kaltzioa ( $\text{Ca}^{++}$ ) kanpo mediotik espermatozoidera sartzen dira. Honek erreakzio akrosomikoa eragingo du.

Espermatozoidetan akrosoma deituriko lisosoma berezi bat dago entzima hidrolitikoak beteta. Espermatozoidera kaltzioa askatzeak akrosoma espermatozoidearen mintzarekin fusionatzea eragingo du. Honen ondorioz, bertako entzima hidrolitikoak askatu eta geruza iletsu horren liseriketa emango da. Liseriketa honek espermatozoidari zelula folikularren geruzan zehar bidea irekitzea ahalbidetzen du amaieran espermatozoide eta obozitoen mintzen arteko fusioa emateko.



- Espermatozoide eta obozitoen mintzen arteko fusioa emateko, erreakzio akrosomikoa (zeinean espermatozoidearen akrosoman kaltzioa sartuko den eta egitura hori obozitoaren mintzarekin lotuko den) eman ostean, espermatozoideen mintzeko proteina batzuk parte hartu behar dute.

Erreakzio akrosomikoa gertatu ostean akrosomaren barne mintza kanpora begira geratuko da.

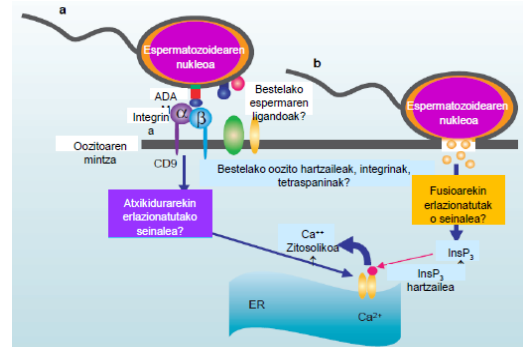
- Aipatutako mintzen arteko fusioa fertilina proteinaren bitartez gertatzen da. Transmintz proteina hau espermatozoidearen mintzari ez kobalenteki lotuta dago eta glikosilatutako

bi azpiunitatez ( $\alpha$  eta  $\beta$ ) dago osatuta. Proteina honen amino terminal bukaerak obozitoaren integrinetara lotzen dira, eta horrela, bi mintzen arteko fusioa gertatzen da.

Mintz horretan, fertilina  $\alpha$  edo desentrina edo metaloproteasa 1 domeinua (ADAM1) egongo dira eta obozitoaren mintzeko proteinekin lotuko dira.

Lotura hau eman eta gero, obozitoaren metabolismoaren aktibazioa gertatuko da. Obozitoa martxan jartzeak zatitzen eta konplexuagoa bihurtzen hasiko dela suposatzen du. Honako aldaketak gertatuko dira:

- $O_2$ ren kontsumoa handitzen da eta horrek  $NAD^+$  kinasaren aktibazioa dakar.
- Polispermiaaren blokeo gertatzen da.
- DNA eta proteinen sintesia pizten da.
- Mikrobilosken gainazala galtzen da.
- Zitoplasmaren berrantolaketa ematen da.



Behin espermatozoide-obozito fusioa emanda, kaltzioa sartuko da obozitoaren zitoplasmara eta zenbait aldaketa gertatuko dira obozitoan kaltzio horren sarrerarekin. Beraz, behin ezagupena gertatuta, mintzen arteko fusioa ematen da, eta momentu horretan, espermatozoideak bere pronukleoa (nukleoa baina DNA kopuru erdia darama) askatzen du obozitoan azkenengo zatiketa meiotikoa bukatzen den heinean (oso azkar).

Obozitoaren zitoplasma barruan sartzen den kaltzio horrek polispermia ekiditen du. Polispermia obozito bat espermatozoide bat baina gehiagok ernaltzen dutenean gertatzen den prozesua da. Ugaztunen kasuan espermatozoide bakar bat lotu behar zaio obozitoari eta polispermia gertatzen den kasu askotan zigotoa ez da bideragarria.

Polispermia ekiditeko bi blokeo-mekanismo posible daude:

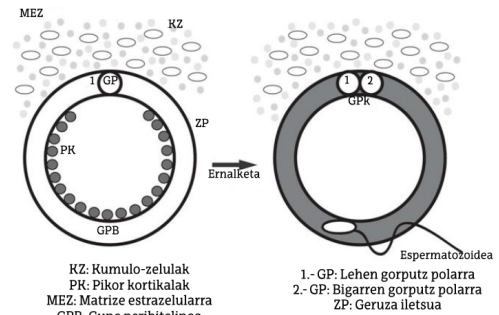
1. **BLOKEO AZKARRA (ITZULGARRIA):** Espermatozoide eta obozito fusioa eman eta segundu gutxietara gertatzen den blokeoa da. Espermatozoidearen fusioak mintzaren despolarizazioa eragingo du, sodioa sartuko delako beste espermatozoide baten lotura ekidituz. Beraz, karga aldaketa egongo denez, mintzek elkartzeko zailtasun handiagoa izango dute.

- Sodioaren sarrera transitoria izango da eta horregatik ez du zelula kaltetzen.

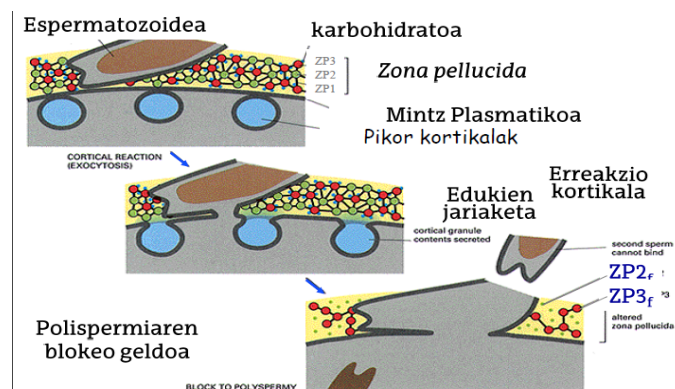
Hala ere, mekanismoa itzulgarria da espermatozoidea akatsduna bada obozitoak metabolikoki sodioa kanporatu dezakeelako bigarren espermatozoide baten sarrera ahalbidetuz (akatsduna degradatuko da). Blokeo hau ez da azkarra izaten eta batzuetan bi espermatozoide sartzen dira aldi berean obozitara bikiak sortuz.

2. **BLOKEO SEKUNDARIOA (ITZULEZINA):** Erreakzioari erreakzio kortikala deritzo eta sodioa sartzeaz gain kaltzioa ere sartuko da zelulan, ondorioz obozitoaren kaltzio kontzentrazioa igo egingo da. Kontuan izan behar da obozitoa oso zelula handia dela eta honen kortikan pikor kortikalak daudela entzima hidrolitiko osatuta.

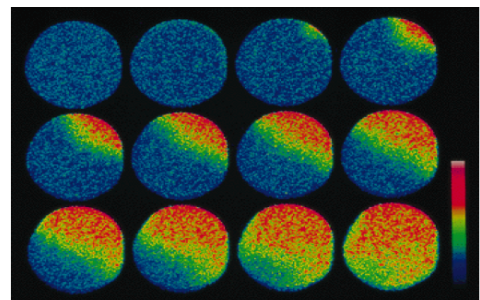
Kaltzioa obozitara sartzean, obozitoaren metabolismoa aktibatuko da eta aktibatzean pikor kortikalak mintzeraino migratuko dute euren edukia exozitosiz kanporatzeko. Pikor hauek alterazioak sortuko dituzte geruza iletsuan (ZP2 eta ZP3).



Horrela, espermatozoidea iristean geruza iletsua degradatuko da eta pikor kortikalak kanpoaldera jariatuko dira. ZP3 proteinak ez badaude, espermatozoidearen eta geruza iletsuaren arteko ezagumena ez da emango eta beraz, espermatozoideek ezingo dute obozitoa ernaltu.



Esan bezala, espermatozoidearen sarrerak kaltzio kontzentrazioaren erreakzio kortikala sortarazten du eta obozitoaren aktibazioa eragiten du. Koloredun irudi honetan ikus daiteke kaltzioa, (berdea) nola sartuko den obozitoan eta nola pikorrek gero eta azalera handiagoan migratuko diren mintzera.





Ernalketa gertatu baino lehen espermatozoidea eta obozitoan bigarren zatiketa meiotikoa eman behar da dotazio kromosomikoa diploidea izatetik haploidea izatera pasatzeko. Bigarren zatiketa meiotikoa ernalketa gertatzen den momentuan emango da. Espermatozoidea edukiko dugu  $n$  dotazio kromosomikoarekin (haploide) eta obozitoa  $2n$  dotazio kromosomikoarekin (diploide). Obozitoaren dotazioak  $n$  izan behar du eta horretarako obozitoaren meiosia bukatu egin behar da. Beraz, kaltzioa obozitoan sartuko da eta obozitoaren nukleoa bitan zatituko da. Zatiketa hau asimetrikoa da itxurari dagokionez, izan ere, zati oso oso txiki bat eta zati oso oso handi bat sortzen dira.

- Zati txikia obozitoaren DNA erdia eta zitoplasma apur bat daraman zelula da.
- Zati handiak beste DNA eta gainerako zitoplasma osoa darama.

Zelula handiari obulua deritzo eta zelula txikiari gorputz polarra. Horrela nukleoa bi zeluletan banatua edukiko dugu, bi zatiek DNA kantitate bera edukiko dute eta  $n$  dotazio kromosomikoa, nahi genuena. Bukaeran zeluletako bat degradatu egingo da, bakarra behar dugu eta.

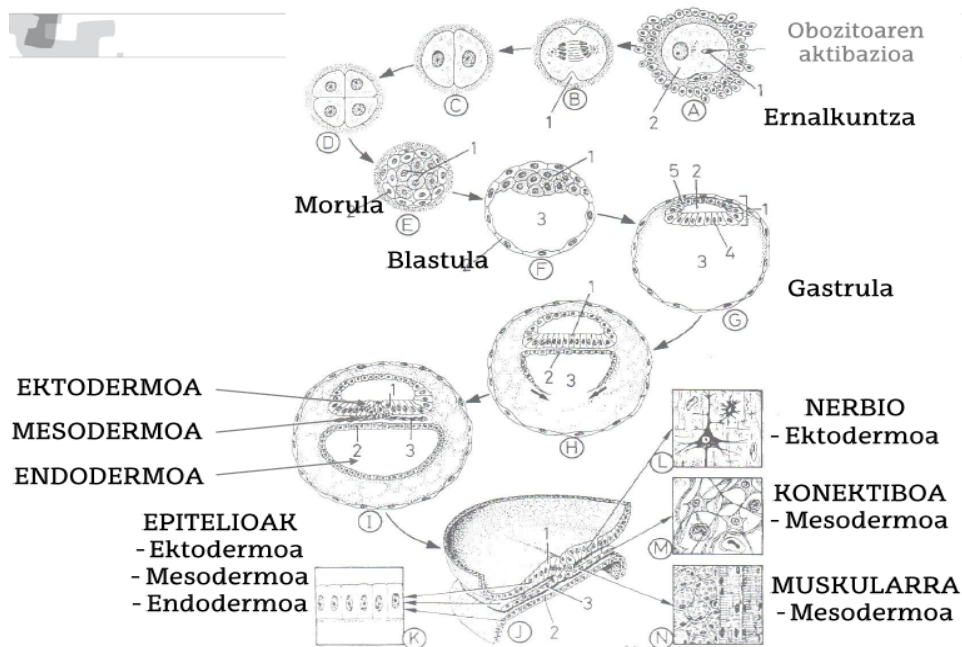
Jadanik ernalketa gertatu da eta zigotoa dugu. Sortu berria den zigotoa zatitzen hasiko da etengabeki eta zelula bakarra izatetik 8-9-10-11 zelulaz osatuta egotera pasatuko da.

- Etengabeko zatiketak inolako hazkuntza zelularrik gabekoak dira, hau da, zelulen tamaina ez da handitzen. Ondorioz, bukaeran hasierako zelularen tamainako enbrioi bat izango dugu baina zelula txiki gehiagoz osatuta.
  - Zelularen S eta M faseak soilik gertatzen dira prozesu hauetan.

Hasieran morula fasea edukiko dugu, baina momenturen batean morulako zelulak kortika aldera migratzen hasiko dira ertzean kokatuz. Puntu honetan, embrioia blastula fasean egongo da. Blastulak blastomeroez (zelulak) osatutako ertza edukiko du eta erdiko hutsune moduko bat: blastozelea.

Ondoren, blastomeroek zatitzen jarraituko dute eta garapenean zehar zelulak blastozelerantza migratzen hasiko dira. Fase horretan, blastulan barrunbe moduko bat eratuko da eta gastrula fasean egongo da gure embrioia. Gastrulak hutsune moduko bat dauka blastoporoa deritzona eta sortzen den barrunbeari arkenterona deituko diogu.

Blastoporoa izango da etorkizuneko organismoaren ahoa edo uzkia izango dena. Gastrula fasean hasiko dira zelulak nolabait desberdintzatzen edo mugitzen, zelula batzuk barrualdean geratuko dira eta besteak kanpoaldera. Hori dela eta, kinada desberdinak jasoko dituzte, kanpoko zelulak kanpo medioarekin eta blastozelearekin kontaktuan egongo direlako eta barnealdekoak berriz blastozelearekin eta arkenteronarekin.



Jada horri enbrionarioak sortzen hasten dira zelula batzuk barruan eta beste batzuk kanpoan kokatuz. Horrela, kanpoaldean geratzen diren zelulek enbrioiaren ektodermoa osatuko dute. Barruan geratzen direnek (arkenterona eta blastozelearen artean gertatzen direnak) aldiz, endodermoa osatuko dute eta blastoporoetatik gertu dauden zelulak zatitzen hasi eta mesodermoa deitzen den geruza osatuko dute.

Definitu ditugun ektodermo, endodermo eta mesodermo geruza horietatik osatuko dira gure gorputzeko zelula guztiak. Mintz bakoitza ehun jakin batzuk eratzen espezializatua egongo da, hiru geruza horietatik organismoan ditugun ehun guztiak osatuko baitira.

Dakigunez 4 ehun nagusi daude zeluletan: epitelio ehuna, ehun konektiboa, ehun muskularra eta nerbio ehuna. Endodermoari dagokionez, liseriketa organoen zelulak bertatik sortuko dira. Nerbio zelulen jatorria ektodermoan dago eta ehun muskularra eta ehun konektiboaren jatorria mesodermoan egongo da.

- Ektodermoa: Nerbio ehuna edo larruazala.
- Endodermoa: Liseriketarekin zerikusia duten organo guztiak.
  - Adb: gibela.
- Mesodermoa: Ehun konektiboa edo muskulu ehuna.