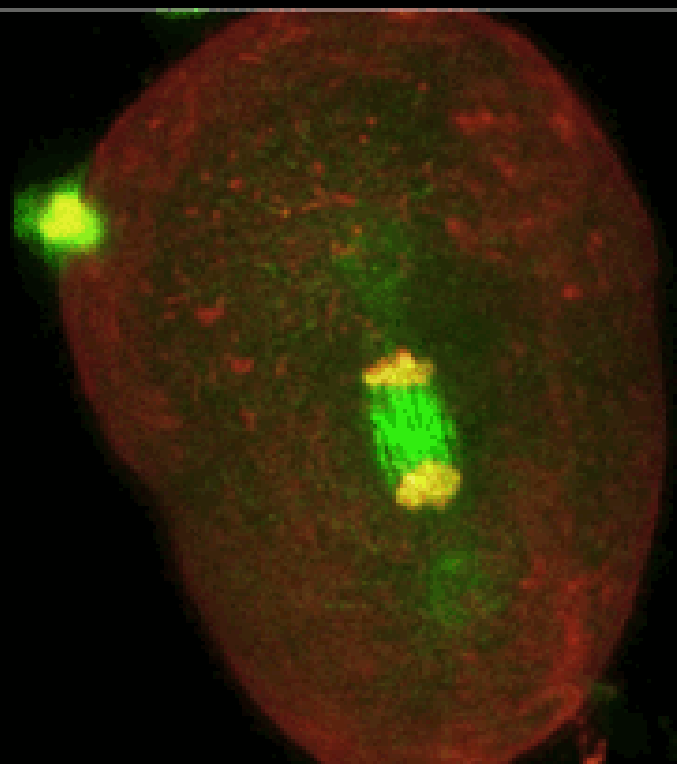


ZELULEN UGALKETA

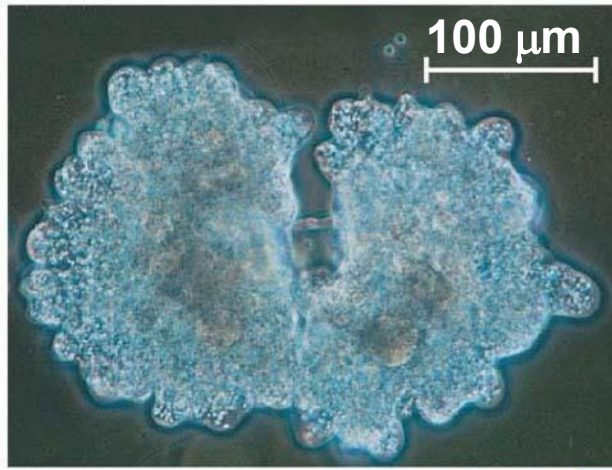


ZATIKETA ZELULARRAREN GARRANTZIA

- Organismoen ugaltzeko gaitasuna da izaki bizidunak materia ez bizidunetik hoberen bereizten dituen ezaugarria.
- Biziaren jarraipena zelulen ugalketan edo **ZATIKETA ZELULARREAN** datza.
- Organismo zelulabakarretan, zelulen zatiketak organismo osoa ugaltzen du.

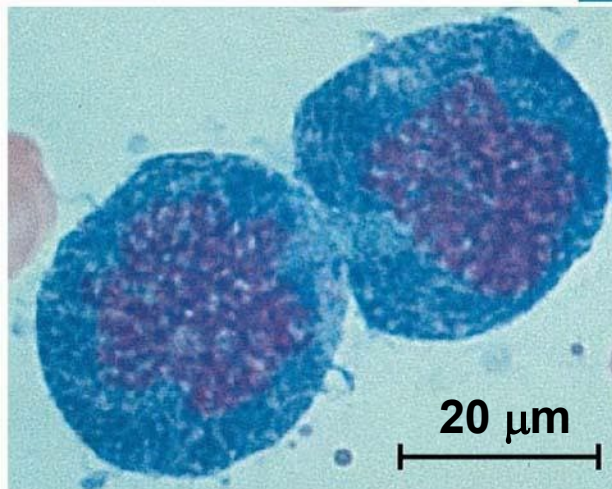
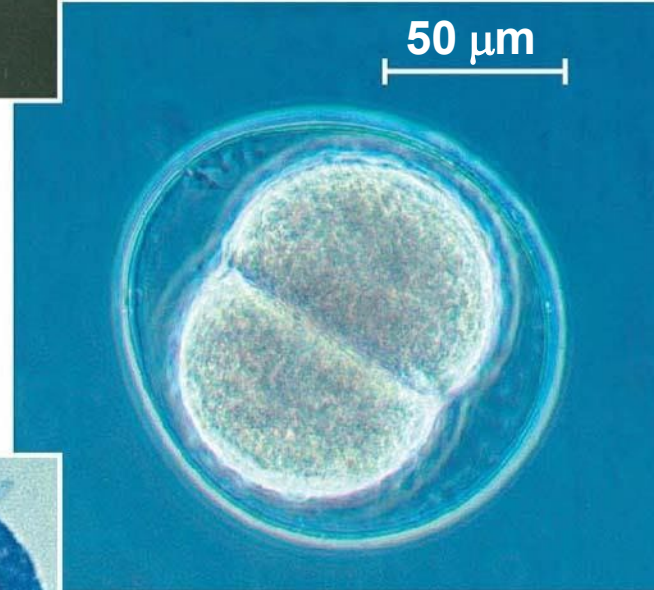
ZATIKETA ZELULARRAREN GARRANTZIA

- Organismo plurizelularretan zelulen zatiketaren ondorioz ugalketa gertatzen da, organismoa hazten da zelula batetik hasita eta zelulak berritzen, konpontzen edo ordezkatzeko dira behar den beste.
- Zatiketa zelularra **ZIKLO ZELULARRAREN** parte da. Ziklo zelularra zelula baten bizitza da, aurreko zelula baten zatiketaren ondorioz zelula sortzen denetik, zelula bera zatitzen den arte.
- Zatiketa zelularraren funtsezko betebeharrak bat material genetiko bera zelula aitzindaritik zelula alabetara pasatzea da.



◀ (a) Ugalketa

▶ (b) Hazkuntza
eta garapena



◀ (c) Ehunen berrikuntza

KONTROLA GALTZEN DENEAN

- Segunduro larruazalaren, hezur-muinaren, hesteen, gibelaren eta beste leku batzuetako milioika zelula zatitu egiten dira, zahartu, desgastatu, hil, edo hiltzeko zorian dauden haien aurrekoak ordezkatzeko.
- Ez dira zoriaren ondorioz bikoizten. Mekanismo desberdinak daude DNAREN erreplikapena kontrolatzen dutenak; zatiketa zelularra noiz hasten den eta noiz bukatzen den kontrolatzen dute.
- Zer gertatzen da zerbaitek funtzionatzen ez duenean? Arazo desberdinak.
Adibidez, zenbait mekanismok gaizki funtzionatzen dutenean zelularen zikloaren kontrola galtzen da. Zelula horren ondorengoek tumore bat (masa anormal bat) eratu dezakete ehun horretan, eta minbizia sor daiteke.

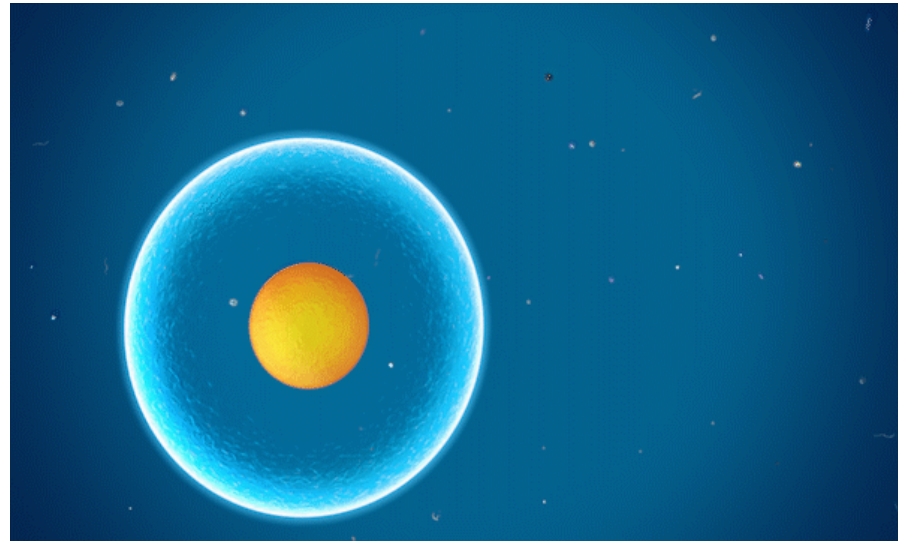
9.1 Zelula-zatiketarako mekanismoen orokortasunak

→ Zelulek eta organismoek ondorengoak sortzen dituzte ugalketa-prozesuari esker.

- Zelula bat ugaltzen denean, ondorengoetariko bakoitzak heredatu egiten du jatorrizko DNAn kodetutako informazioa eta baita zitoplasma nahikoa ere bere funtzioak abiarazteko.
- DNAk proteina-sintesirako instrukzioak ditu. Proteina batzuk material estrukturala dira eta beste batzuk entzimak dira, molekula organikoen sintesia bizkortzen dutenak.
 - Zelula berriak proteinak sintetizatzeko beharrezkoa den informazio guztia heredatzen ez duenean, ez da modu egokian hazten edota ez da behar bezala jarduten.

9.1 Zelula-zatiketarako mekanismoen orokortasunak

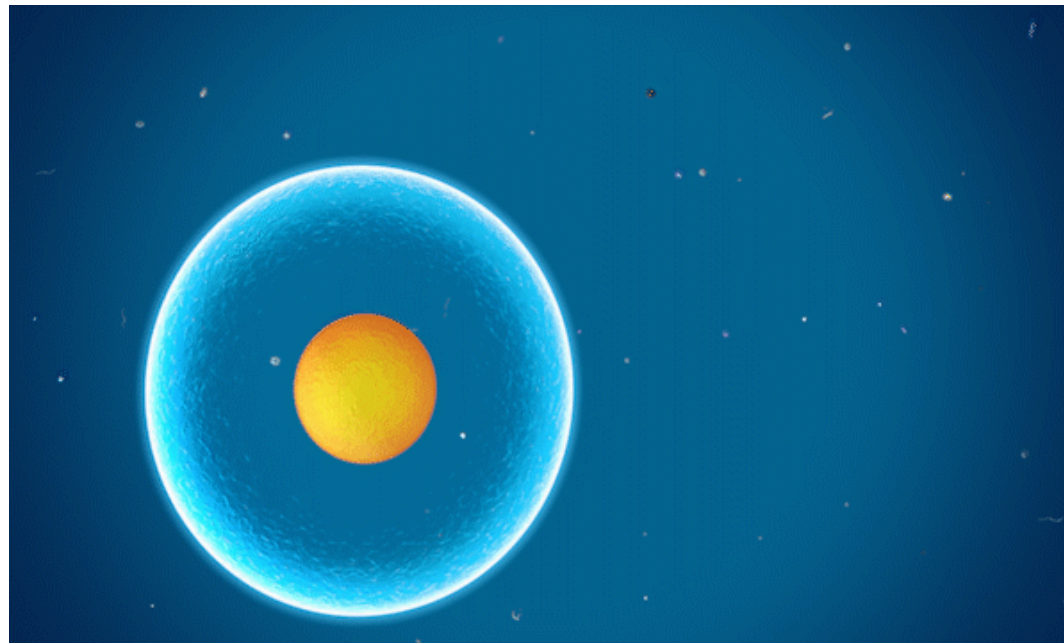
- Jatorrizko zelularen zitoplasma baditu bizi ahal izateko beharrezkoak diren entzima guztiak, organuluak eta mekanismo metaboliko guztiak.
 - Ondorengoak zitoplasma horretako parte bat heredatzean, eskuratu egiten ditu bere funtzionamendua abiarazteko bitartekoak.



ZATIKETA ZELULARRAK GENETIKOKI BERDINAK DIREN ZELULA ALABAK SORTZEN DITU

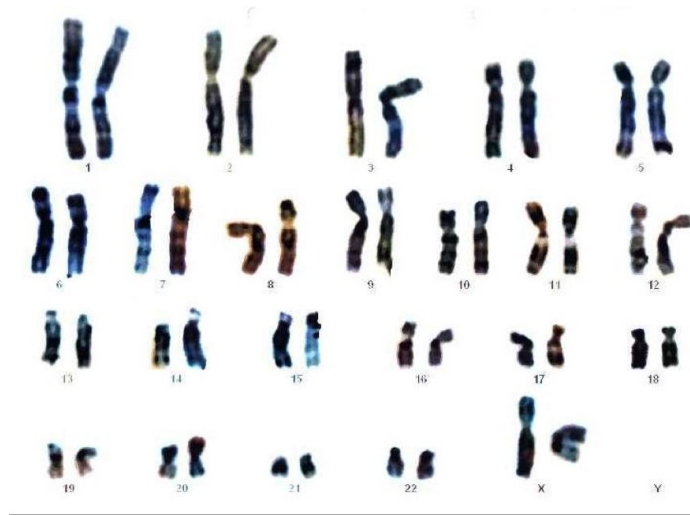
Zelulek haien material genetikoa bikoizten dute zatitu aurretik, kopia hauek zelularen mutur oposatuetara mugituko dira, eta orduan zelula zelula-alabetan zatituko da.

- Horrela zelula alaba bakoitzak material genetikoaren kopia berdin bat jasoko du.



MATERIAL GENETIKOAREN ANTOLAKETA ZELULARRA

- Zelula baten DNA hornidura (bere informazio genetikoa) bere **GENOMA** deitzen da.
- Zelula baten DNA molekulak **KROMOSOMETAN** paketatzen dira.
- Genoma izan daiteke **DNA molekula bakarra** (normalena prokariotoetan) edo **zenbait DNA molekula** (normalena zelula eukariotoetan).
 - Espezie eukarioto bakoitzak bere nukleoan kromosoma kopuru espezifiko bat du (gure kasuan 46).



MATERIAL GENETIKOAREN ANTOLAKETA ZELULARRA

- **ZELULA SOMATIKOEK** (ez dute ugalketa sexualean parte hartzen) bi kromosoma joko dauzkate (gizakietan $46 = 23+23$).
- **GAMETOEK** (ugalketa sexualean parte hartzen duten zelulak: espermatozoide eta obuluak) zelula somatikoek kromosomen erdia dute (gure kasuan 23).



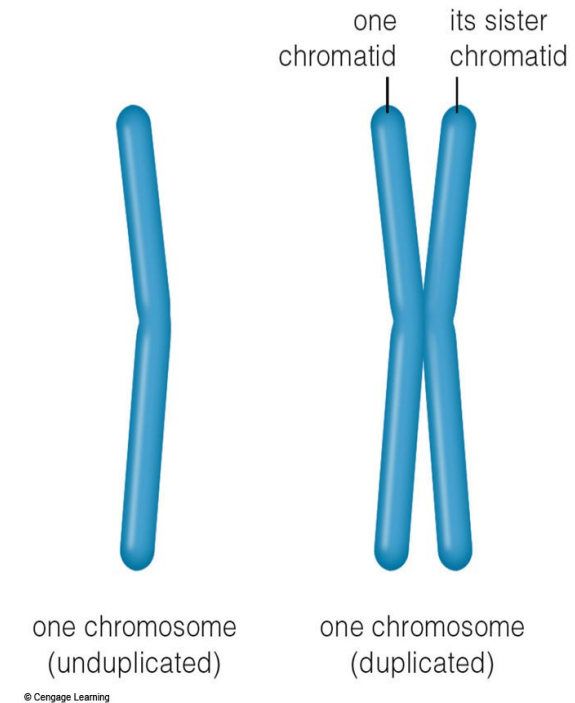
- Kromosoma eukariotoak **KROMATINAZ** osaturik daude, DNA eta proteinen konplexu bat zatiketa zelularrean zehar kondentsatzen dena.

KROMOSOMEN ANTOLAKETA ZATIKETA ZELULARREAN ZEHA

Espezie eukariotiko bakoitzaren informazio genetikoa kromosoma-kopuru zehatz batean banatuta dago.

Kromosomak desberdinak dira forma eta luzerari dagokienez, baita daramaten informazioari dagokionez ere.

Zelula eukariotikoa zatitu baino lehen, zelulak duen kromosoma bakoitza DNA molekula bat da, kate bikoitzekoa.



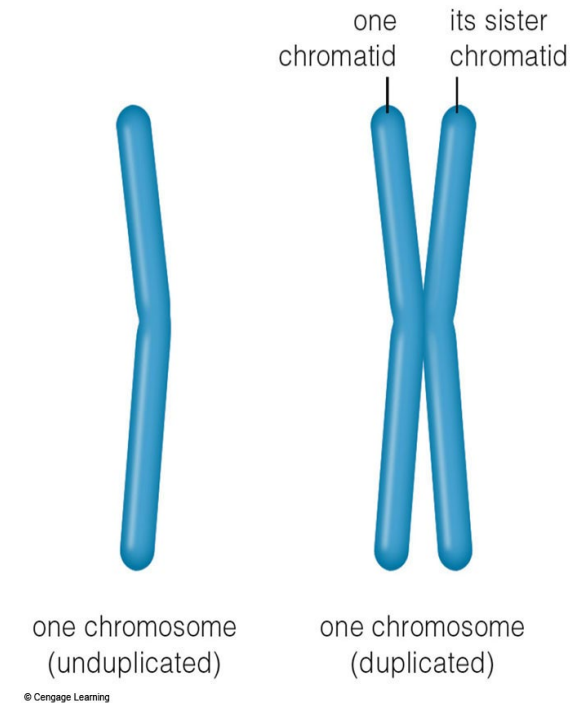
Kromosoma eukariotiko bat bikoiztu gabeko egoeran eta egoera bikoiztuan. Zelula eukariotikoek mitosis edo meiosis hasi aurretik bikoizten dituzte kromosomak.

KROMOSOMEN ANTOLAKETA ZATIKETA ZELULARREAN ZEHA

Kromosomak bikoiztu eta gero, kromosoma bakoitzak kate bikoitzeko bi DNA molekula ditu.

Bi DNA molekula horiek lotuta mantentzen dira kromosoma bakarra balira bezala, nukleo-zatiketaren azkenengo urrats batera arte.

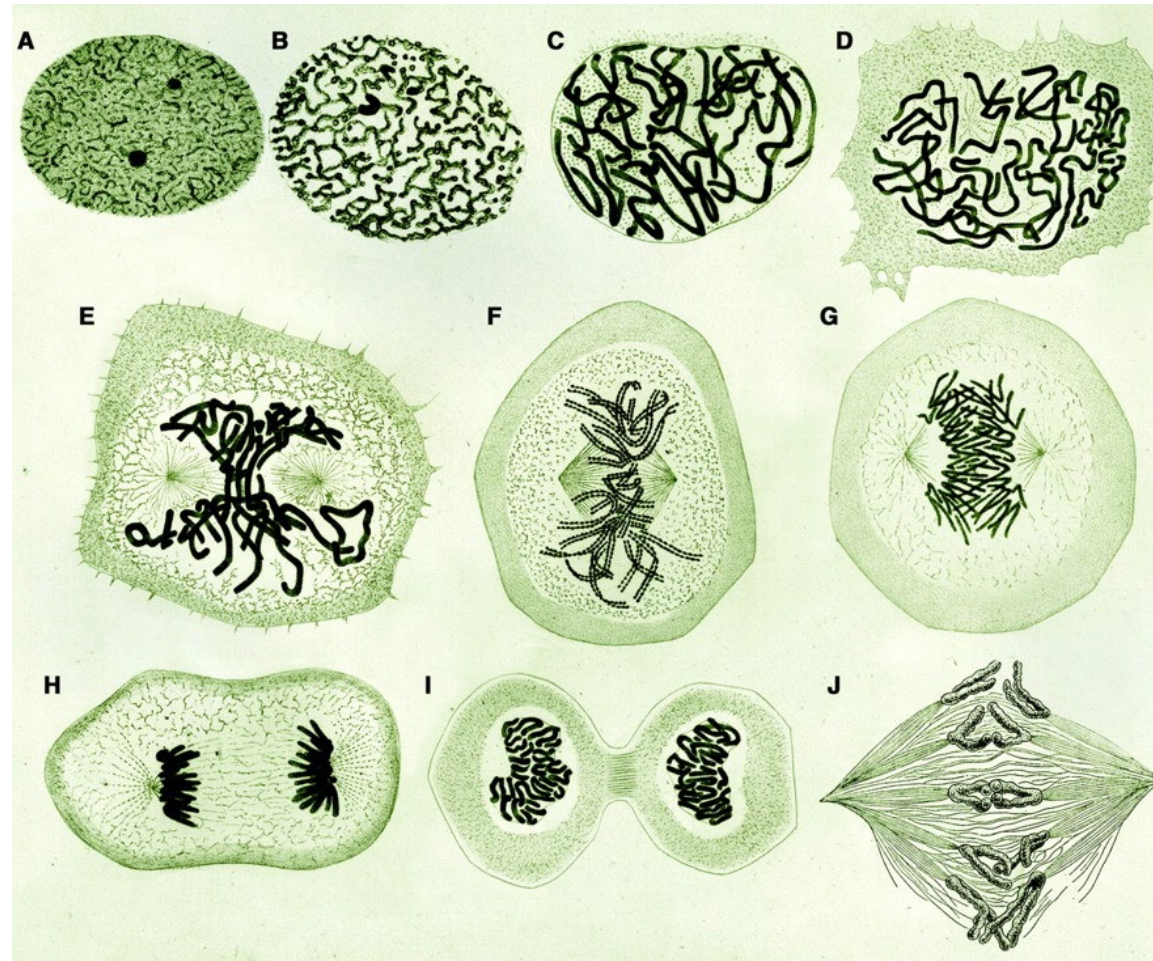
Banatu arte, kromosoma hauek **KROMATIDA AHIZPAK** direla esan ohi da.



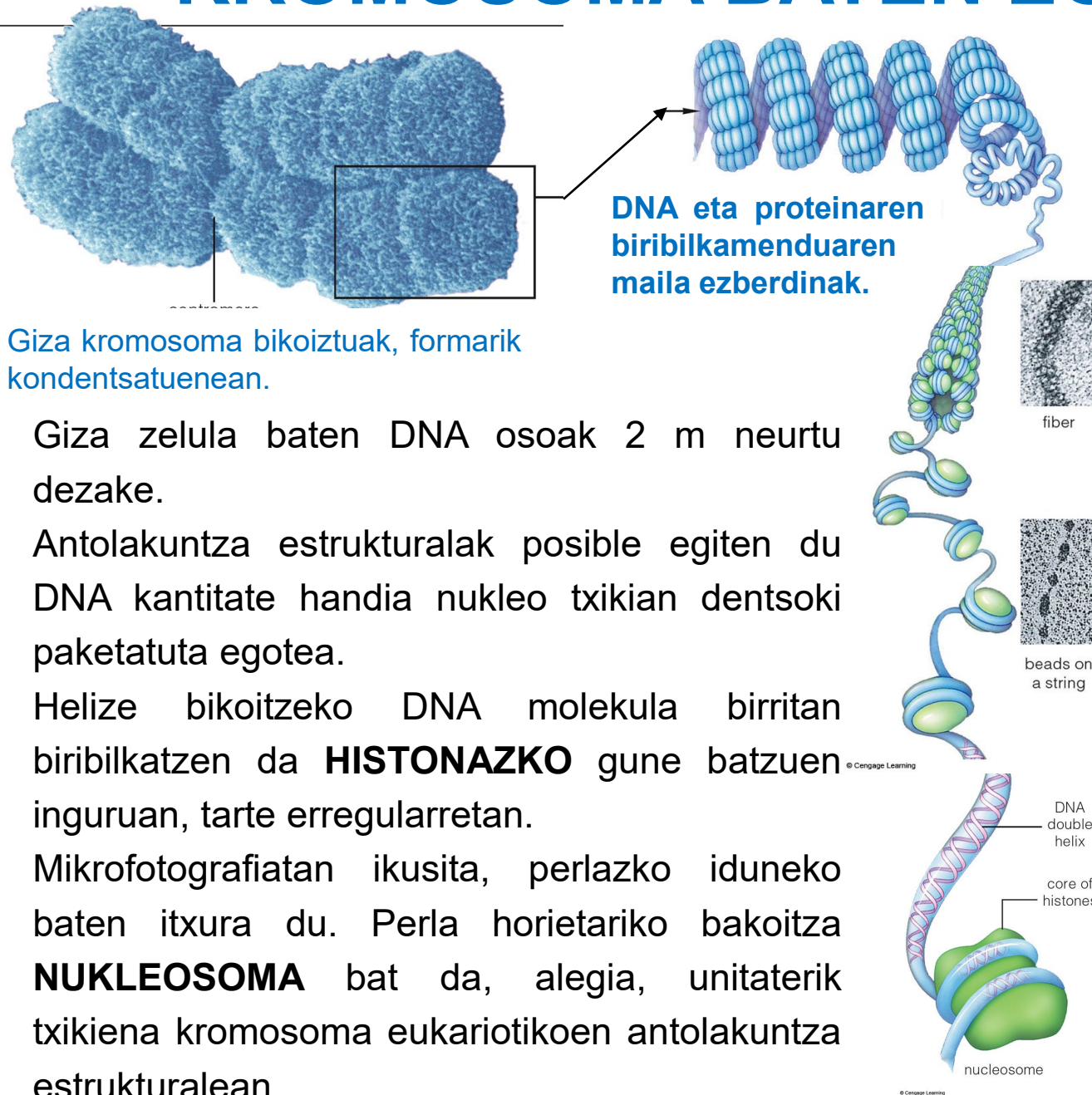
Kromosoma eukariotiko bat bikoiztu gabeko egoeran eta egoera bikoiztuan. Zelula eukariotikoek mitosia edo meiosis hasi aurretik bikoizten dituzte kromosomak.

Mitosi eta meiosiaren urrats goiztiarretan, kromosoma bakoitza bere buruarekiko biribilkatzen da behin eta berriro guztiz kondentsatu arte; momentu honetan mikroskopia optikoan ikusi daitezke.

Kromosomaren antolakuntza estrukturala DNAREN eta berarekin elkarturiko proteinen arteko interakzioek eragiten dute.



KROMOSOMA BATEN EGITURA



Giza kromosoma bikoiztuak, formarik kondentsatuenean.

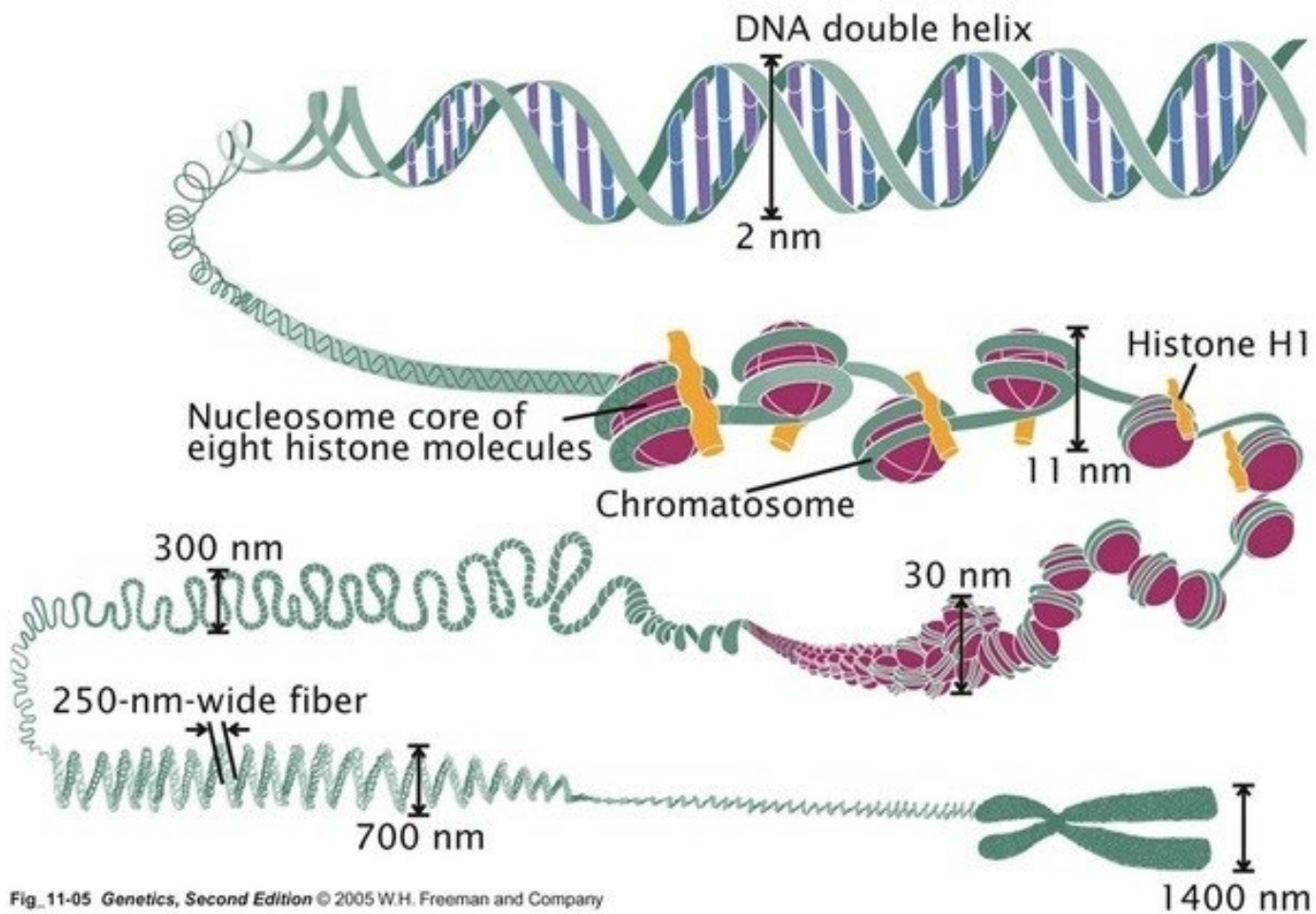
- Giza zelula baten DNA osoak 2 m neurtu dezake.
- Antolakuntza estrukturalak posible egiten du DNA kantitate handia nukleo txikian dentsoki paketatuta egotea.
- Helize bikoitzeko DNA molekula birritan biribilkatzen da **HISTONAZKO** gune batzuen inguruan, tarte erregularretan.
- Mikrofotografiatan ikusita, perlazko iduneko baten itxura du. Perla horietariko bakoitza **NUKLEOSOMA** bat da, alegia, unitaterik txikiena kromosoma eukariotikoen antolakuntza estrukturalean.

Kromosoma kondentsatuen aurkitzen denean, DNA du kiribil estuetan konprimatuta.

Kiribilak desbiribilkatzean, kromosomaren DNA molekula eta elkarturiko proteinak zuntz zilindriko modura agertzen dira.

Zuntzak laxatzean perlazko iduneko baten itxura hartzen du. Idunekoaren haria DNA molekula da eta perla bakoitza nukleosoma bat da.

Nukleosoma batean DNA molekularen partetxo bat dago bi bueltatan kiribilduta histona-proteinazko gune baten inguruan.



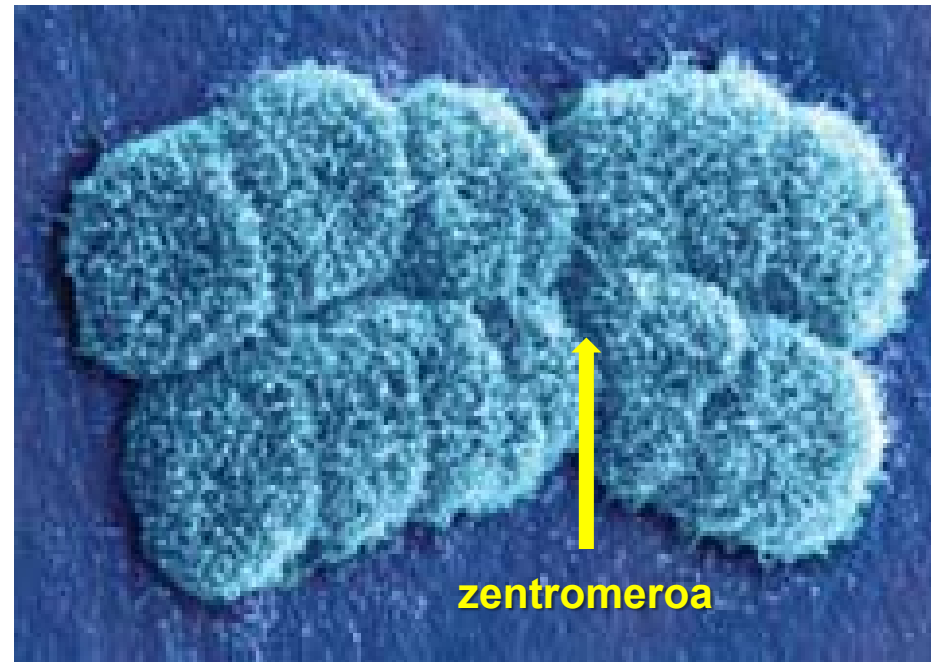
Zein izan daiteke antolakuntza horren zergatia?

Posible egiten du DNA kantitate handia nukleo txiki baten baitan gordetzea.

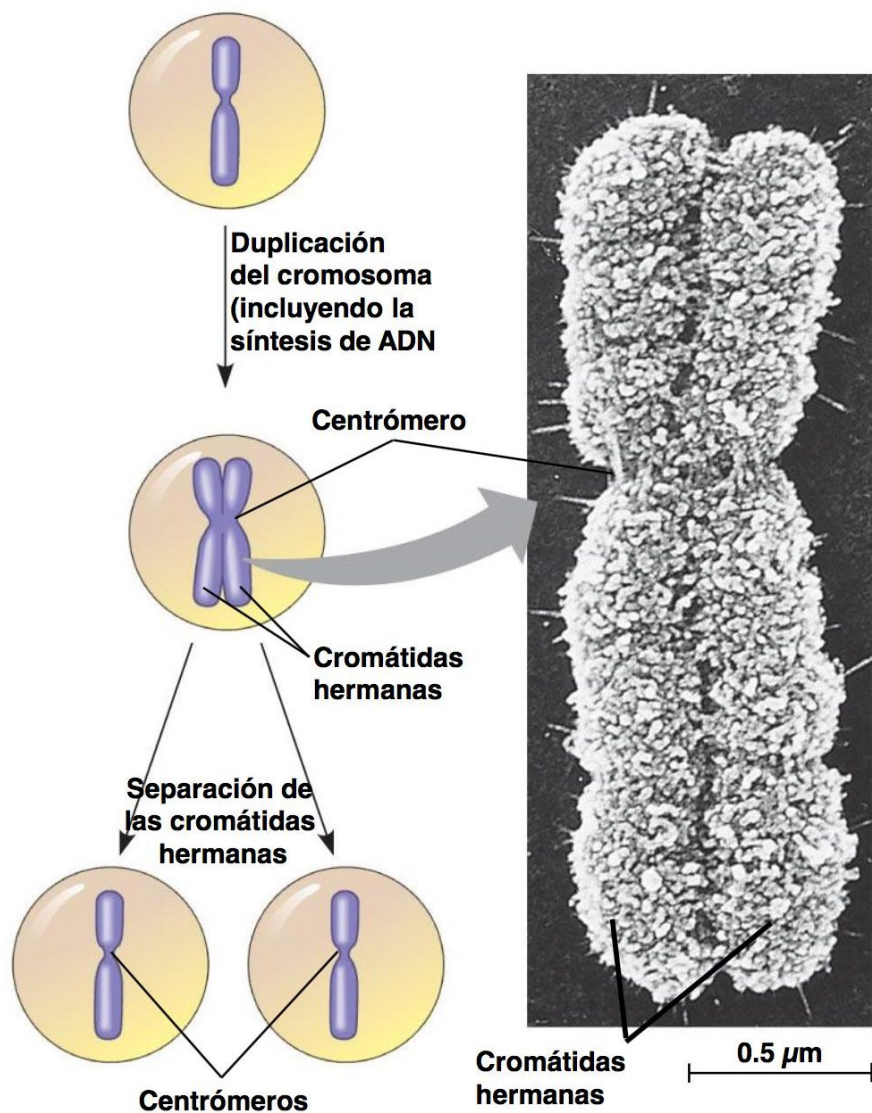
Adibidez, gure gorputzeko zelula baten DNA luzatuz gero 2 m-koa litzateke; luzera hori handiegia da diametroz $10\ \mu\text{m}$ dituen nukleo batean sartzeko.

Paketamenduak baditu erregulazio-xedeak ere, izan ere, entzimak ezin dira dentsoki paketatutako DNARA iritsi.

- Kromosoma bikoiztu bat kondentsatzen denean, kromatida ahizpak bata bestearekin biltzen dira eta **ZENTROMERO** deritzon gunean elkartzen dira.
- Zentromeroaren kokapena kromosoma-motaren arabera aldatzen da. Nukleozatiketan zehar **ZINETOKORO** bat eratzen da zentromeroan.
- Zinetokoroak lotura-guneak dira, zeintzuetan mikrotubuluak gardainatzen baitira kromatidekin.



Giza kromosoma bikoiztua, formarik kondentsatuenean.

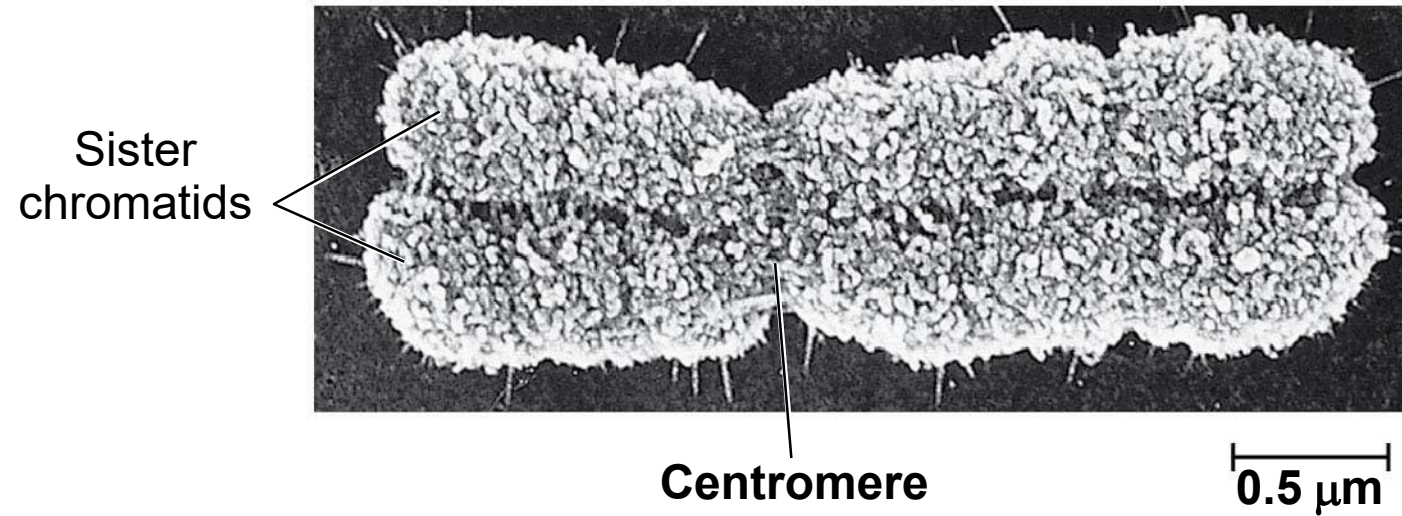


Zatiketa zelularra gertatzeko, DNA erreplikatzen da eta kromosomak kondentsatzen dira.

Bikoiztu den kromosoma bakoitzak bi kromatida ahizpa ditu, hauek zatiketa zelularrean bereizten dira.

ZENTROMEROA kromosoma bikoiztuaren "gerria" da, hemen kromatida ahizpak estuki elkarturik daude.

Figure 9.4



Zelularen zatiketari zehar, kromosoma bikoiztuetakoko bi kromatida ahizpak banatzen dira eta bi nukleotara mugitzen dira.

Behin banaturik, kromatidei kromosoma deitzen zaie eta nukleo berri bakoitzak zelula aitzindariaren DNA kromosoma zenbaki bera jasotzen du.

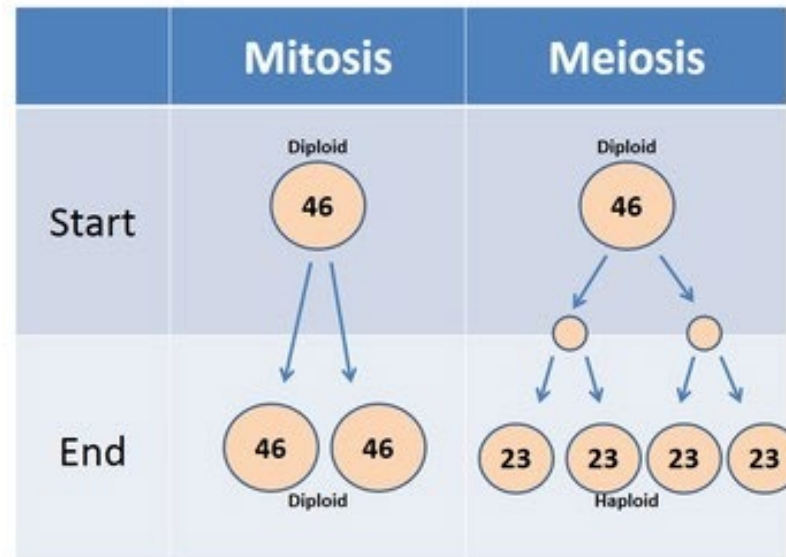
Mitosia edo nukleoaren zatiketari zitoplasmaren zatiketak jarraitzen dio, **ZITOZINESIAK**.

ZATIKETA ZELULARRAREN MEKANISMOEN KONPARAKETA

MITOSIA zelula-zatiketarako mekanismo bat da, eukarioto multizelularren zelula somatikoetan –gorputz-zeluletan– gertatzen dena.

Mitosia eta zitoplasmaren zatiketa dira gorputz-tamainaren emendioaren eta garapenaren oinarria, baita zelula kaltetuen eta zelula hilen ordezkapen jarraituarena ere.

Landare, animalia, onddo eta protisto unizelular asko mitosi bidez ugaltzen dira asexualki, norberaren kopia eginez.



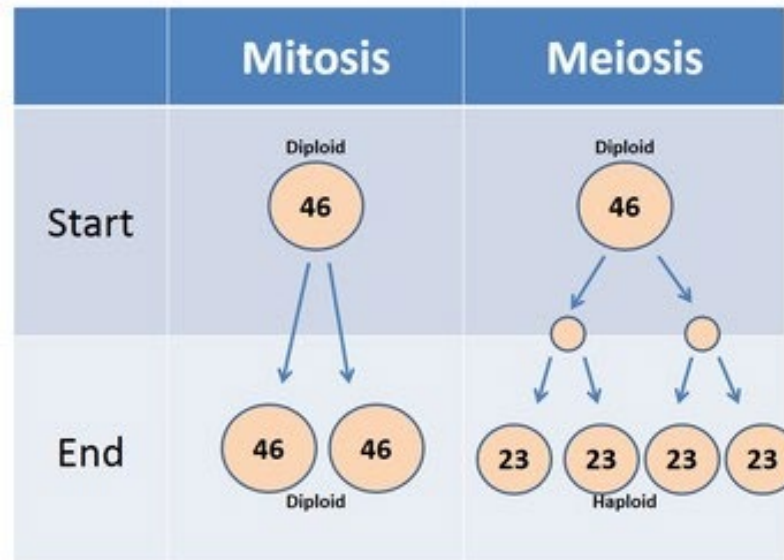
ZATIKETA ZELULARRAREN MEKANISMOEN KONPARAKETA

MEIOSIA zelula-zatiketarako mekanismo bat da, gameto eta esporen eraketarako gertatzen dena, ezinbestekoa ugalketa sexualerako.

Ugaztunetan gametoak –espermatozoide eta obuluak– hozi zeluletatik abiatuta garatzen dira.

Esporak onddo, landare eta protisto askoren bizi-zikloan eratzen dira.

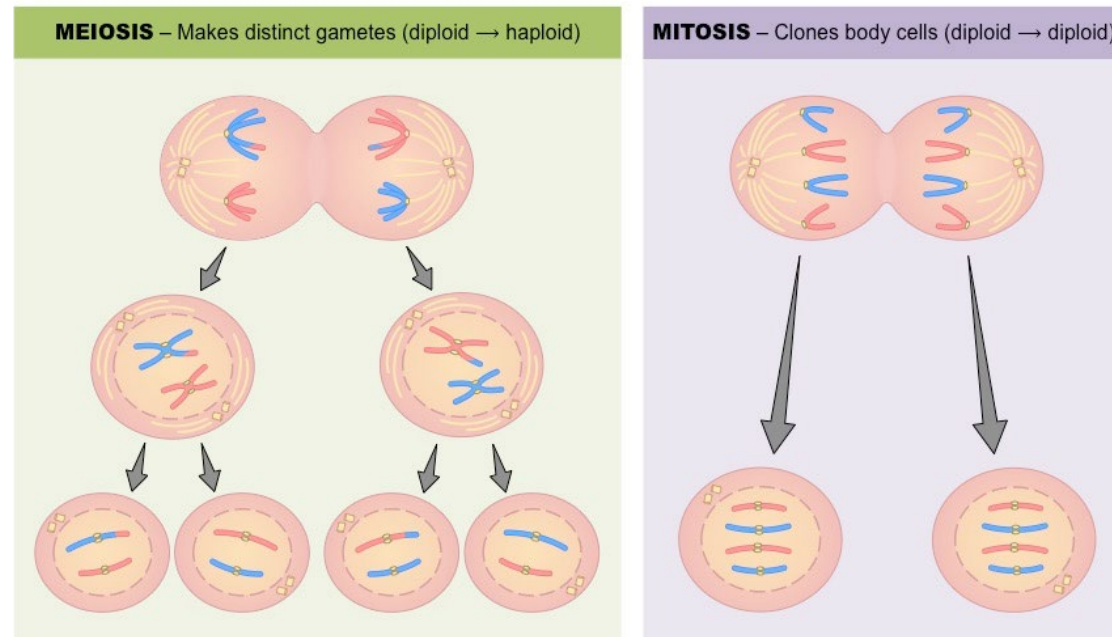
Zelula alaba hauek ez dira zelula aitzindariaren antzekoak, kromosoma joko bakarra dute.

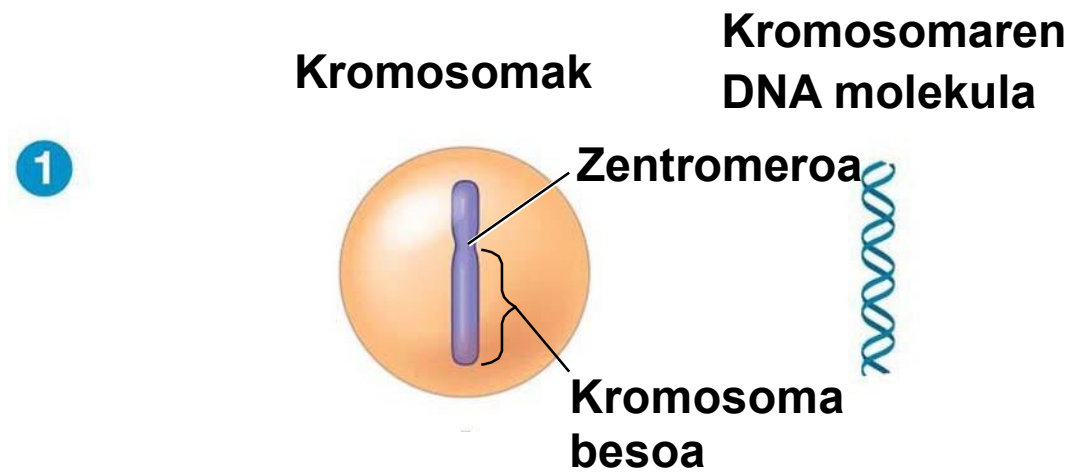


Zelula eukariotiko baten zatiketa:

- **Mitosia:** nukleoaren zatiketa.
- **Zitozinesia:** zitoplasmaren zatiketa.
- Gametoak zatiketa zelularraren aldaketa bati esker sortzen dira, prozesua **meiosi** deitzen da.

Meiosiak berdinak ez diren zelula alabak sortzen ditu, kromosoma joko bakarra dute, zelula aitzindariaren erdia.





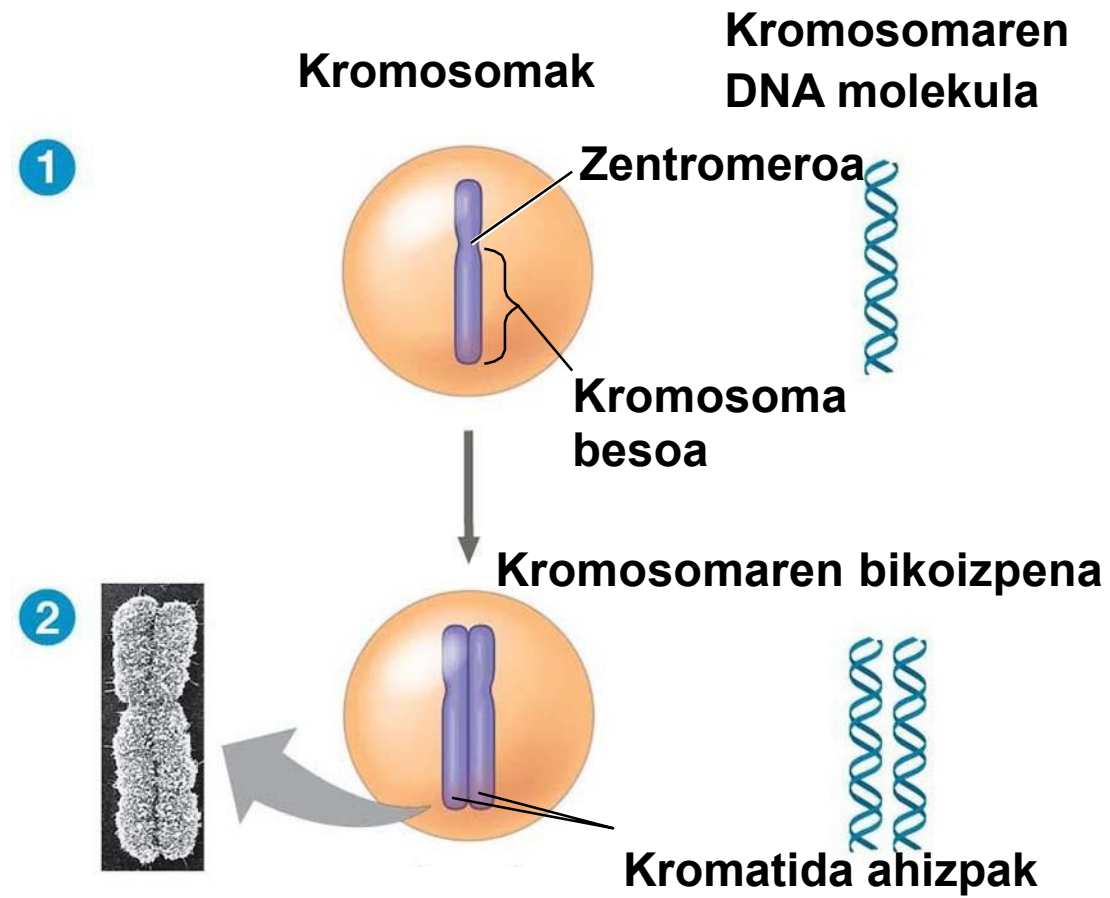
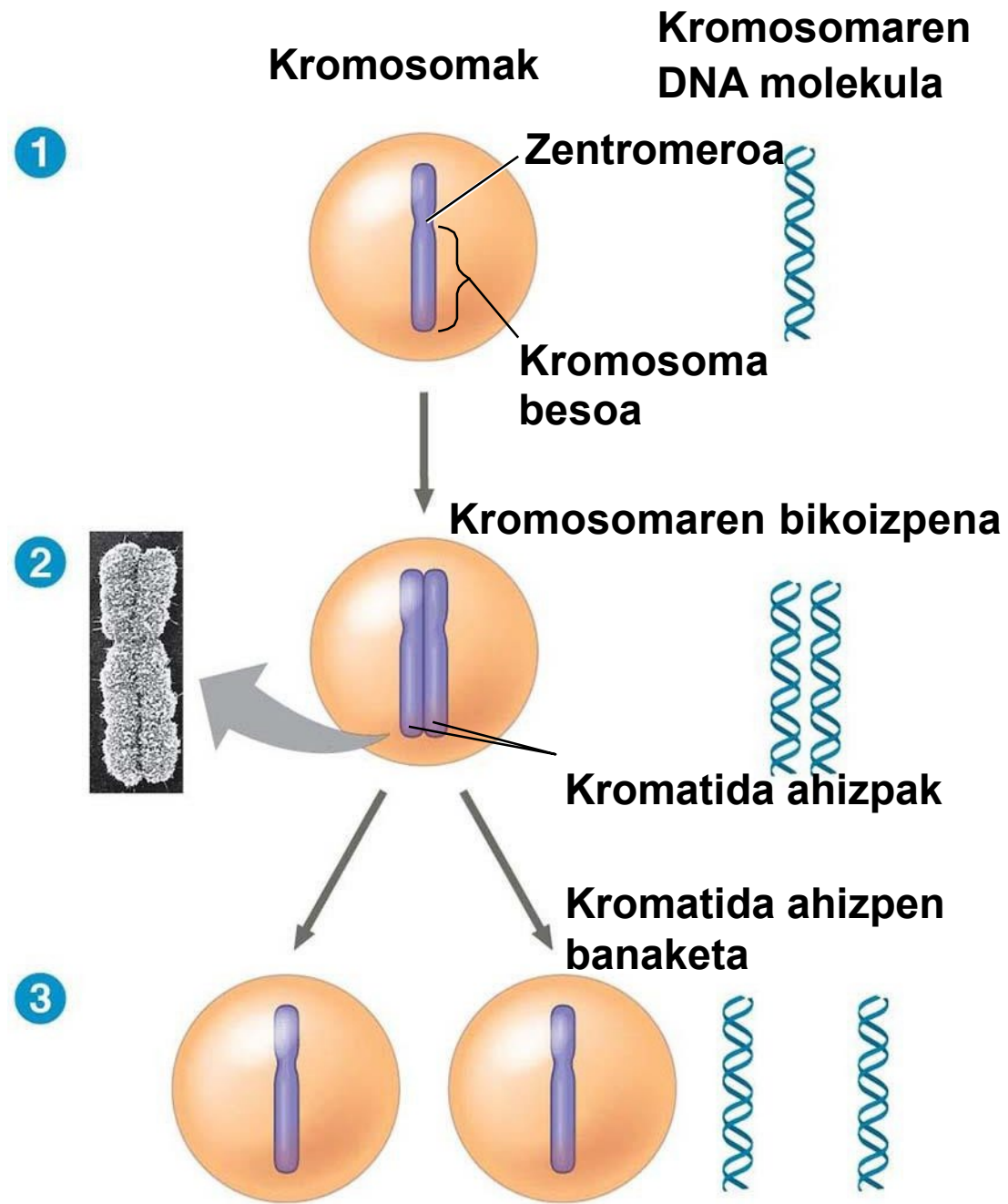
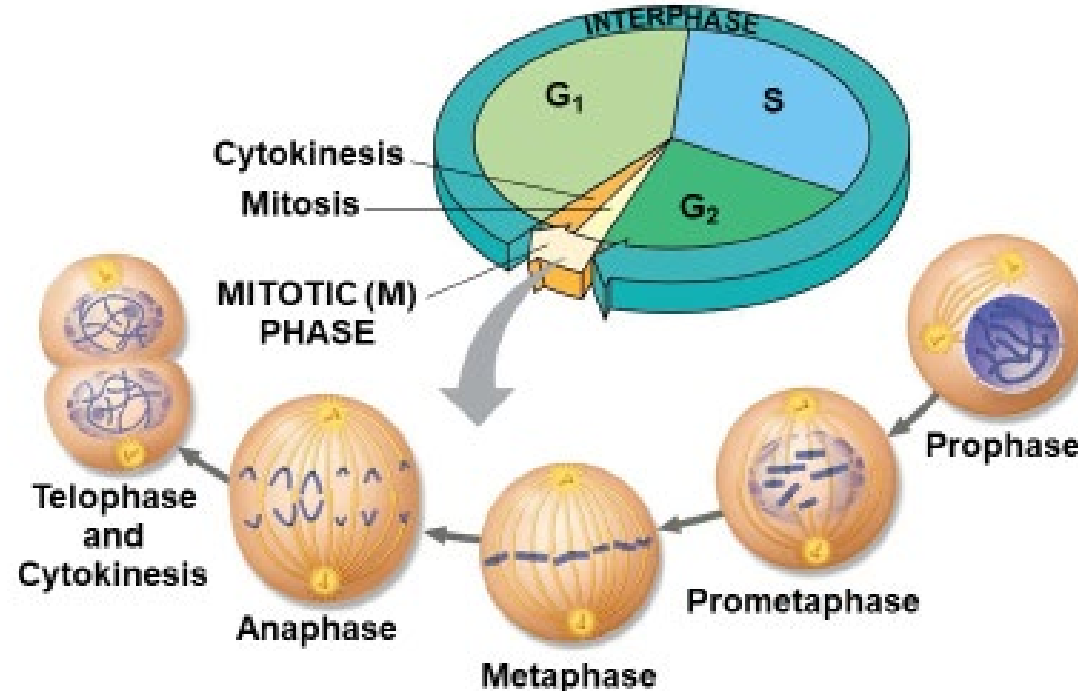


Figure 9.5-s3



9.2 Ziklo zelularrerako sarrera

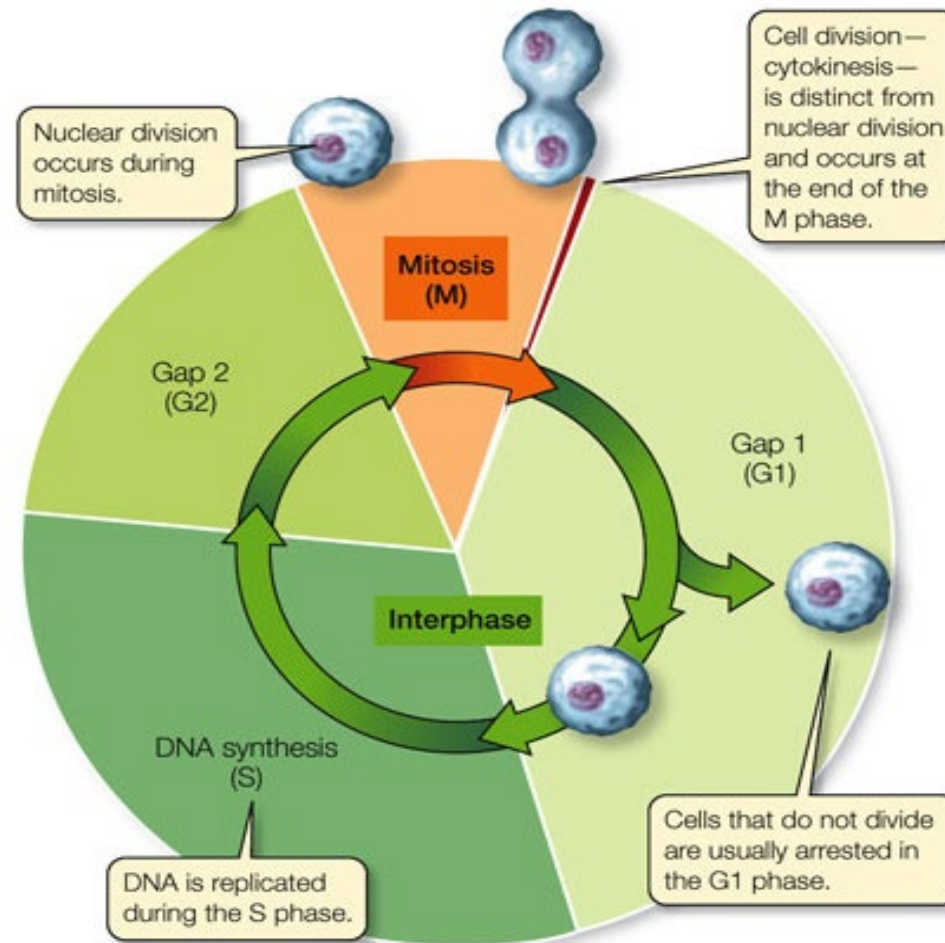
- 1882an, Walther Flemming anatomista alemaniarrek kromosomak mitosi eta zitozinesian ikusteko koloratzaileak garatu zituen. Flemming-ek uste zuen zatiketen artean zelulak bakarrik tamainaz handitzen ari zirela.
- Orain badakigu etapa honetan zehar gertaera kritiko asko gertatzen direla zelula baten bizitzan zehar.



Zelula-zikloa da zelula-zatiketa batetik hurrengo zelula-zatiketara arte gertatutako prozesuen segida.

Bi fase bereizten dira:

- **INTERFASEA**, hazkunde zelularren tarte luzea.
- **MITOSI-FASEA** (M), zeinean mitosis bera eta zitozinesia gertatzen diren, orokorrean fase laburrena da.



INTERFASEA

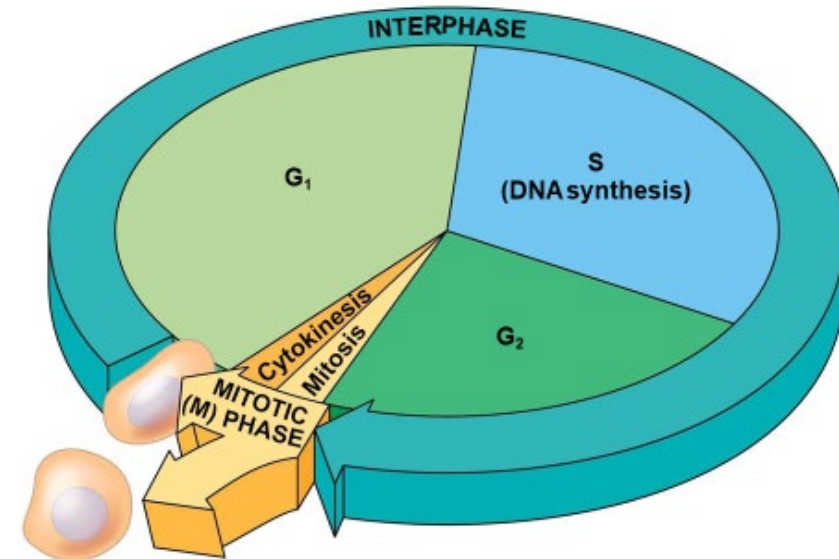
Interfasean (ziklo zelularren %90 dena) zelula hazi egiten da eta bere kromosomak kopiatzen ditu zatiketa zelularrerako prestatzeko.

Hiru fasetan bereizi daiteke:

- **G₁ fasea** (“lehen gap”)
- **S fasea** (sintesia)
- **G₂ fasea** (“bigarren gap”)

Zelula hiru faseetan zehar hazten da, proteinak eta mitokondrio eta erretikulu endoplasmatikoa bezalako organuluak ekoizten ditu, baina kromosomak S fasean zehar bakarrik bikoizten dira.

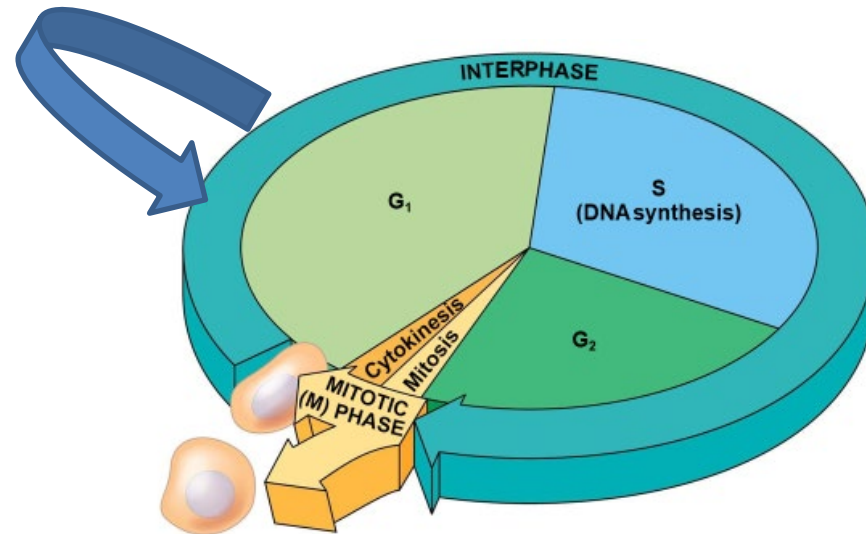
Figure 9.6



© 2010 Pearson Education, Inc.

INTERFASEAREN G₁ FASEA

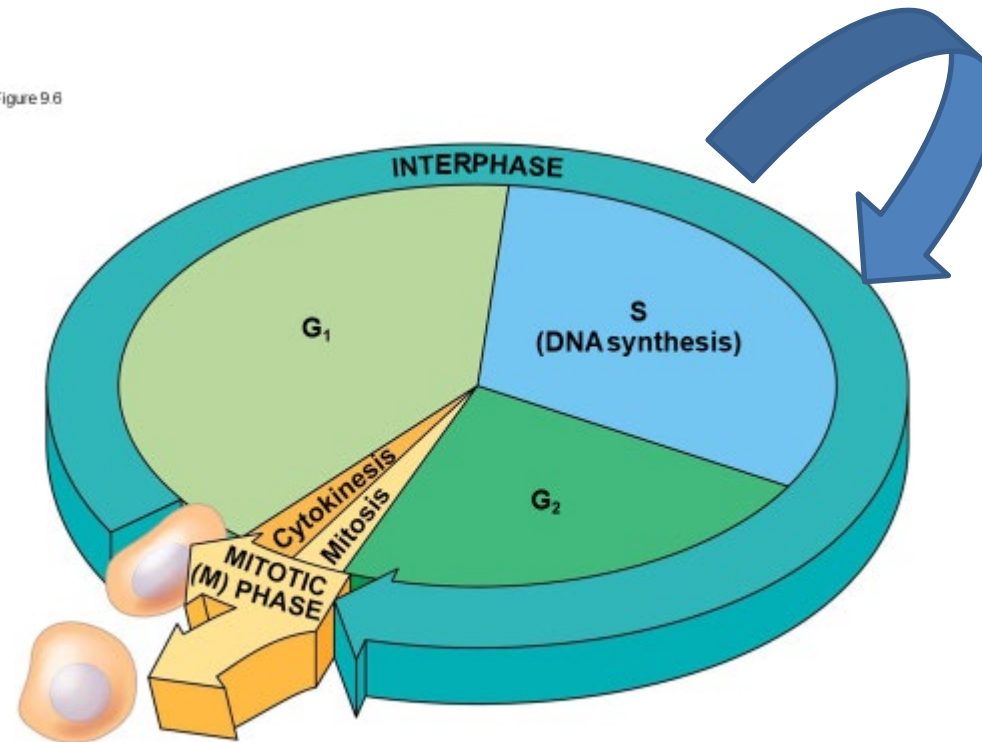
- Aktibitate biokimiko handia.
- Proteinen sintesi aktiboa.
- Zelulak bere tamaina handitzen du, entzimen kopurua, erribosomak, etab.
- Zenbait egitura hasieratik sintetizatzen dira (mikrotubuluak eta filamentuak).
- Mintza duten egiturak (lisosomak, bakuoloak, etab.) berritzen dira eta haien tamaina handitzen da, lipido eta proteinen sintesi aktiboaren ondorioz.
- Kloroplastoak eta mitokondrioak erreplikatzeko dira.



INTERFASEAREN S FASEA

- S fasean DNAREN bikoizpena gertatzen da eta baita horri loturik dauden histonena ere. Prozesu anaboliko bat da.

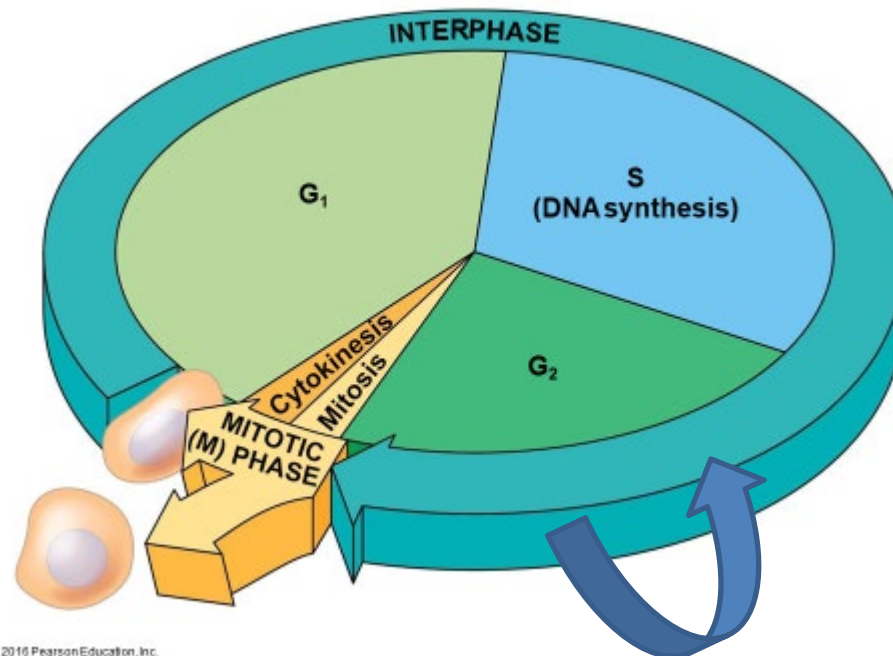
Figure 9.6



INTERFASEAREN G₂ FASEA

- Zatiketa zelularrerako azken antolaketak gertatzen dira.
- Bikoiztu diren kromosomak biribilkatzen eta era konpaktu batean kondentsatzen hasten dira.
- Zentriolo parearen bikoizketa gertatzen da.
- Zelula zatiketarako beharrezkoak diren egiturak antolatzen hasten da.

Figure 9.6



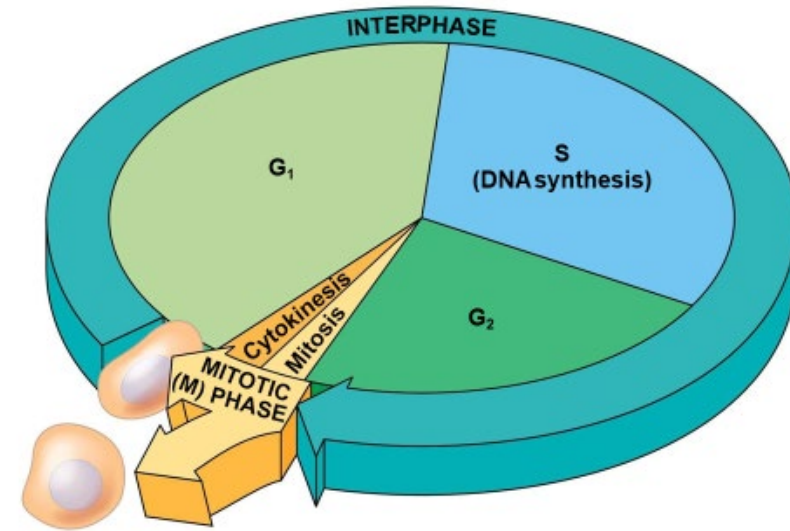
MITOSIA

Mitosian nukleoa zatitzen da, bikoiztu diren kromosomak era orekatu batean banatzen dira, zitozinesia gertatzen da eta bi zelula alaba sortuko dira.

5 fasetan bereizten da:

- **Profasea**
- **Prometafasea**
- **Metafasea**
- **Anafasea**
- **Telofasea**

Figure 9.6



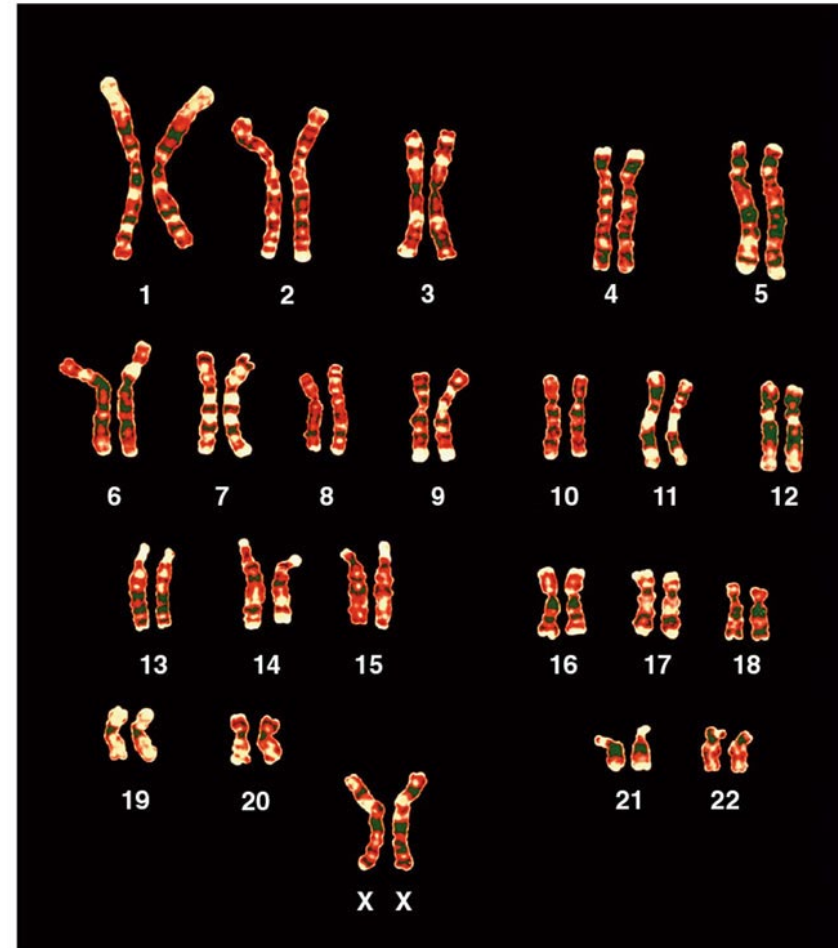
© 2010 Pearson Education, Inc.

Zitozinesia telofasearen amaieran martxan dago.

G₂ subfasearen ondoren, zelularen mitosia hasten da eta horren ondorioz zelula alaba berdintsu bi sortzen dira, bakoitzak jatorrizko zelularen kromosoma kopuru eta kromosoma mota berak dituelarik.

KROMOSOMA-ZENBAKIA da zelula baten kromosoma guztien batura.

Gorilen zelulek 48 dauzkate; gizakion zelulek 46.



Giza gorputzeko zelulek mota bakoitzeko kromosoma bi dituzte: kromosoma-zenbaki **DIPLOIDEA** dute ($2n$). Hau da, 46 kromosomak, kromosoma-multzo bi dira, 1etik 23ra zenbakituta.

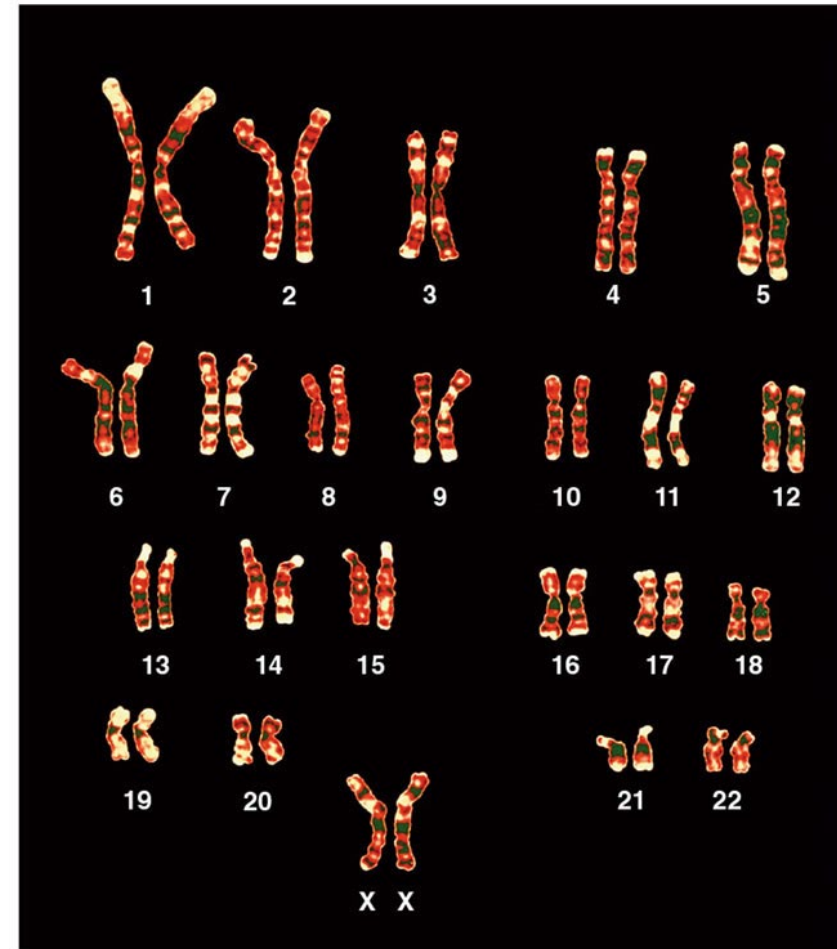
Mota bakoitzeko bi kromosoma berdin daude, alegia, pare bana.

➤ Salbuespena: gizonezkoen kromosoma sexualen parearen kasua, XY baita.

Pare bereko kromosomek luzera eta forma bera dute, eta ezaugarri berberei buruzko informazioa daramate.

Giza gorputzeko zelulak diploideak dira: 23 pare kromosoma dituzte, 46 orotara.

Giza kromosomen multzoko azkenak kromosoma sexualak dira: emakumezkoek X kromosoma bi dituzte, gizonezkoek X kromosoma bat eta Y kromosoma bat.



© Cengage Learning

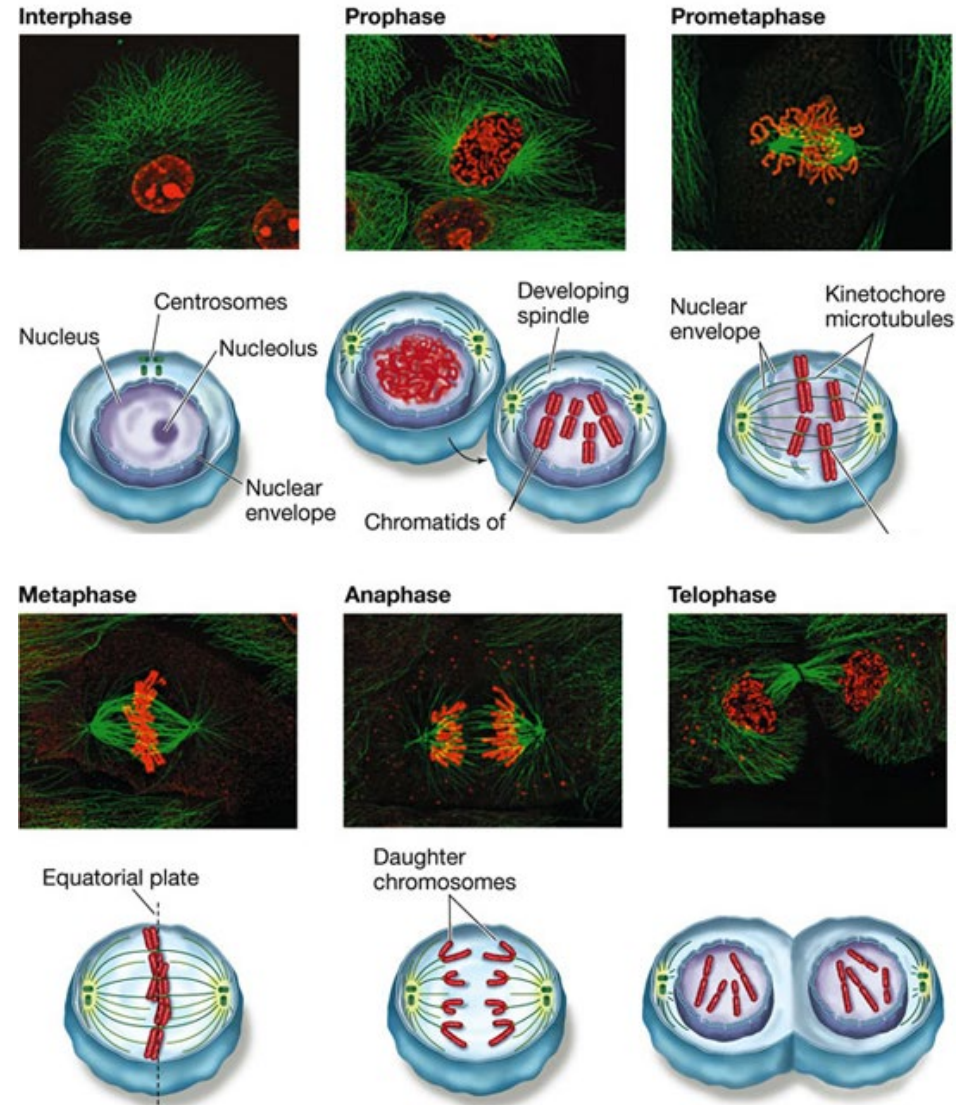
9.3 Mitosia

Nukleoa mitosi bidez erdibitzen denean, nukleo berri bakoitzak jatorrizko zelularen kromosoma kopurua du.

Bost fase nagusi:

- Profasea
- Prometafasea
- Metafasea
- Anafasea
- Telofasea

➤ Zelula batek kromosomak bikoizten ditu interfasean, beraz, mitosi hasten denean kromosoma bakoitza kromatida ahizpa biz osotua dago, zentromerotik lotuak.



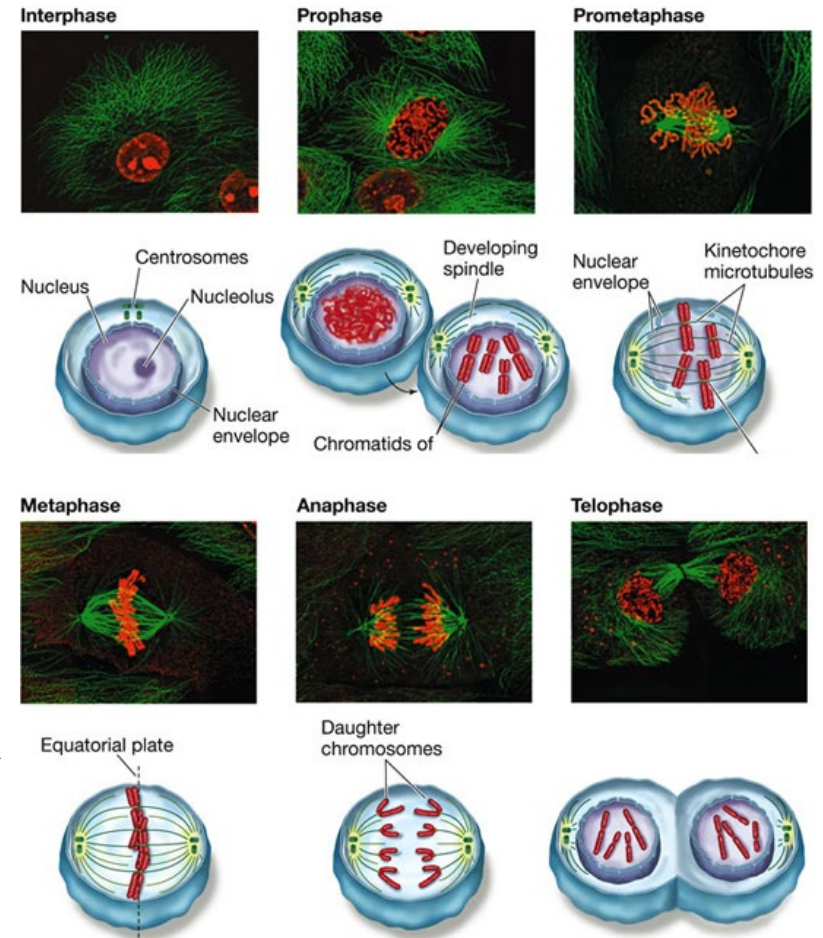
- **Profase** bitartean kromosomak kondentsatu eta ikusgarri bihurtzen dira mikrofotografietan.

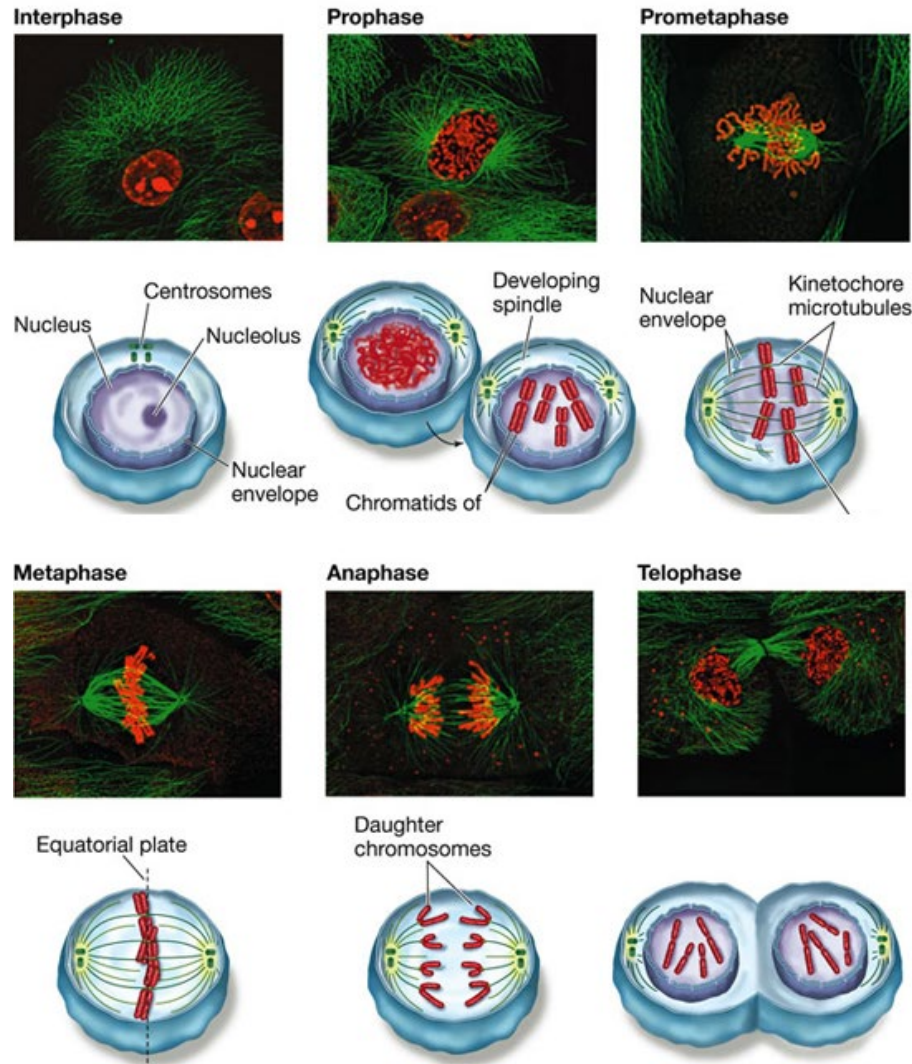
Mitosi grezierazko *mitos* (=firu) hitzetik dator, kromosomek nukleo-zatiketan zehar duten firu-itxuragatik.

- Profasean, zentrosoma bietariko bat (bere zentriolo-parearekin batera) nukleoaren kontrako beste puntara mugitzen da.

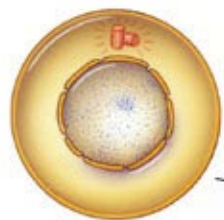
- Ardatz mitotiko bipolarra eratuko duten mikrotubuluak haziz doaz zentrosoma bietatik abiatuta.

- Mikrotubuluetan zehar mugitzen diren motore proteinek laguntzen dute ardatz mitotikoa norabide zuzenean haz dadin. Motore proteinen mugimendua ATParen energiak bultzatua da.



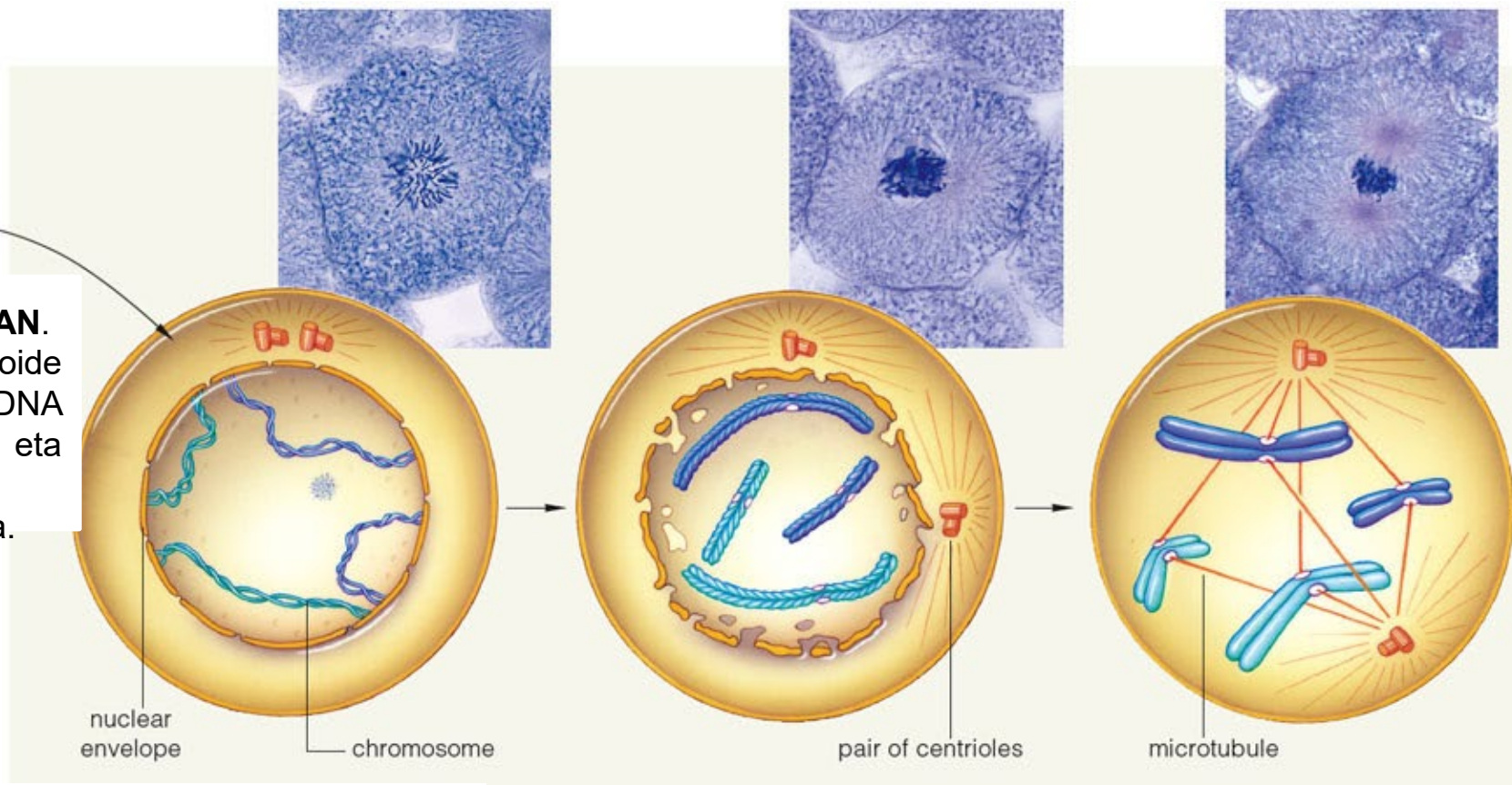


- Profasea amaitzen ari denean, nukleo-estalkia hautsi egiten da eta ardatzeko mikrotubuluak alde nuklearrera sartzen dira (prometafasea).
- Kromosoma bakoitzeko kromatida bat elkartzen dute ardatz mitotikoaren polo batetik luzatzen diren mikrotubuluek, eta haren kromatida ahizpa kontrako polotik luzatutako mikrotubuluek lotzen dute.
- Mikrotubuluak hazi eta kromatidak elkartzen dituzten neurrian, kromosomak lerrokatuta gelditzen dira ardatz mitotikoaren erdialdean.



ZELULA INTERFASEAN.

Zelula diploide batek DNA bikoizten du eta mitosirako prestatzen da.



PROFASE GOIZTIARRA.

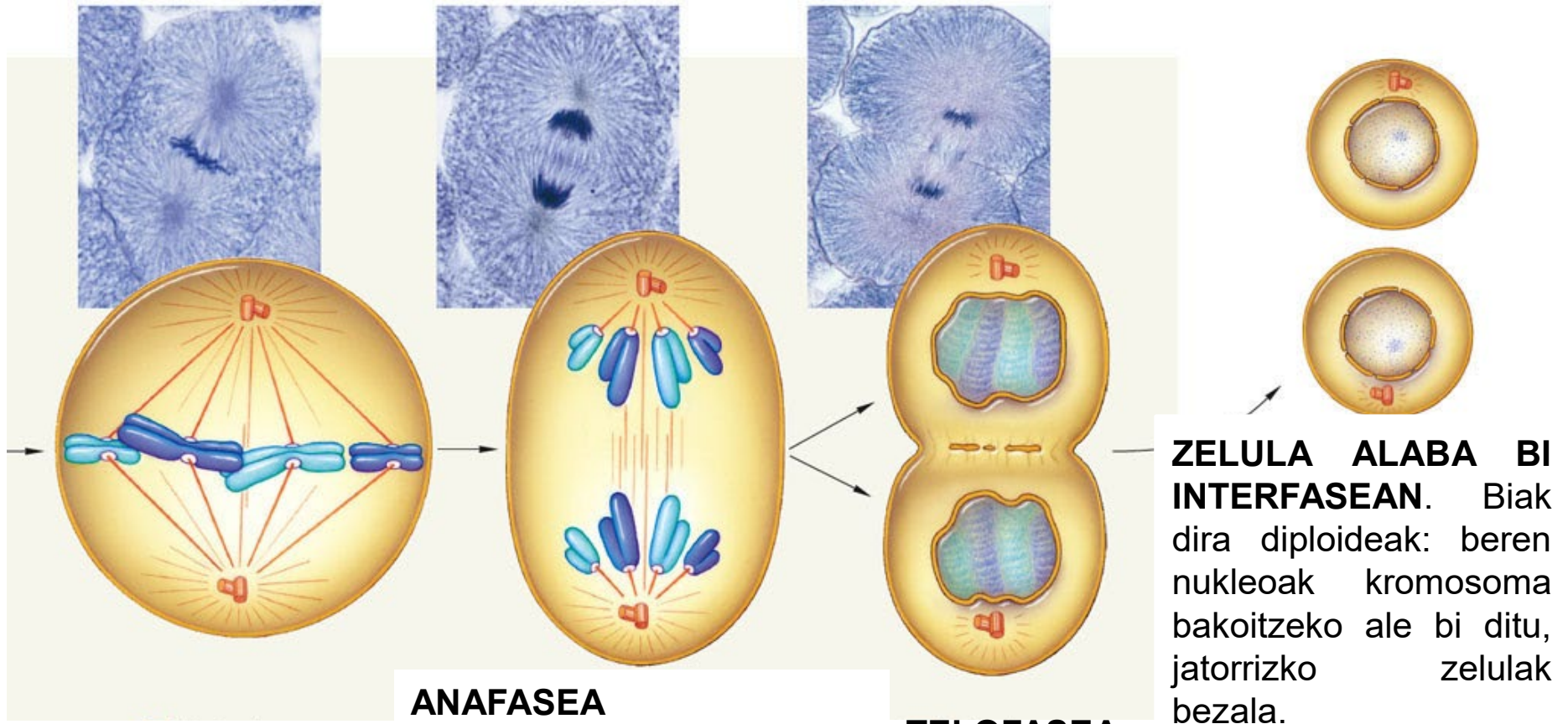
Mitosia abiatu da. Nukleoan kromatinak itxura bikortsua hartzen du (kondentsatzen hasi da).

PROFASEA

Gehiago kondentsatzean, kromosomak ikuskor egiten dira banaka. Mikrotubuluak gardainatu egiten dira eta zentrosomak bultzatzen dituzte nukleoko alde oposatuetara. Nukleo-estalkia urratu egiten da.

METAFASERAKO TRANTSIZIOA

Estalki nuklearra desagertzen da eta kromosomak egoerarik kondentsatuenean ikusten dira. Ardatz bipolarreko mikrotubuluak gardainatu eta kromatida ahizpak polo oposatuetara lotzen dituzte.



METAFASEA

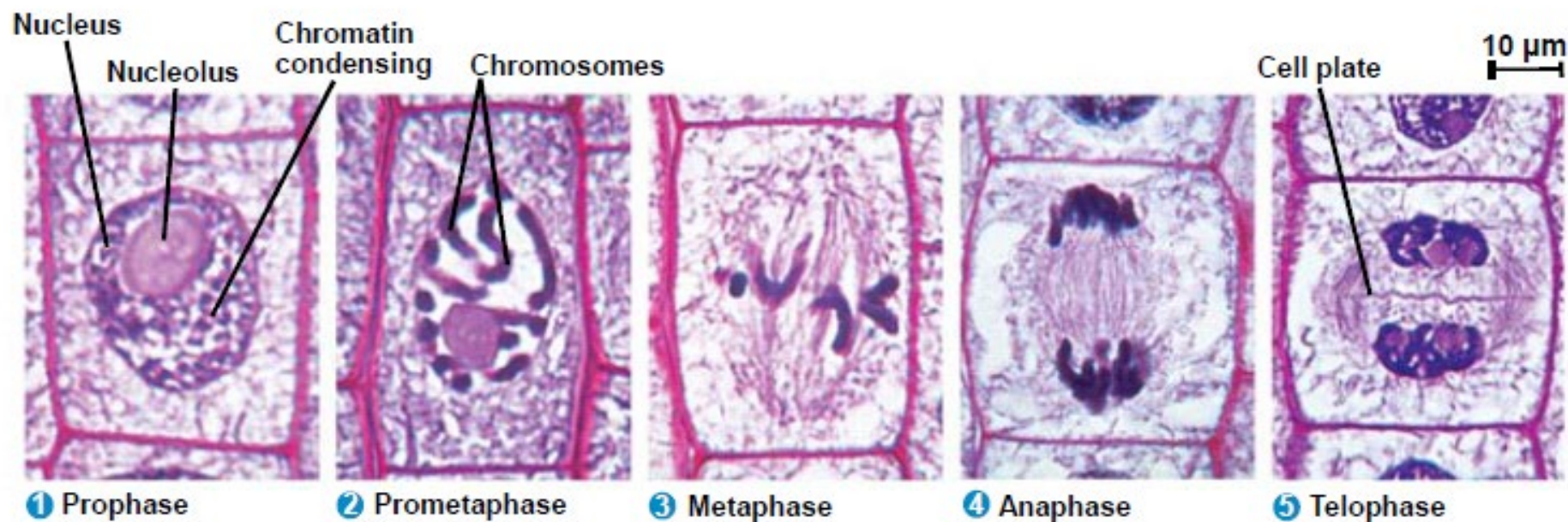
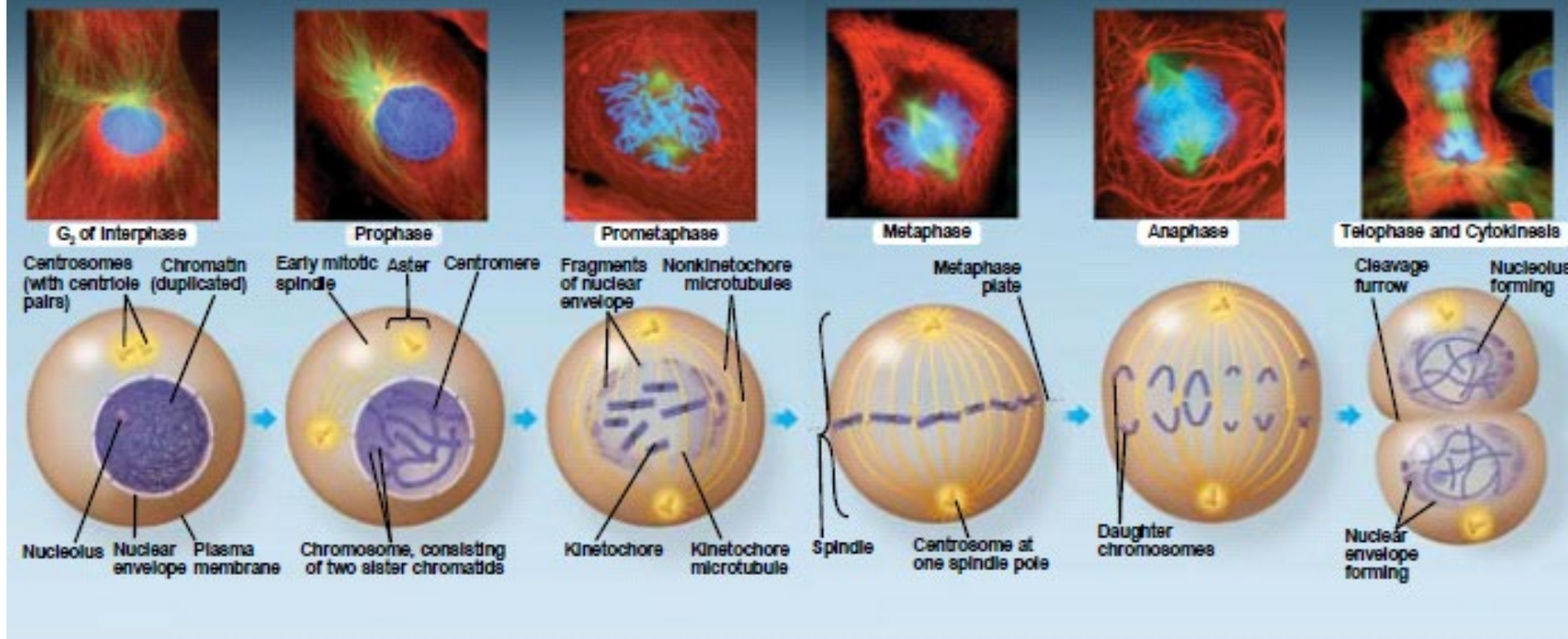
Kromosoma guztiak lerrokatu egin dira ardatzaren erdialdean. Mikrotubuluek kromatida bakoitza lotzen dute poloetariko batera, eta kromatida ahizpa polo oposatura.

ANAFASEA

Ardatzeko mikrotubuluetatik mugitzen diren motore proteinek bultzatzen dituzte kromatidak poloetarantz, eta beraz banandu egiten dira kromatida ahizpak. Izatez, kromatida ahizpa bakoitza kromosoma bat da honezkero.

TELOFASEA

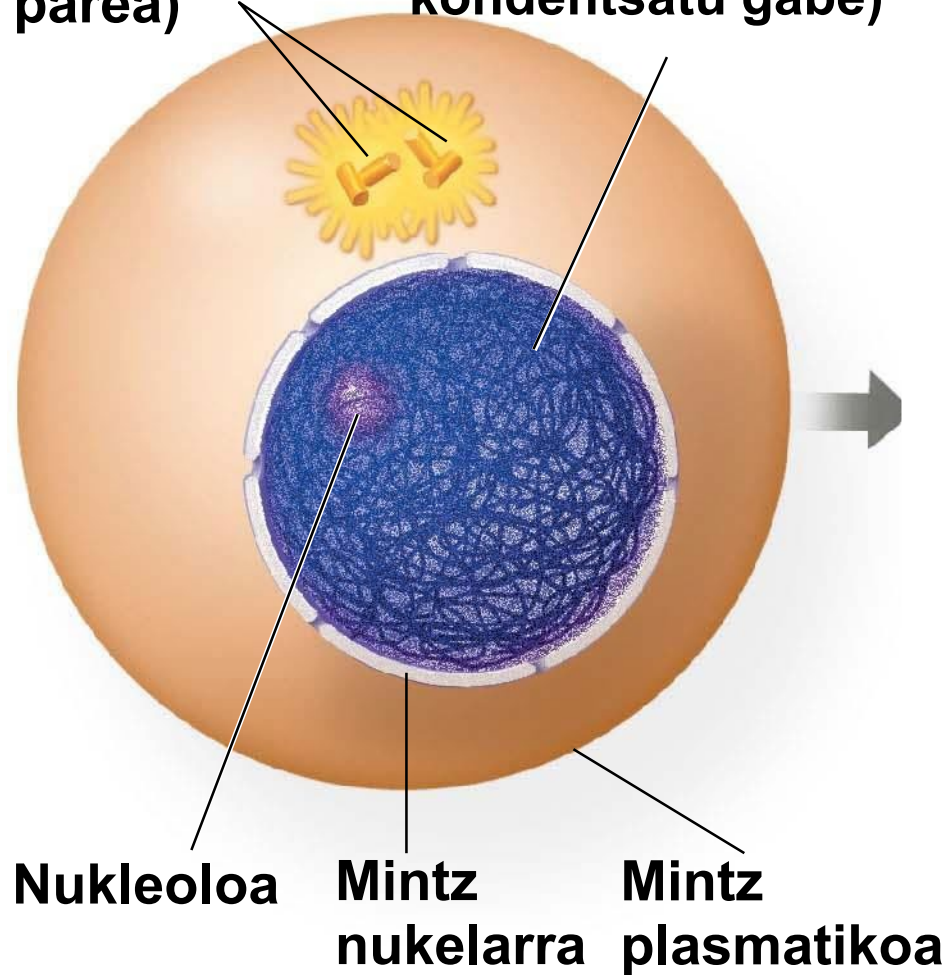
Kromosomak poloetara iristen dira eta deskondentsatu egiten dira. Polo bakoitzeko kromosoma-multzoaren inguruan estalki nuklear bana eratzen da. Mintz plasmatico berria sortuz amaitzen da mitosia.



INTERFASEAREN G2

Zentrosomak
(zentriolo
parea)

Kromosomak
(bikoiztuak,
kondentsatu gabe)



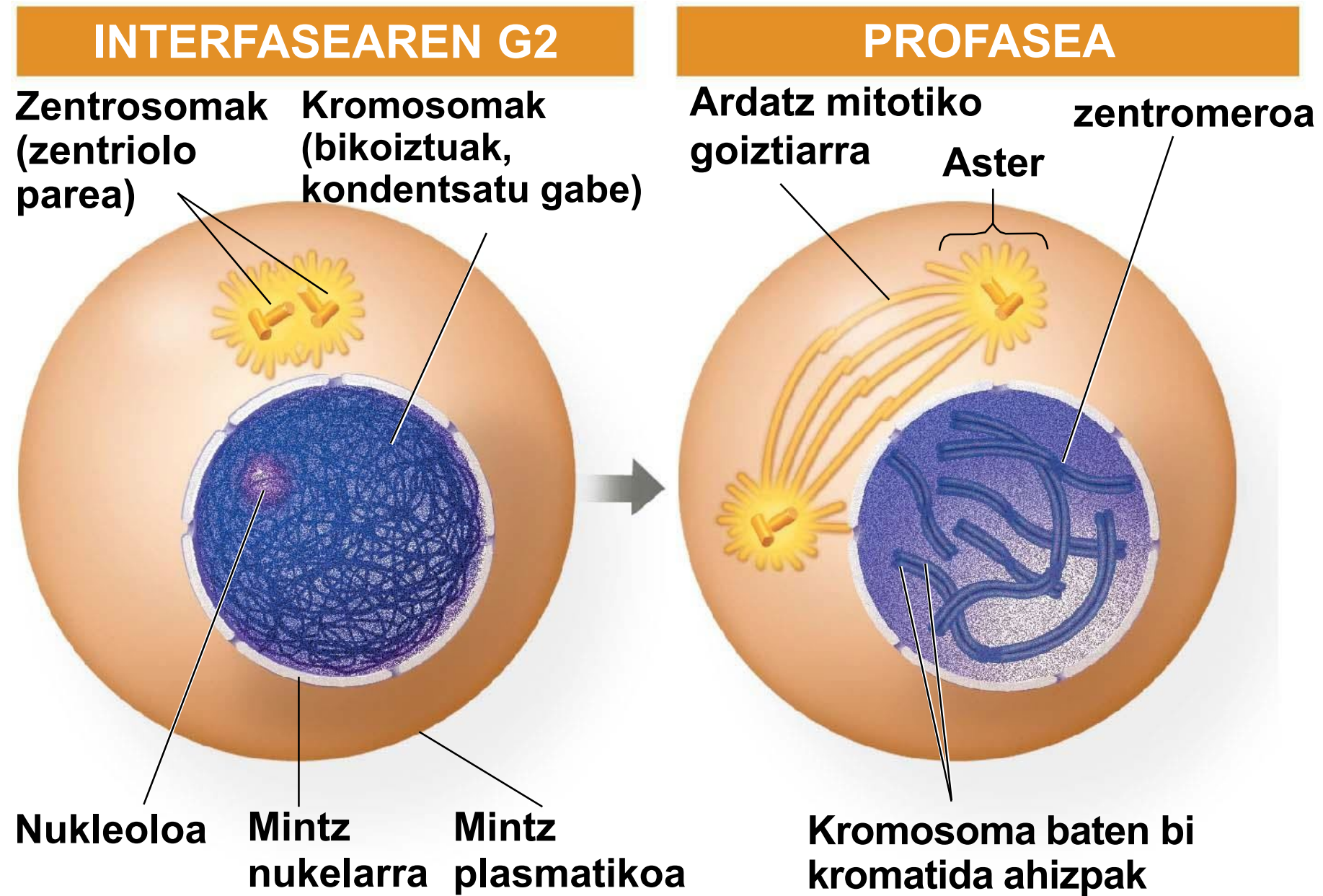
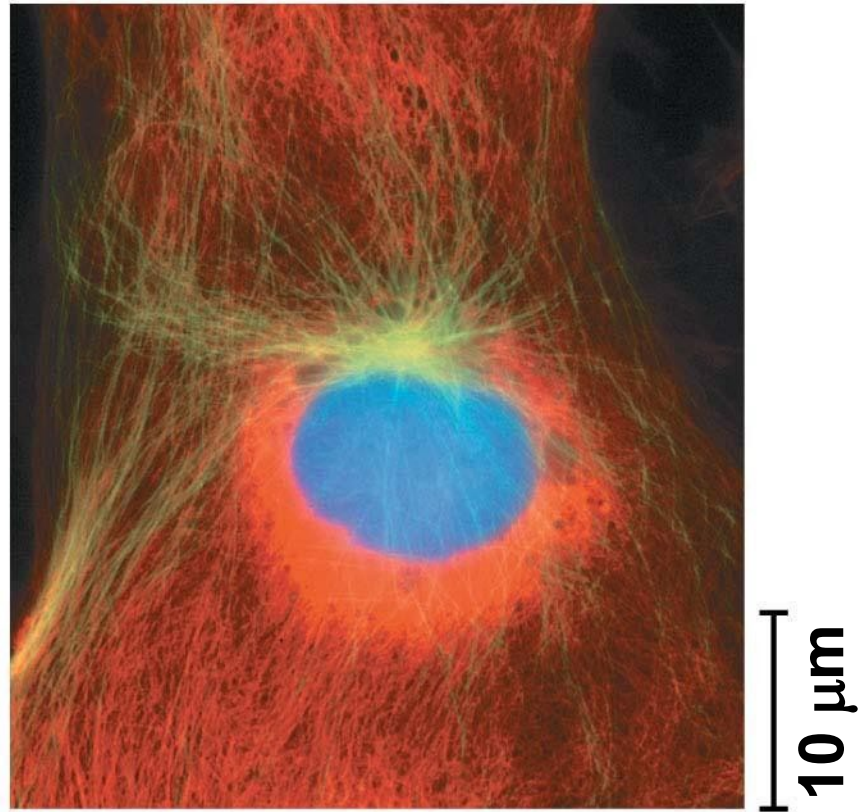
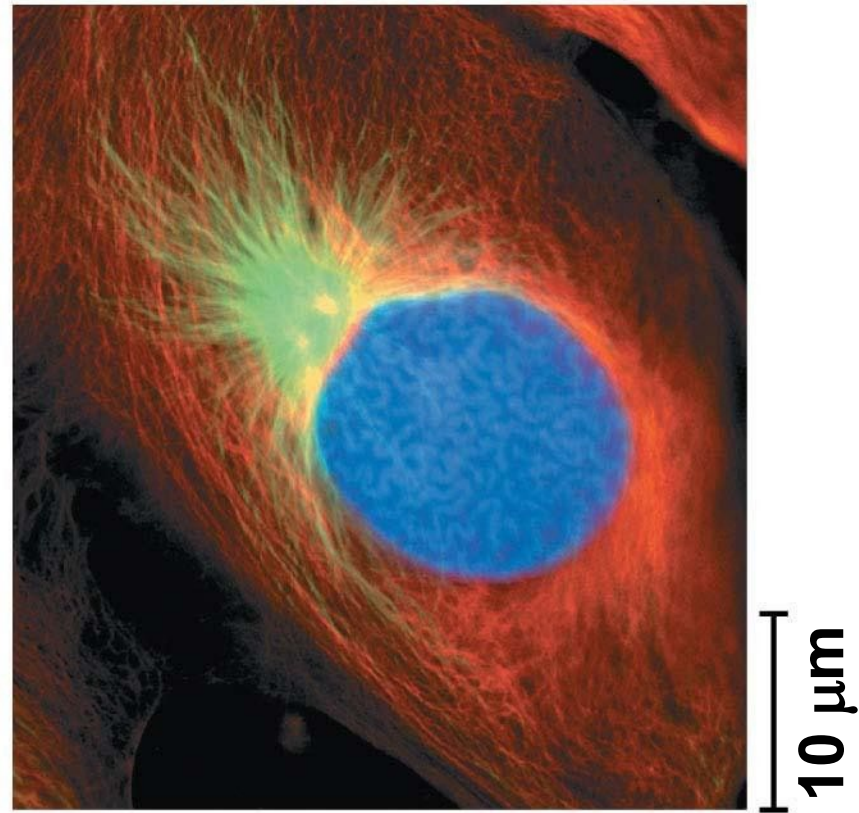


Figure 9.7-6



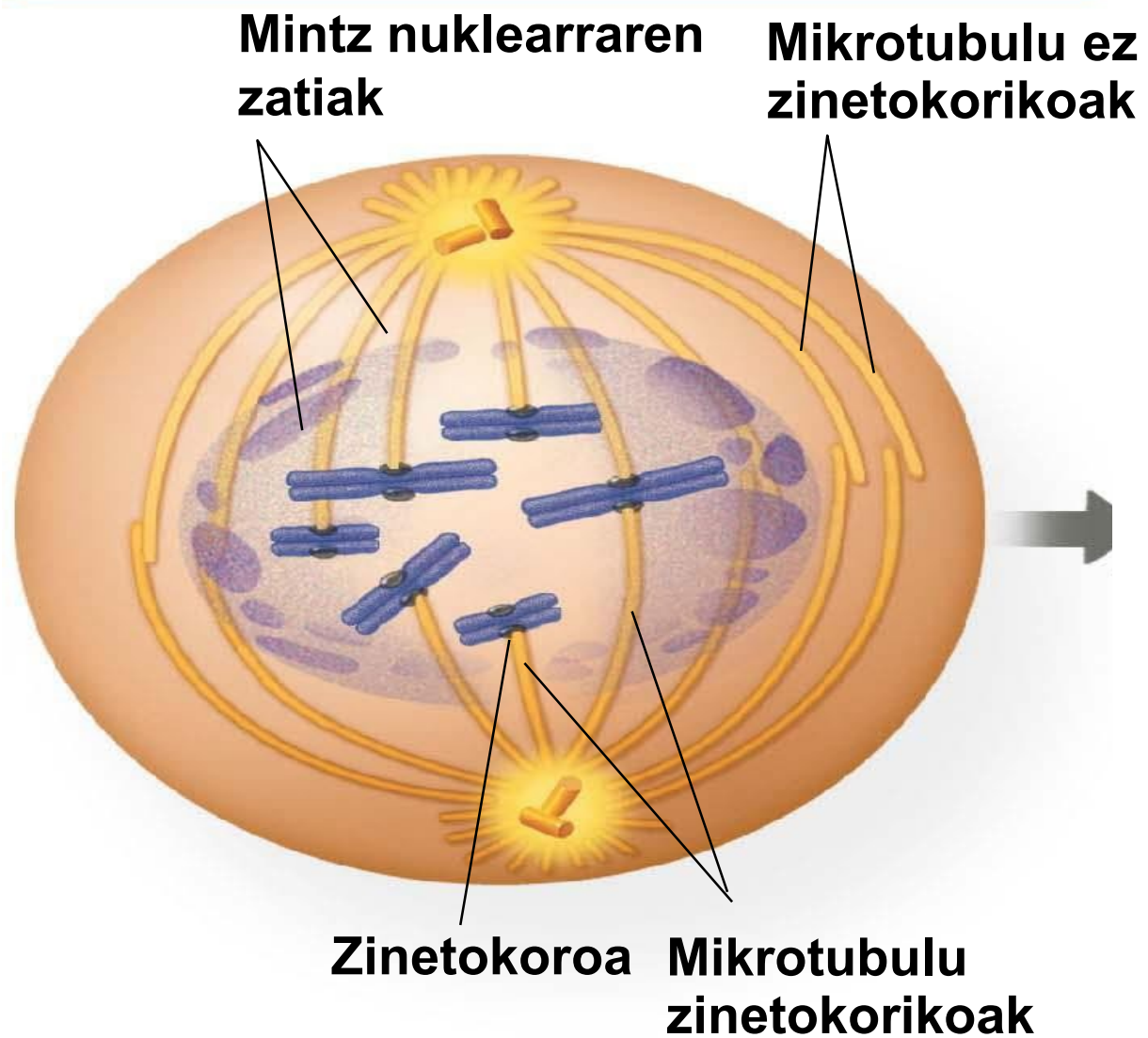
INTERFASEAREN G2

Figure 9.7-7

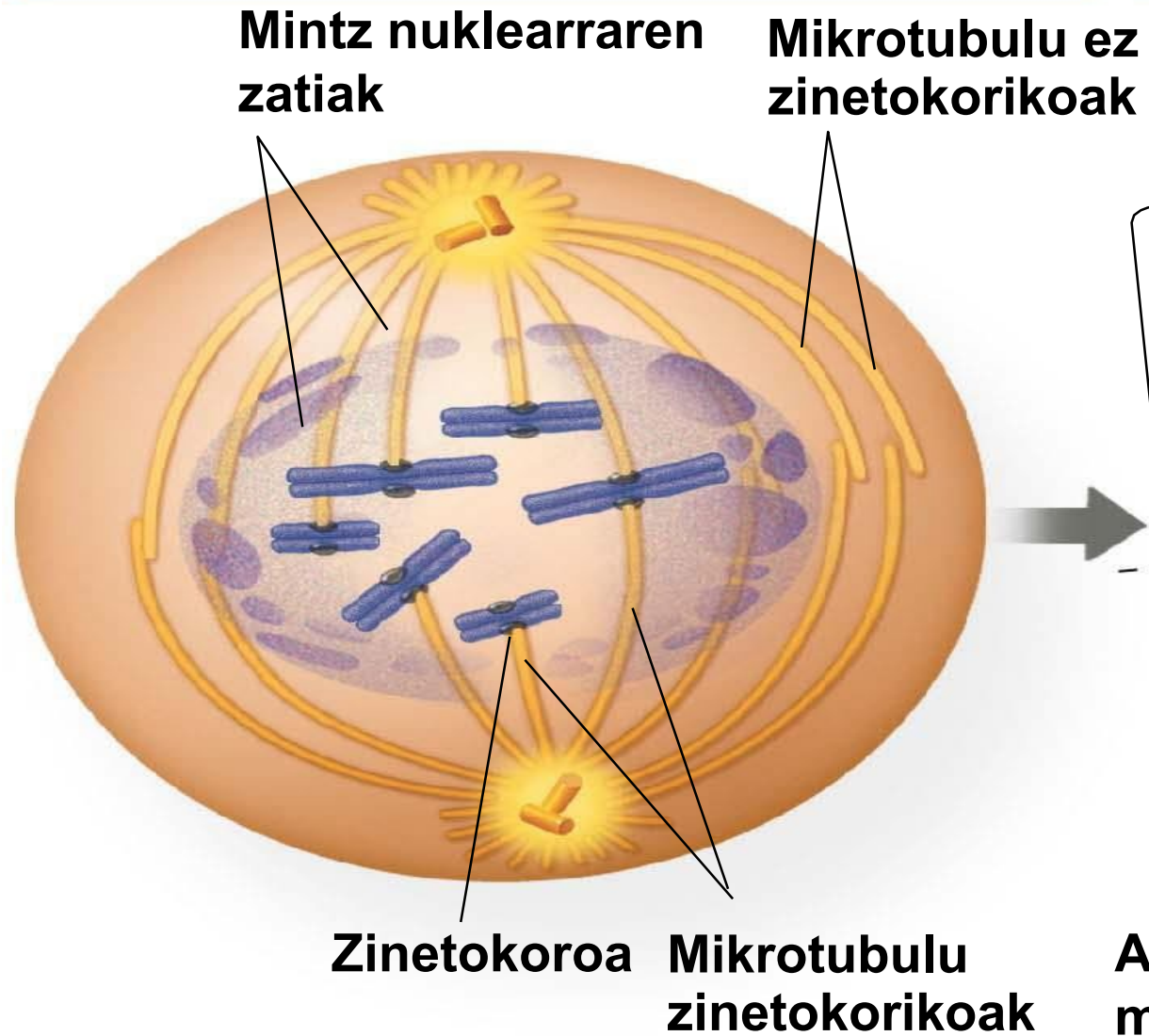


PROFASEA

PROMETAFASEA



PROMETAFASEA



METAFASEA

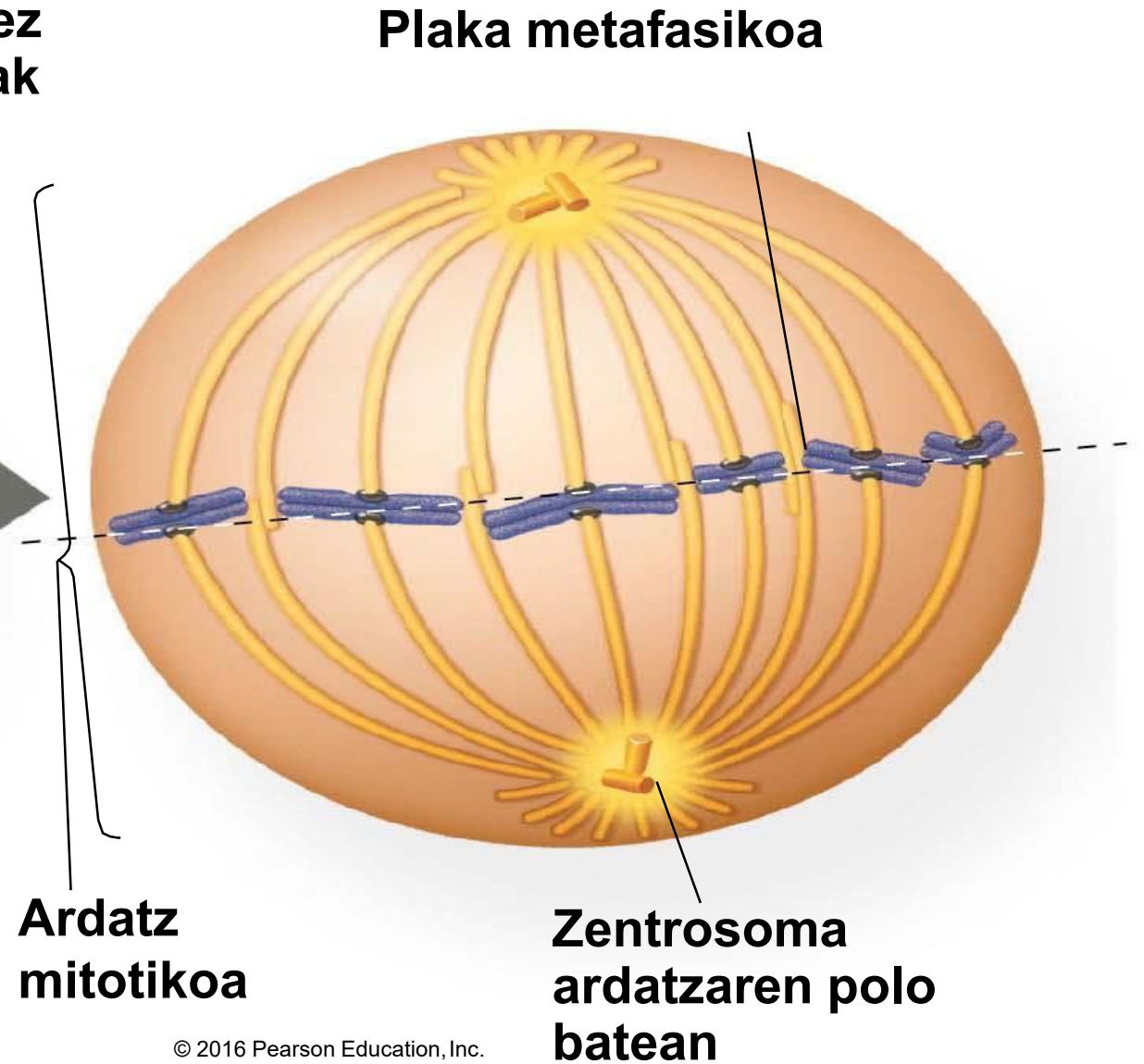
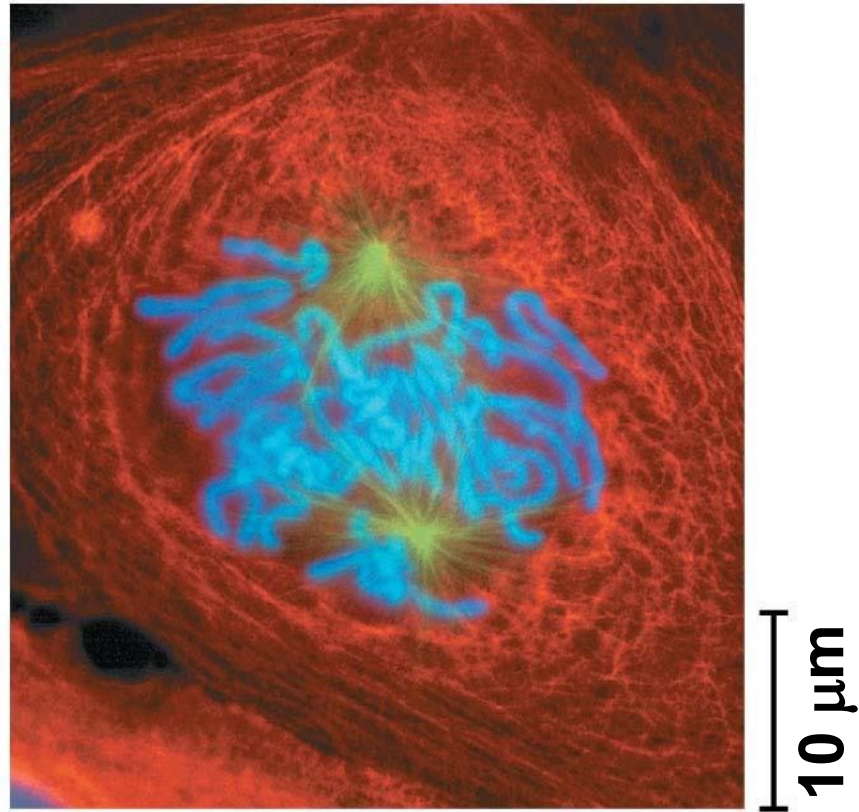
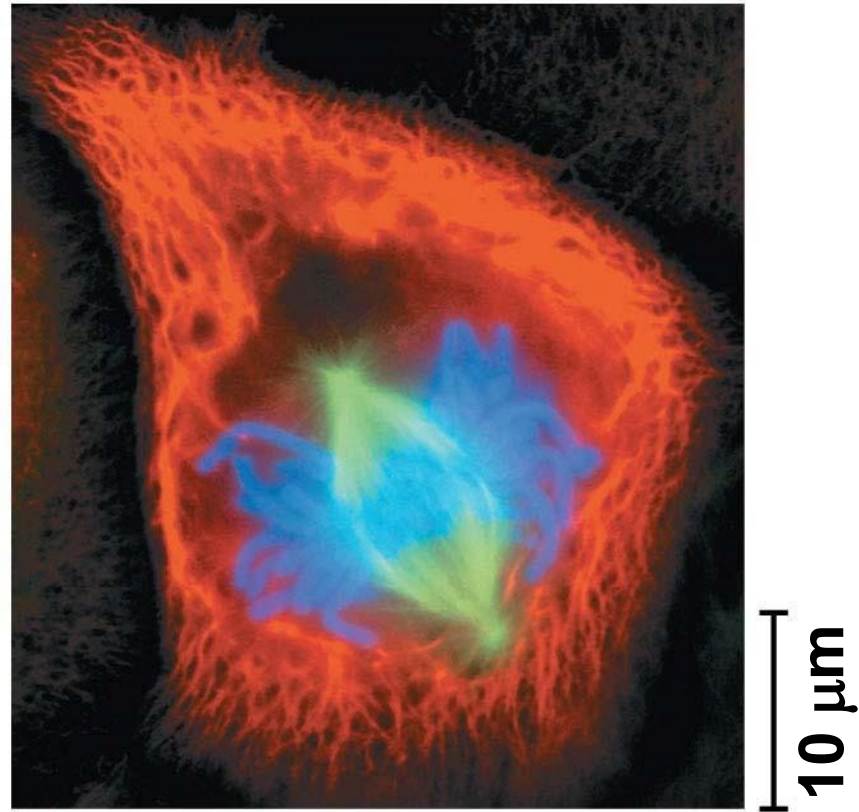


Figure 9.7-8



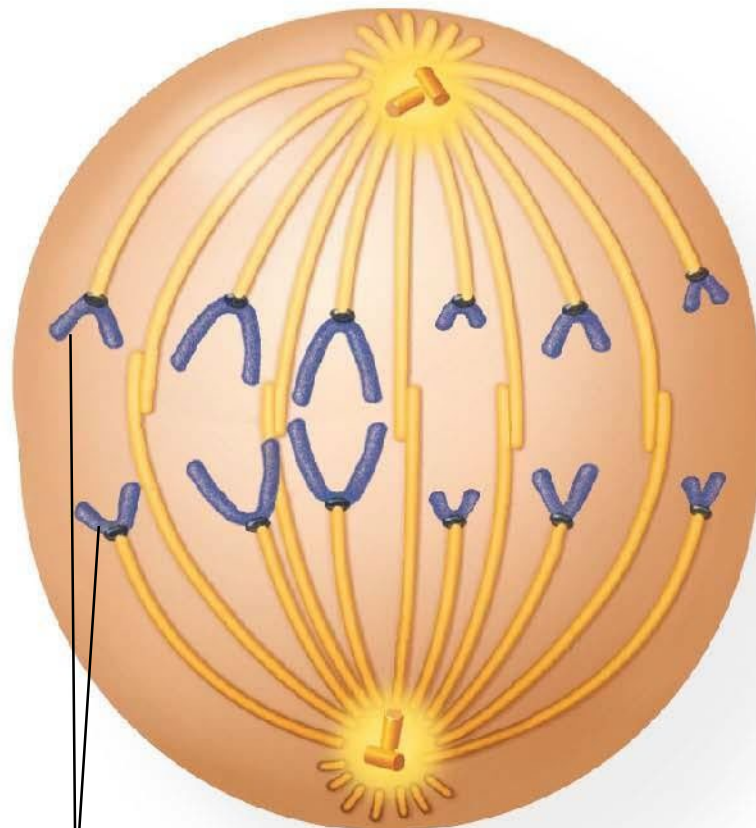
PROMETAFASEA

Figure 9.7-9



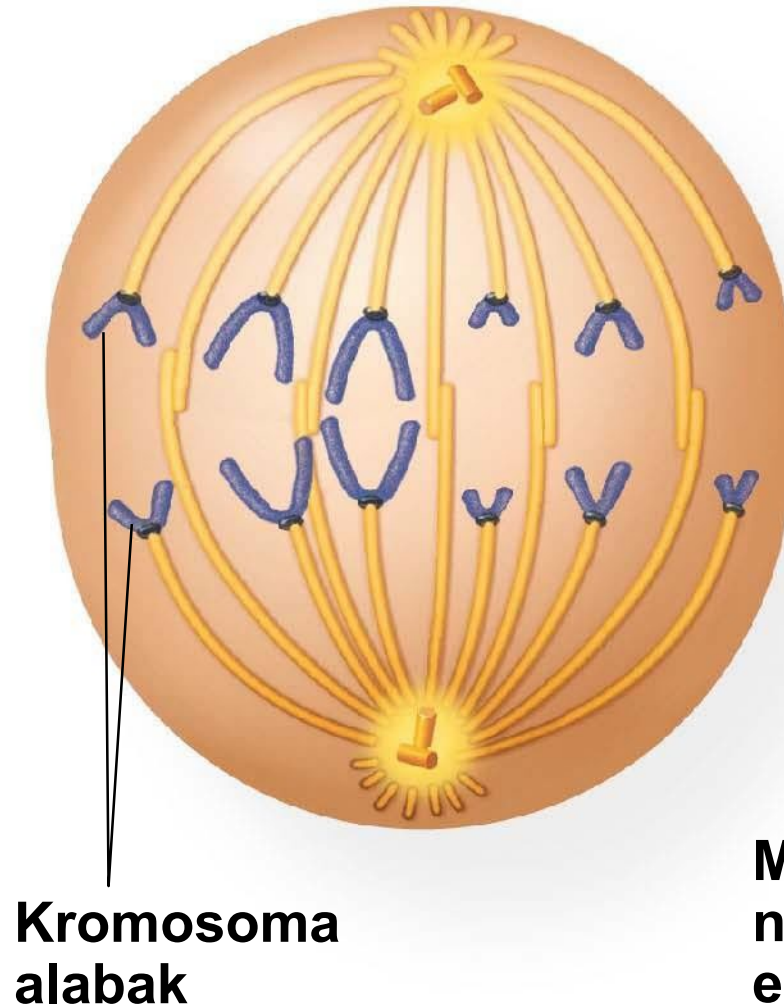
METAFASEA

ANAFASEA



**Kromosoma
alabak**

ANAFASEA



TELOFASEA ETA ZITOZINESIA

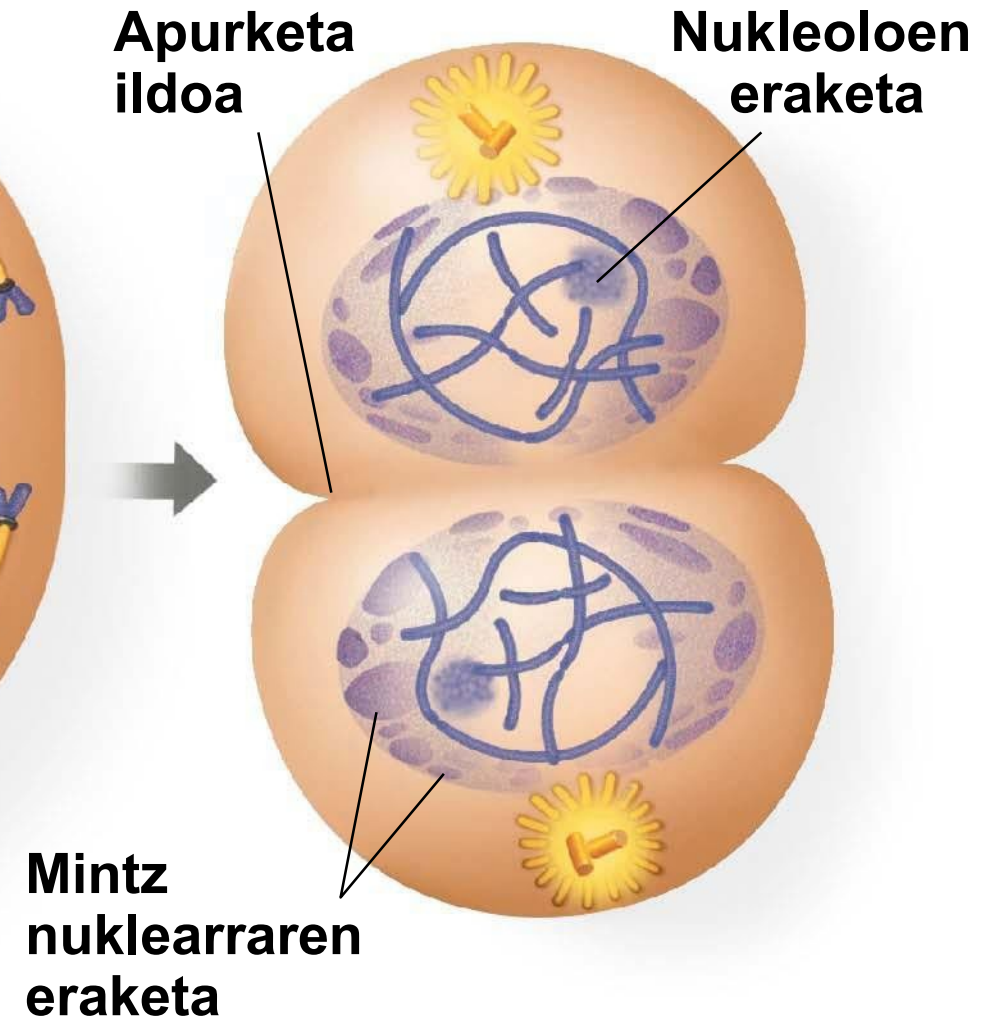
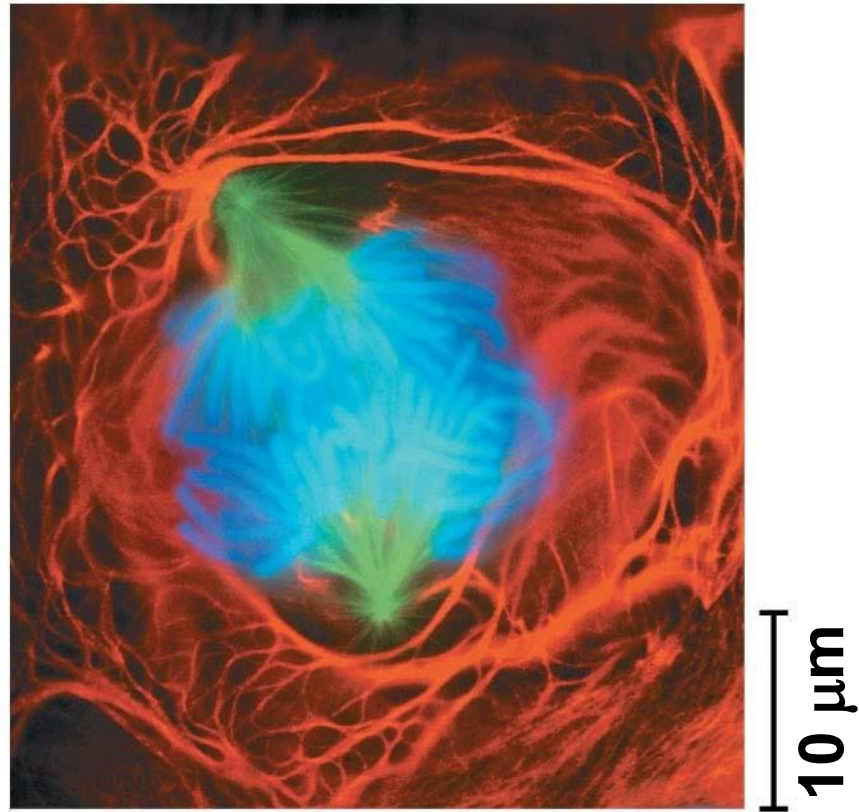
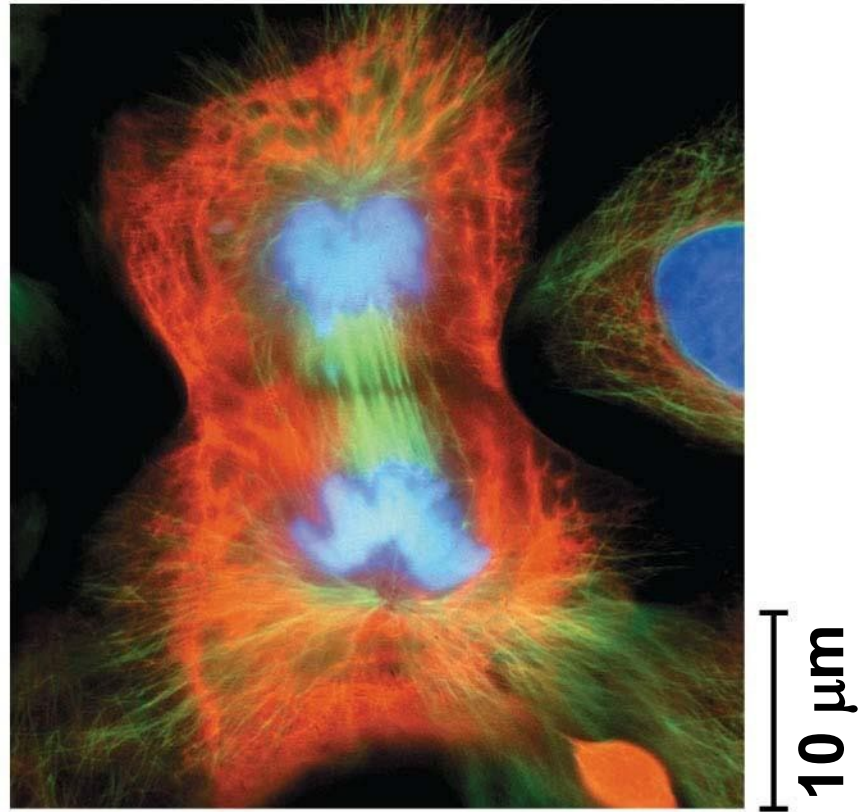


Figure 9.7-10



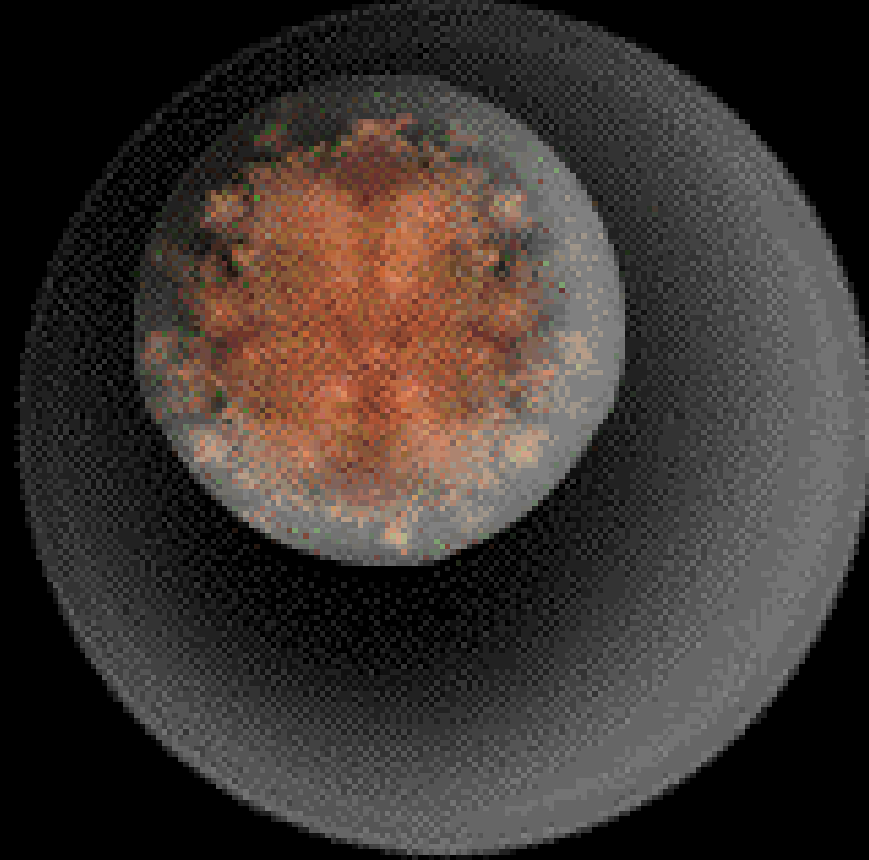
ANAFASEA

Figure 9.7-11



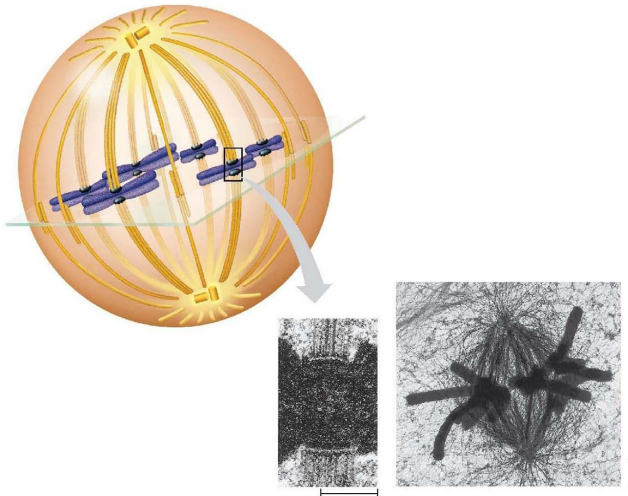
TELOFASE ETA ZITOZINESIA

INTERPHASE

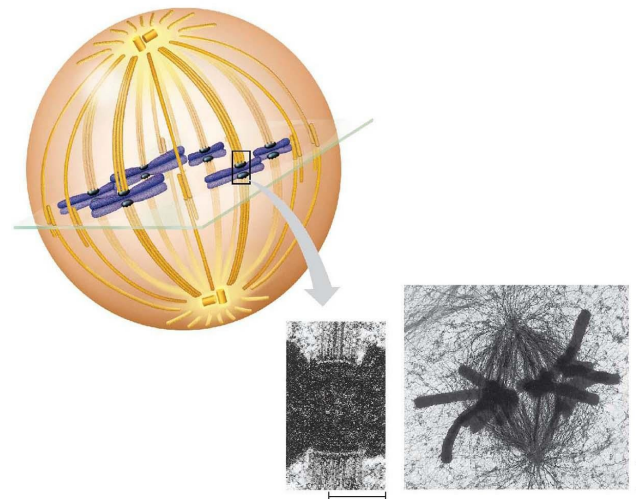


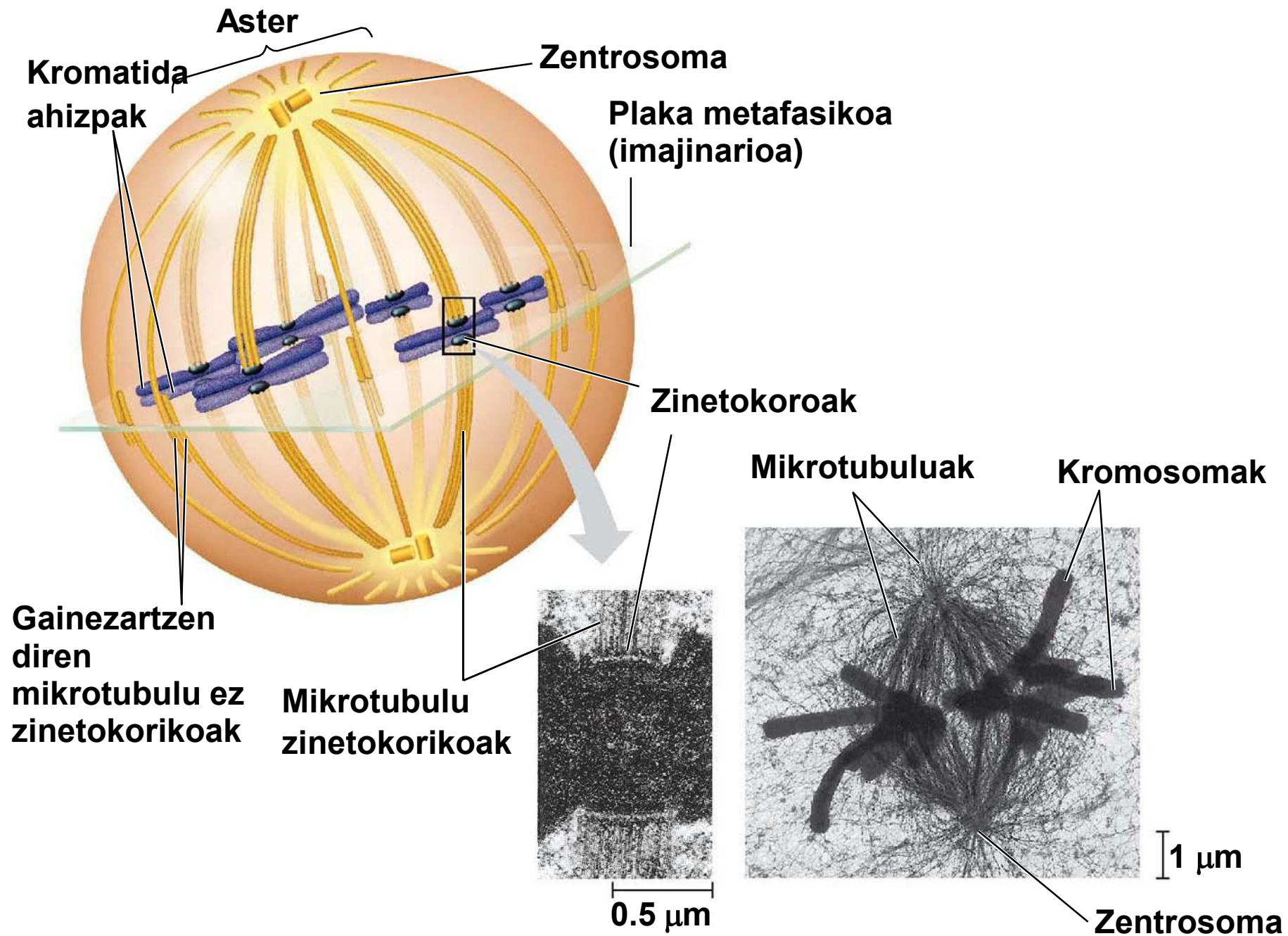
9.4 Ardatz mitotikoa

- Ardatz mitotikoa mikrotubuluen aparatu bat da, kromosomen mugimendua zuzentzen duena mitosian zehar.
- Ardatz mitotikoak, zentrosomak, ardatzaren mikrotubuluak eta asterra batzen ditu.
- Ardatzaren mikrotubuluen muntaia zentrosoman hasten da, mikrotubuluen antolakuntza zentroa da.

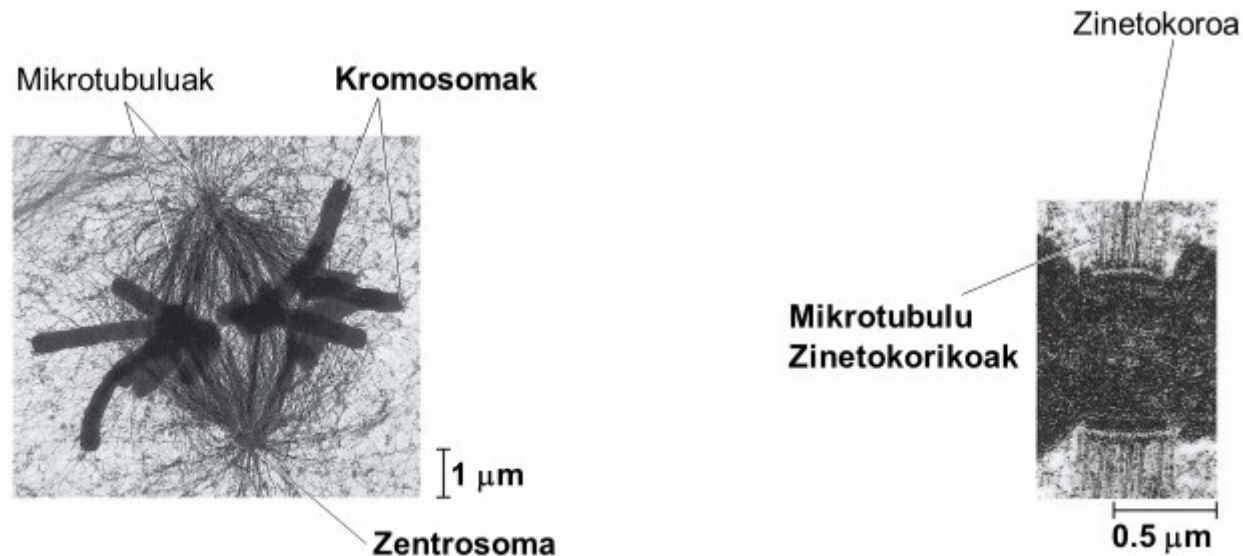


- **ZENTROSOMA** interfasean zehar erreplikatzen da eta bi zentrosoma berri hauek zelularen mutur oposatuetara migratzen dute profase eta prometafasean zehar, beraietatik ardatzaren mikrotubuluak ateratzen edo sortzen diren heinean.
- Aster bat (mikrotubulu motzen serie erradial bat) zentrosoma bakoitzetik hedatzen da.
- Kromatida ahizpa bakoitzak zinetokoro bat du. Ardatzaren zenbait mikrotubulu kromosomen zinetokoroetan batzen dira eta kromosomak plaka metafasikora mugitzen dituzte.

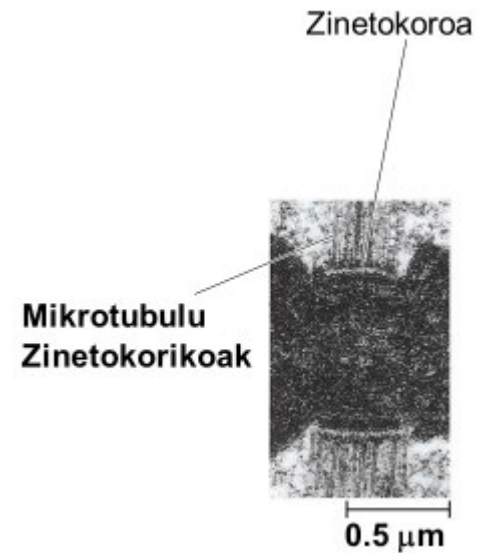
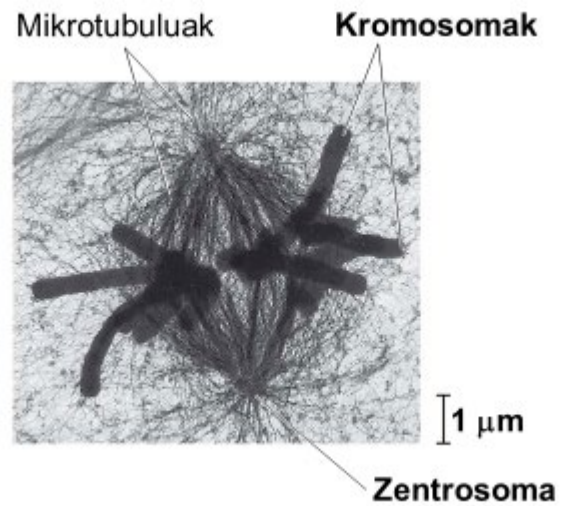




- **Prometafasean** zehar, ardatz mitotikoaren zenbait mikrotubulu kromosomen zinetokoroekin elkartzen dira eta kromosomak mugitzen hasten dira polo bietara; azkenean bi poloen bide erdian gelditzen dira, zelularen **PLAKA METAFASIKOAN**.
- **Metafasean**, kromosoma guztien zentromeroak plaka metafasikoan kokatzen dira (hau egitura imajinario bat da, bi ardatz mitotikoen arteko erdiko puntu batean).



- Zinetokoroak proteina konplexuak dira, DNAREN zentromeroetan muntatzen direnak.
- Aldi berean mikrotubulu ez zinetokorikoak luzatzen dira eta beste polokoekin elkar eragiten dute.
- Asterraren mikrotubuluak ere hazten dira eta mintz plasmatisikoarekin kontaktuan daude. Ardatza osorik dago.



Anafasean, kromatida ahizpak banatzen dira eta zinetokoroen mikrotubuluetatik mugitzen dira zelularen mutur oposatuetara.

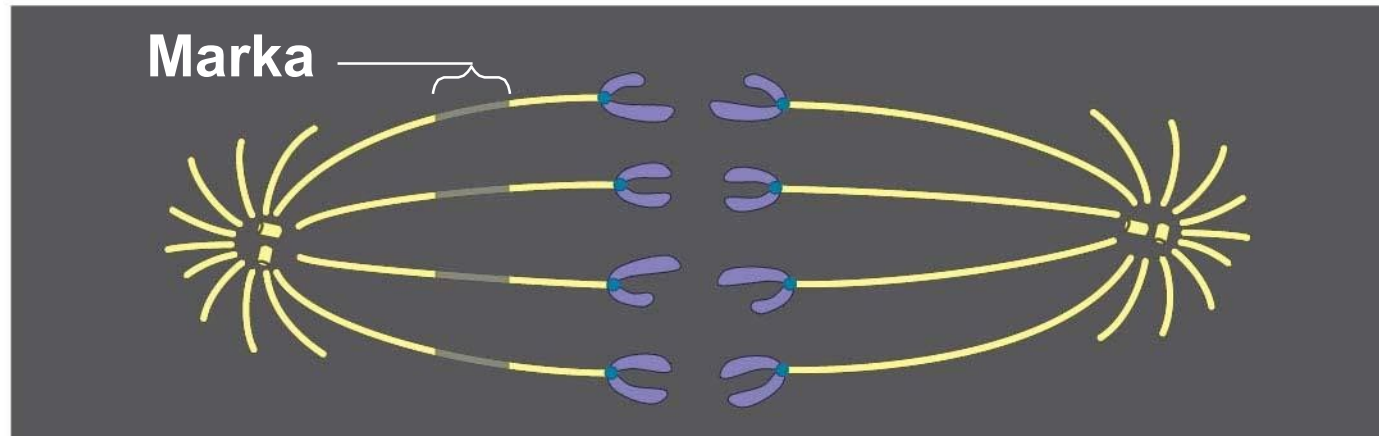
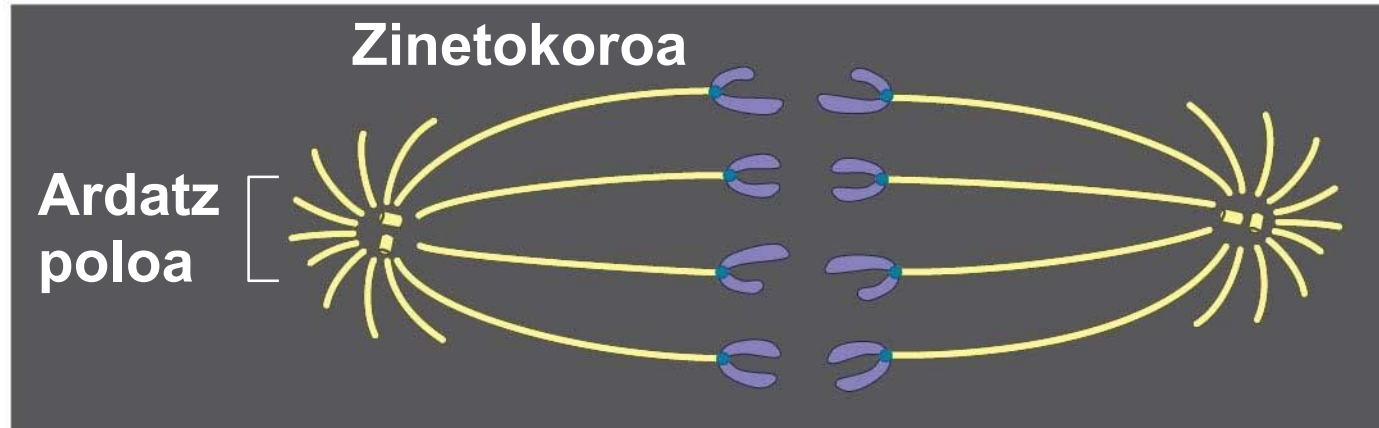
Mikrotubulu zinetokorikoak laburtuz doaz, haien zinetokoroen muturrean despolimerizatuz.

Kromosomak ere ardatz mitotikoaren poloetara “mugitzen” dira motore proteinei esker, eta mikrotubuluak despolimerizatu egiten dira motore proteinak pasatzen direnean.

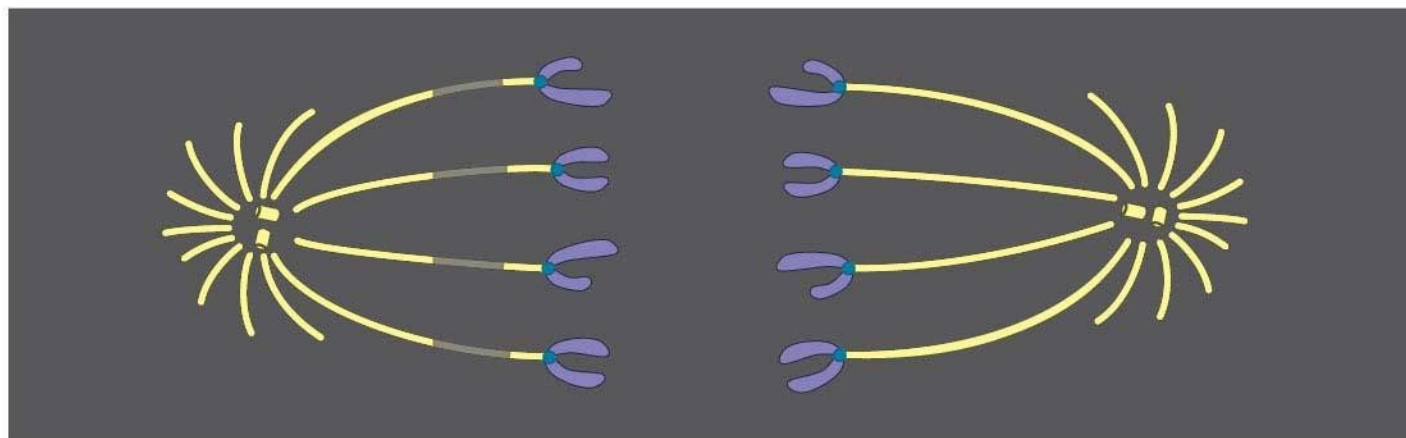


Zinetokoroen mikrotubuluak ardatz mitotikoaren poloetan edo zinetokoroaren muturrean despolimerizatzen ote ziren ikusteko esperimentua egin zen.

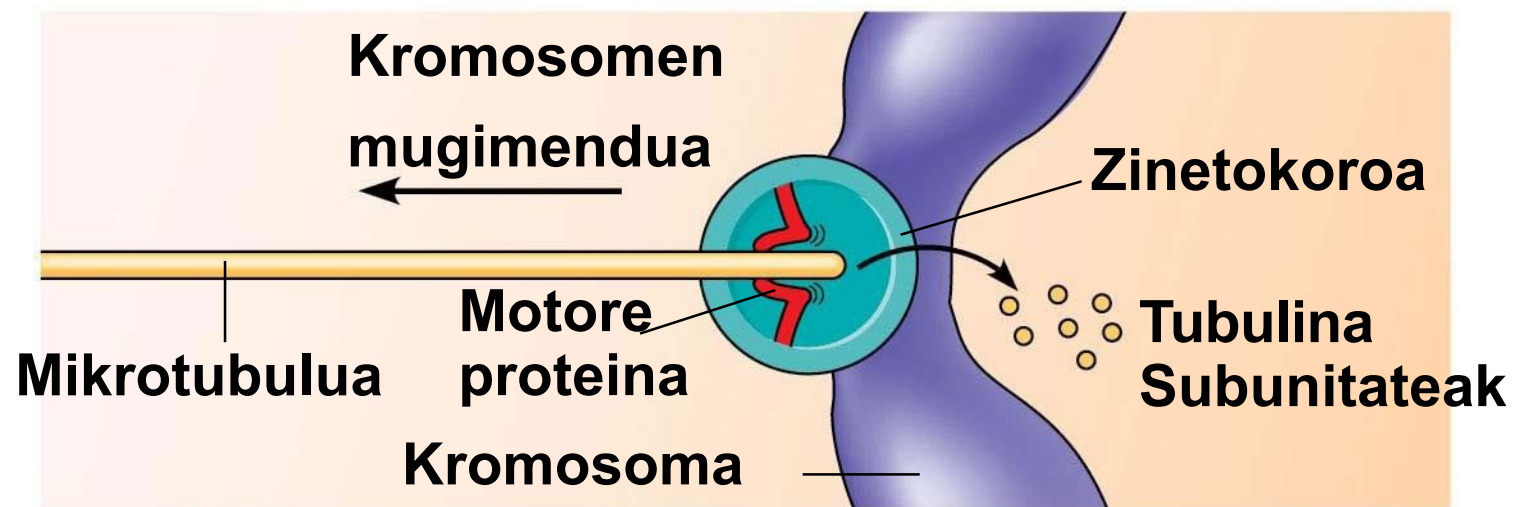
Esperimentua



Emaizak



Ondorioak



Mikrotubulu zinetokorikoen parte ez diren mikrotubuluek polo oposatuetakoekin gainezartzen dira eta bultzatu egiten dute zelula luzatuz.

Anafasearen bukaeran, kromosomen talde bikoiztu bakoitza mutur oposatuetara iristen da zelula ama luzatuan.

Zitozinesia anafase edo telofasean hasten da eta ardatza desagertzen da.



9.5 Zitoplasma-zatiketaren mekanismoak

Anafasearen azken partearen eta telofasearen amaieraren artean erdibitzen da zelularen zitoplasma eukarioto gehienetan, zatiketarako mekanismoa desberdina bada ere.

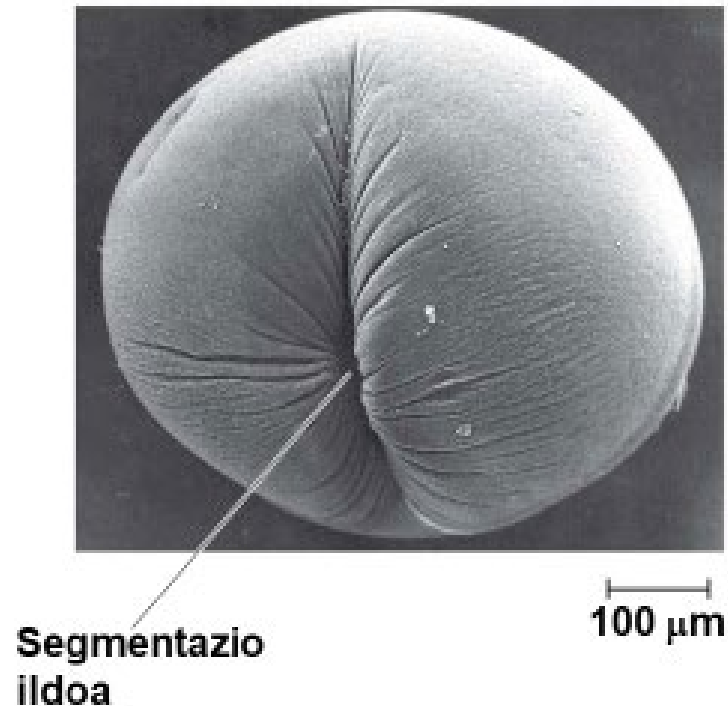
Zitoplasmaren zatiketa-prozesua –**ZITOZINESI** delakoa– ezberdina da eukariotoen artean.

ANIMALIA-ZELULAREN ZITOZINESIA

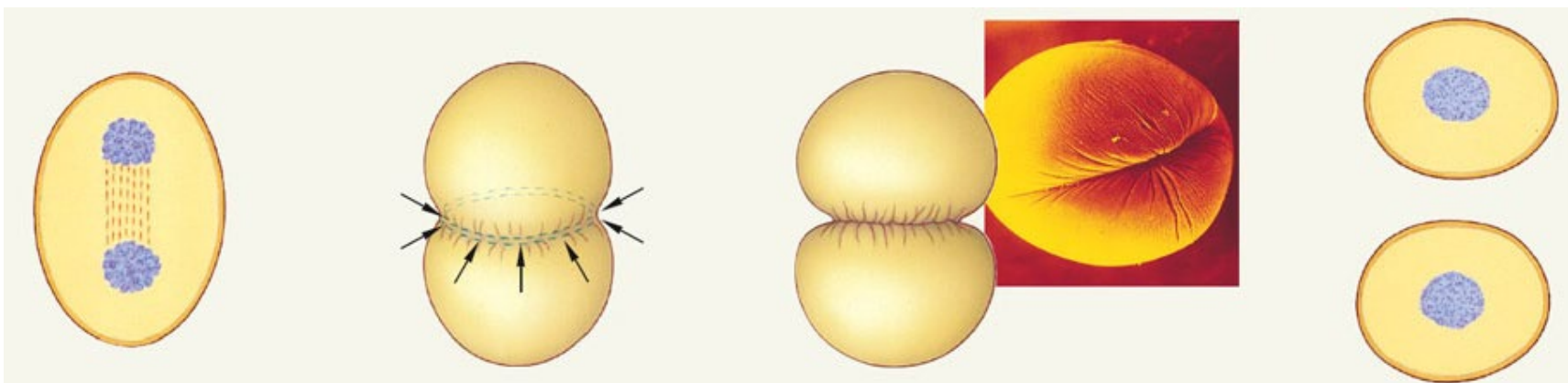
Animalia-zeluletan, zitoplasma erdibitu egiten da tipikoki.

Mintz plasmatikoa barrurantz hondoratzen da eta ildo estu bat eratzen du –esizio-tolesdura deritzona– ardatz mitotikoaren polo bien artean.

Ildoak aurrerantz egiten du zelula osoa besarkatu arte; sakonagoa da ardatz mitotikoaren ekuatoretik.



- Zelularen azalaren azpian edo mintzaren azpian zitoskeletoaren elementuen sare bat dago, aktina eta miosinazko filamentu-zerrenda batez osatua dagoena.
- ATParen hidrolisiak filamentu horien interakzioa dakar, eta ondoriozko uzkurketa bat.
- Filamentu-zerrenda horri **ERAZTUN UZKURKOR** deritzo; mintz plasmatikok dago ainguratuta, uzkurtzean barrurantz tiratzen du mintzetik eta azkenean zitoplasma –eta beraz, zelula– erdibitu egiten da.
- Era honetan bi zelula berri eratzen dira; bakoitzak nukleo bat, guraso-zelularen zitoplasma-zati bat eta haren mintz plasmatikokoaren parte bat izango du.



1 Ardatz mitotiko bipolarra desmuntatzean amaitzen da mitosia.

2 Ardatz mitotikoaren ekuatoreari zegokion planoan, aktina-filamentuzko eraztun bat mintz plasmatikok ainguratua uzkurtzen hasten da.

3 Eraztun uzkurkorak hondoratu egiten du zelularen gainazala, gero eta sakonago.

4 Eraztunak uzkurtzen segitzen du, harik eta zitoplasma eta zelula bera erdibitu arte.

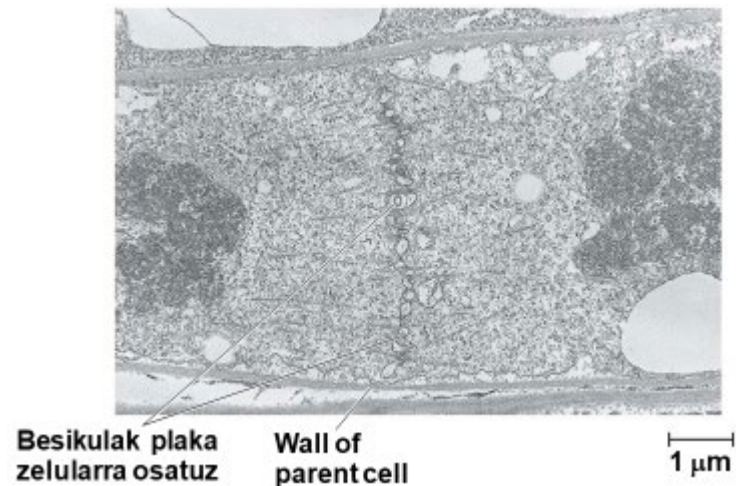
LANDARE-ZELULAREN ZITOZINESIA

Landare-zelularen anafasearen amaieran, mikrotubulu laburren multzo bat eratzen da zatiketa-planoaren alde bietan.

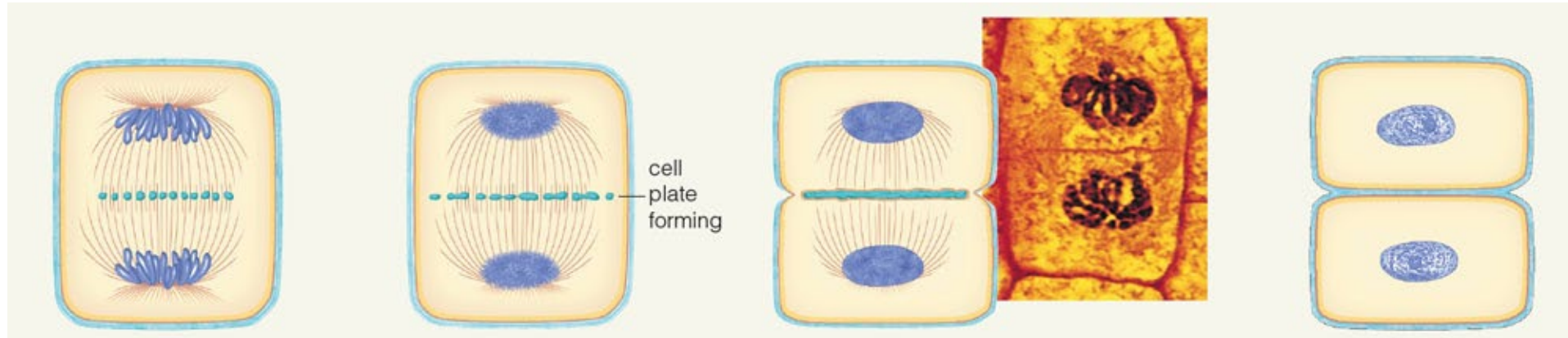
Mikrotubulu hauek besikulak gidatzen dituzte zelularen zatiketa planora (besikulak Golgi aparatutik datoz).

Zatiketa planoan, besikulak fusionatzen hasten dira disko-itxurako plaka zelularra eratuz.

Haien barruan horma eraikitzeko materiala dago.



- Plaka zelularra kanporantz hazten da, eta ertzak mintz plasmatikoraino iristean berarekin fusionatzen dira, zitoplasma erdibituz.
- Denborarekin, plaka zelularrak horma zelular primarioa sortuko du, zeina gurasoaren paretarekin nahastuko den.
- Horrela, zatiketa amaitutakoan, zelula alaba bakoitza mintz plasmatiko eta horma zelular propioaz inguratuta dago.



1. Mikrotubuluek eta aktina filamentuek zatiketa planoan ezartzen dute; mitosiaren amaieran besikulak hemen kokatzen dira.

2. Besikulak haien artean fusionatzen dira eta horma zelularren konposatuak dakartzaten besikulekin. Fusionatutako materialek zelula plaka bat osatzen dute zatiketa planoan.

3. Zelula plaka luzatzen da mintz plasmatikora heldu arte. Mintz plasmatikoarekin elkartzean zitoplasma zatitzen da.

4. Plaka zelularra helduz doa eta pareta zelular berria eratzen hasten da. Zelula alaba bakoitza bere pareta zelularrean geratzen da.

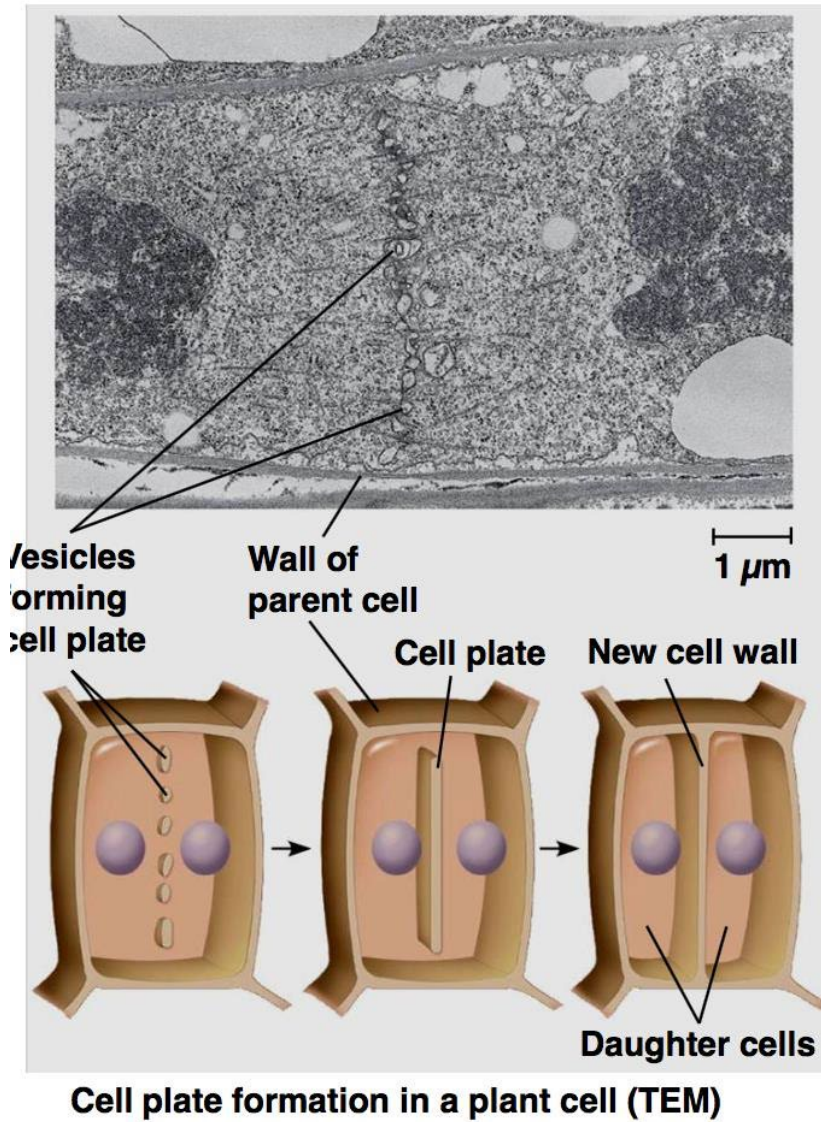
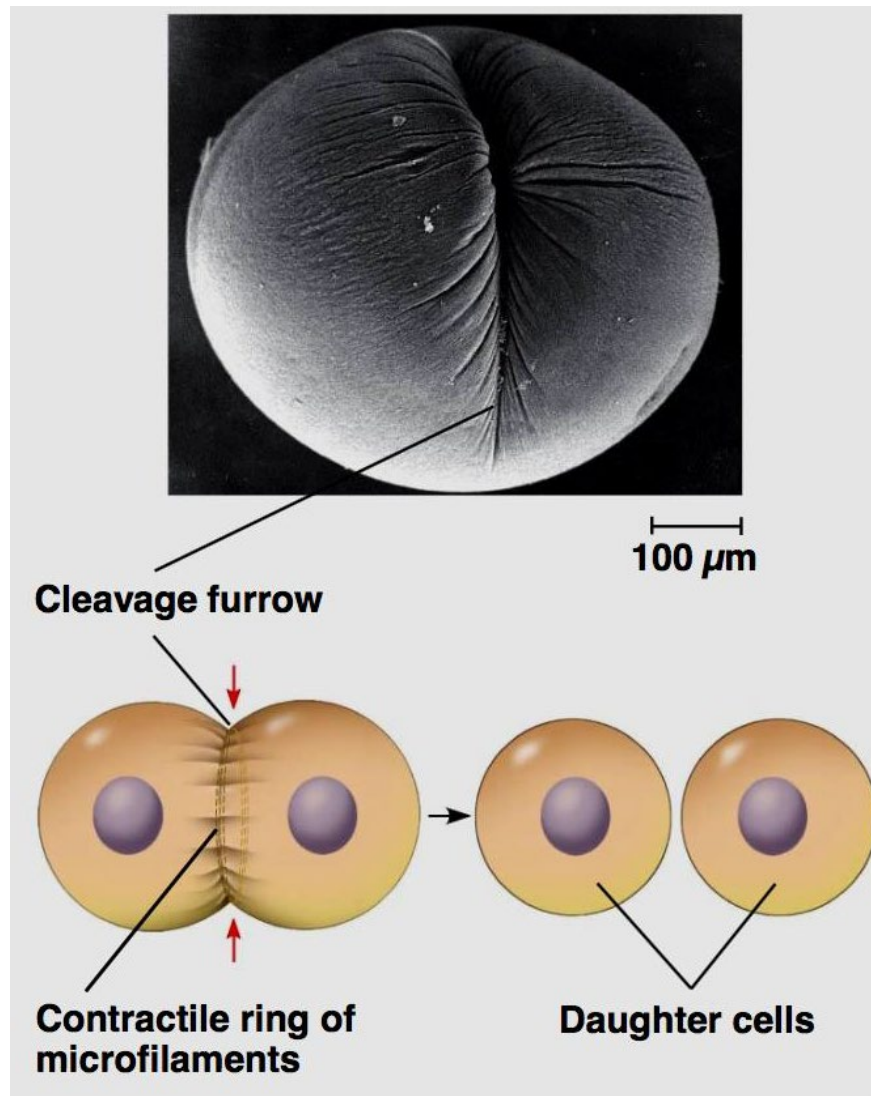
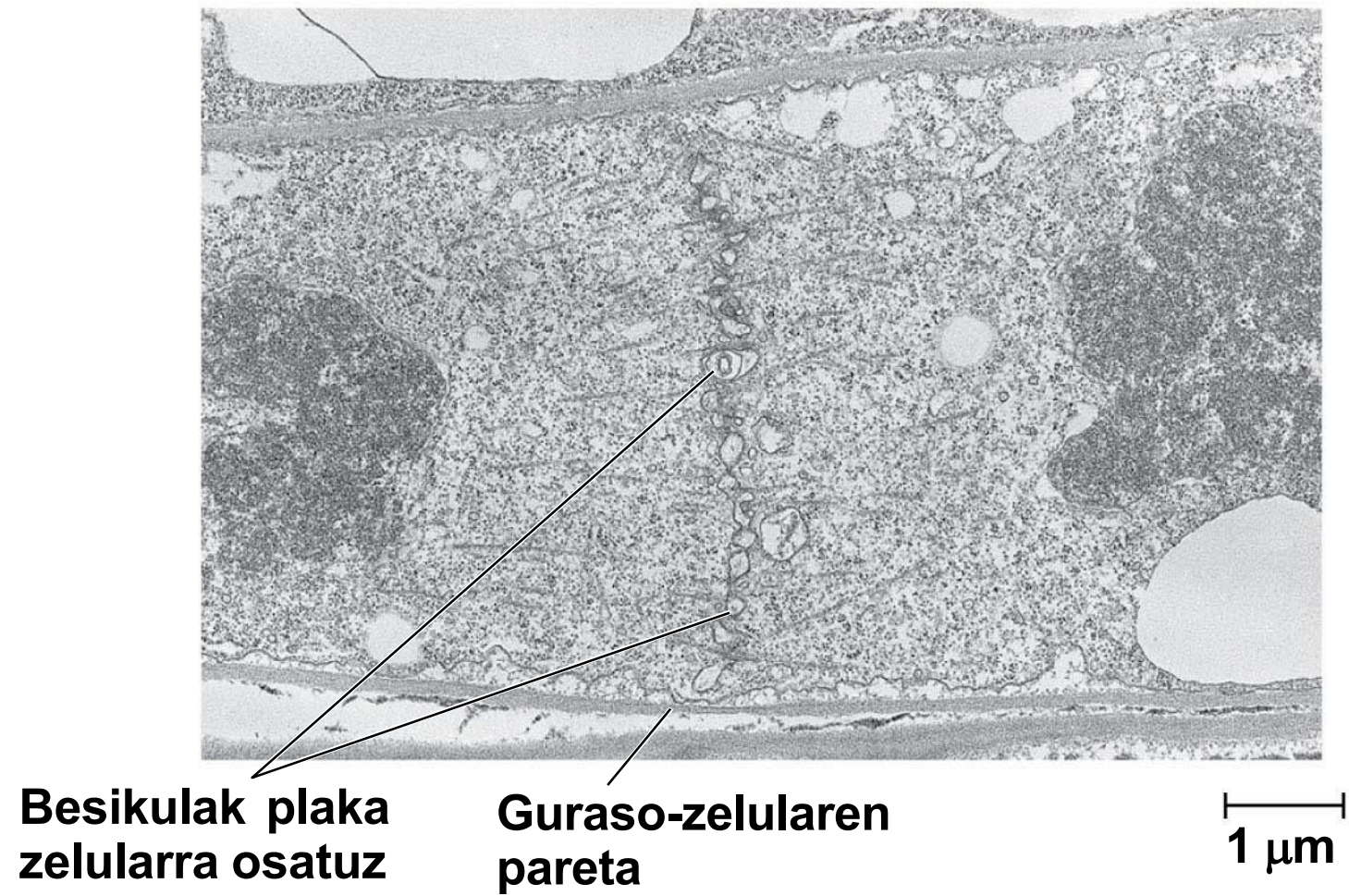
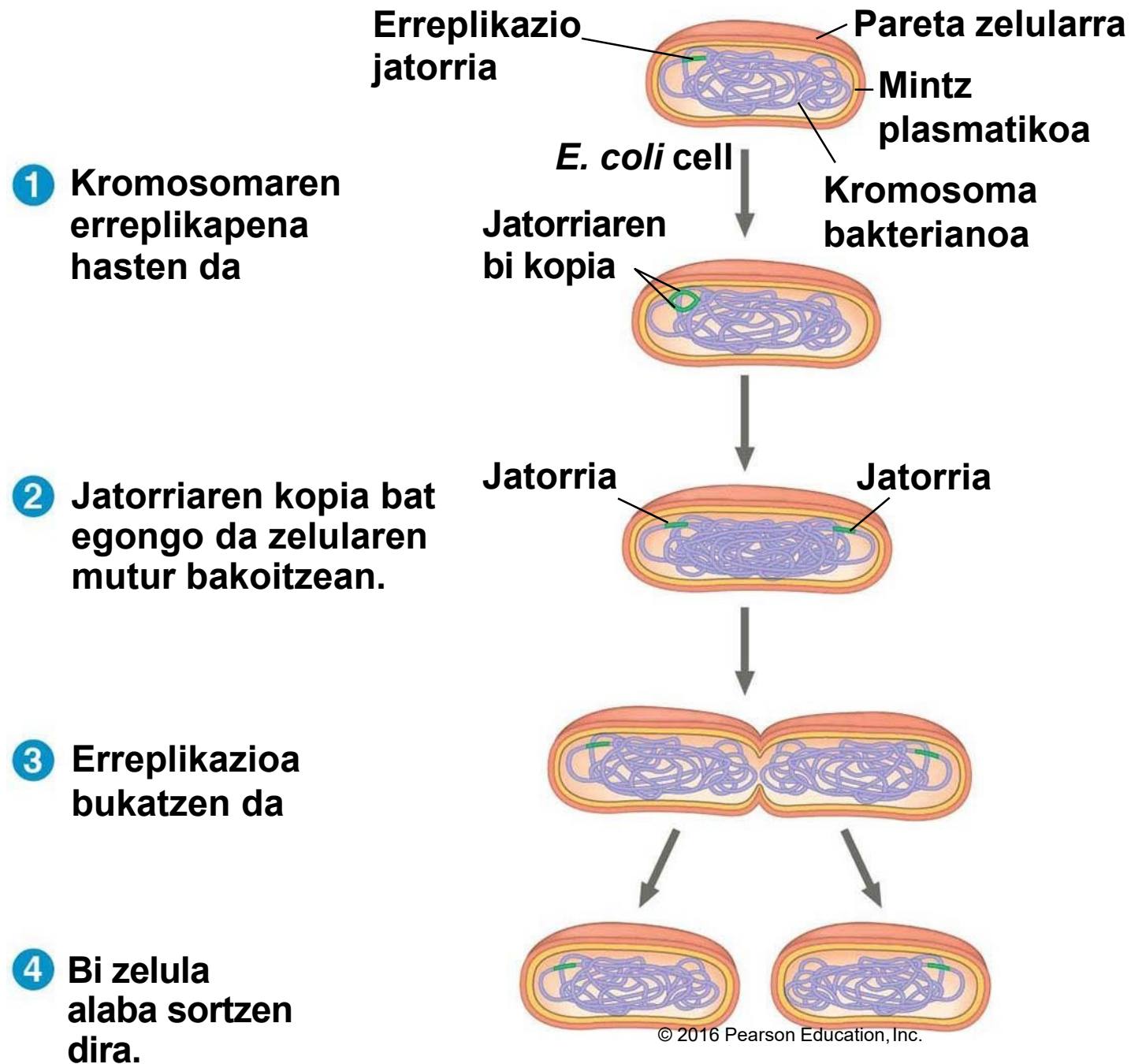


Figure 9.10-2



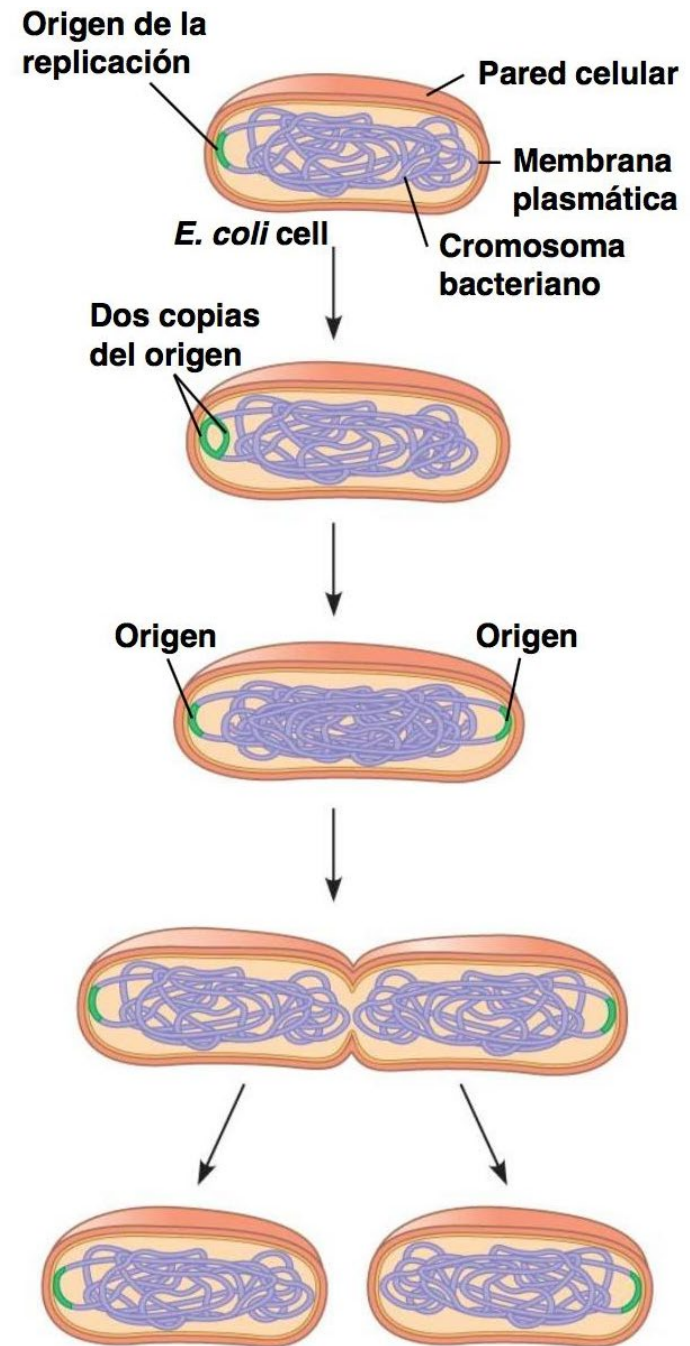
FISIO BINARIOA BAKTERIOETAN

- Zelula prokariotoak (bakterioak eta arkeoak) **FISIO BINARIO** deitzen den zatiketa zelular bati esker ugaltzen dira.
- Bakterioen gene gehienak kromosoma zirkular bakar batean daude.
- Fisio binarioan, kromosoma erreplikatu egiten da (**ERREPLIKAZIO JATORRITIK** hasten da) eta bi kromosoma alabak aktiboki bereizten dira.



1. Erreplikazioa erreplikazio jatorrian hasten da. Laster jatorriaren kopia bat zelularen beste aldera mugitzen da.
2. Erreplikazioak jarraitzen du. Jatorriaren kopia bat aurkitzen dugu orain zelularen mutur bakoitzean eta zelula luzatuz doa.
3. Erreplikazioa bukatzen da. Zelulak ia tamaina bikoitza du. Mintz plasmatikoa barrurantz hazten da eta pareta zelular berria ezartzen da.
4. Bi zelula alaba.

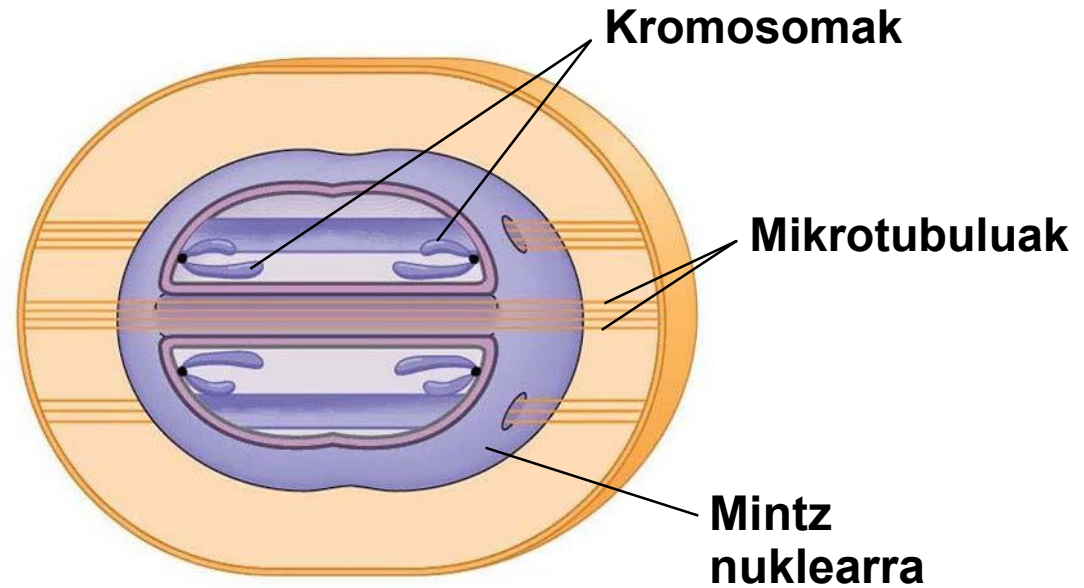
Oraindik ez da ezagutzen nola mugitzen diren jatorriak mutur oposatuetara, bakterioek ez dute ardatz mitotiko ikuskorrik ezta mikrotubulurik ere.



9.6 Mitosiaren eboluzioa

- Nola eboluzionatu zuen mitosiak?
 - Prokariotoak eukariotoak baino lehen eboluzionatu zirenez, ziurrenik mitosisa fisio binariotik eratorri zen.
 - Bakterioen fisio binarioaren zenbait proteina, proteina eukariotikoekin erlazionaturik daude.
- Zenbait protisto (dinoflagelatuak, diatomeoak) eta zenbait legamiak fisio binarioaren eta mitosiaren bitartekariak diruditen zatiketa zelular mota batzuk aurkezten dituzte.

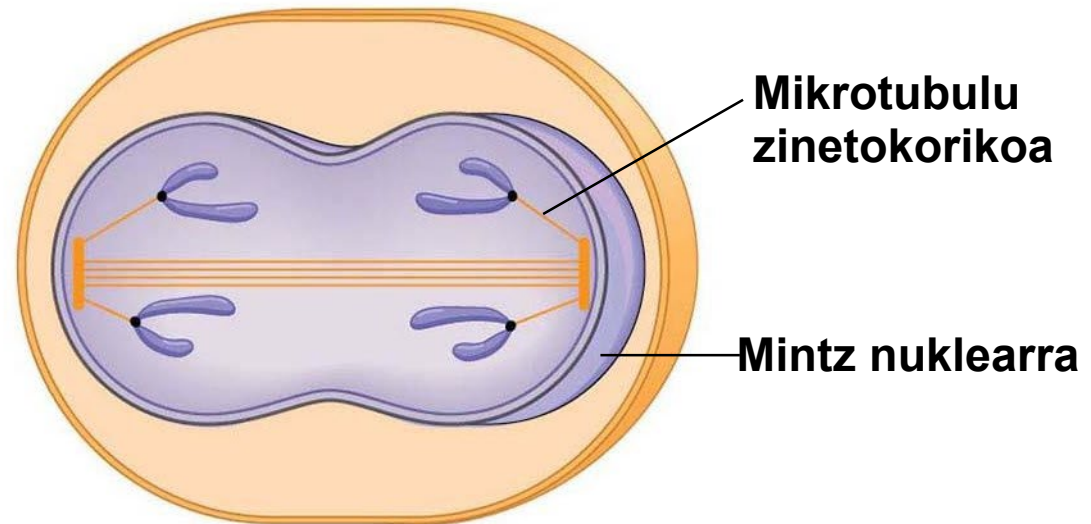
Kasu hauetan mintz nuklearra ez da apurtzen, baina dinoflagelatueta bikoizturiko kromosomak mintz plasmaticoari lotuta daude eta nukleoa luzatzen den heinean bereizten dira, zatiketa zelularren aurretik.



(a) Dinoflagelatueta

Diatomeoetan nukleoaren barruko ardatz batek banatzen ditu kromosomak.

Beste zelula eukarioto gehienetan nukleoaren mintza apurtzen da eta ardatz mitotikoak kromosomak banatzen ditu.



(b) Diatomeoa eta zenbait legamia

9.7 Ziklo zelular eukariotikoaren kontrola

- Zelulen **zatiketa frekuentzia** zelula motarekin aldatzen da.

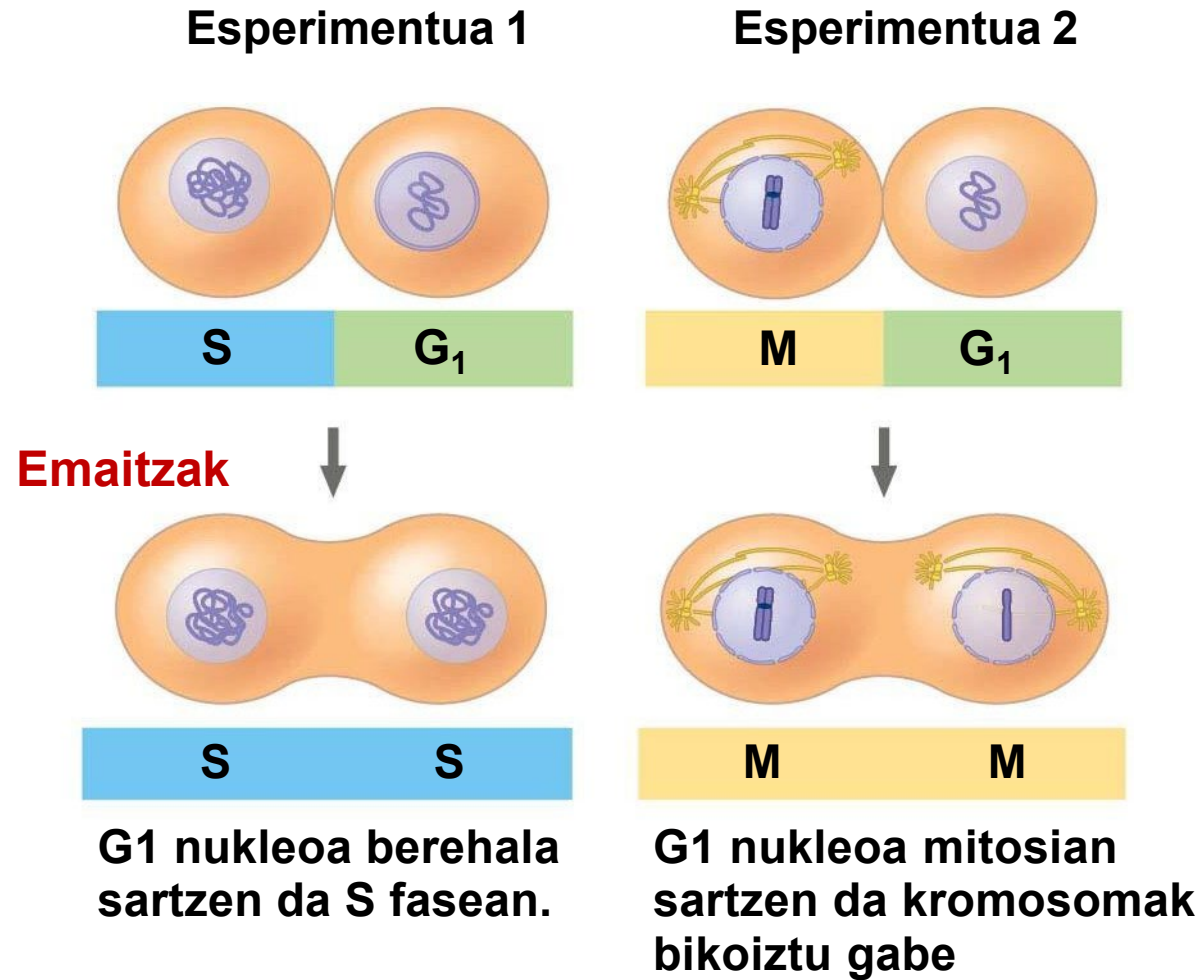
Adibidez, larruazaleko zelulak maiz zatitzen dira. Gibealeko zelulak berriz, zatitu daitezkeen arren, bakarrik egiten dute behar denean, adibidez zauri bat dagoenean. Zelula oso espezializatuak, muskulu eta neuronak bezalakoak, ez dira zatitzen gizaki helduetan.

- Desberdintasun hauek maila molekularrean gertatzen den erregulazioagatik sortzen dira. Mekanismo hauek oso interesgarriak dira, ez bakarrik zelula normalen zatiketa ulertzeko, baita minbizi zelulen zatiketa ulertzeko ere.
- Minbizi zelulek ziklo zelularraren kontrol hauek saihesteko gaitasuna dute.

SEINALE ZITOPLASMATIKOEN EBIDENTZIA

- Ziklo zelularra zitoplasman dauden seinale molekular espezifikoek zuzentzen dute.
- Hipotesi honen zenbait ebidentzia ugaztunen zelulen kultiboekin egindako esperimentuetatik datoz.
 - Ziklo zelularren fase desberdinetan zeuden bi zelula fusionatu ziren, zelula bakar bat osatzeko (fase desberdinetan dauden nukleo bi zituen sortutako zelulak). Nukleoetako bat S fasean bazegoen eta bestea G_1 fasean, G_1 nukleoa berehala sartzen zen S fasean. Gauza bera nukleo bat mitosian bazegoen eta bestea G_1 fasean, G_1 fasekoa berehala sartzen zen mitosian.
- Zelula baten seinale zitoplasmatikoek eragin dezakete bigarren zelularen nukleoa ziklo zelularren fase oker batean sartzea.

Esperimentua



Ondorioak: Zitoplasman aurkitzen diren molekulek kontrolatzen dute S eta M faseetara pasatzea.

ZIKLO ZELULARRAREN KONTROL SISTEMA

- Ziklo zelularren gertaeren sekuentzia **ZIKLO ZELULARRAREN KONTROL SISTEMA** berezi batek zuzentzen du, erloju baten antzera.
- Ziklo zelularra barruko eta kanpoko seinaleek erregulatzen dute.
- Erlojuak kontrol puntu espezifikoak ditu, non ziklo zelularra gelditzen den ondo doala ziurtatzeko, eta ez du jarraituko seinale egokia jaso arte.
- Ziklo zelularreko kontrol puntu bakoitzean konprobatu egiten da prozesu zelularrak egoki gauzatu diren eta, beraz, zikloak aurrera jarrai dezakeen ala ez.

- **Kontrol puntu bat egiaztapen puntu kritiko bat da, non bukatzeko eta jarraitzeko seinaleek zikloa erregulatzen duten.**
- Zelulek kontrol puntuetan jasoko dute jarraitzen utziko dien seinalea.
- Seinaleek kontrolatzen dute puntu horretaraino prozesuak ondo gertatu diren ala ez, eta beraz zikloak jarraitu edo gelditu behar duen.
- Hiru kontrol puntu garrantzitsu daude, G_1 , G_2 eta M faseetan.

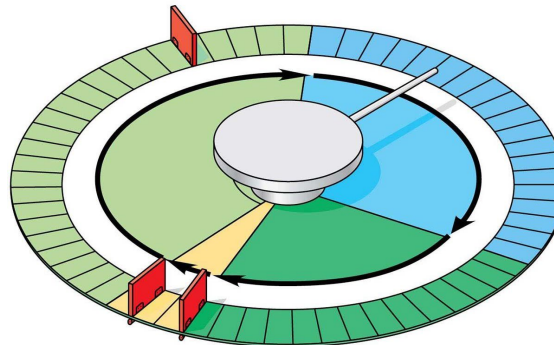
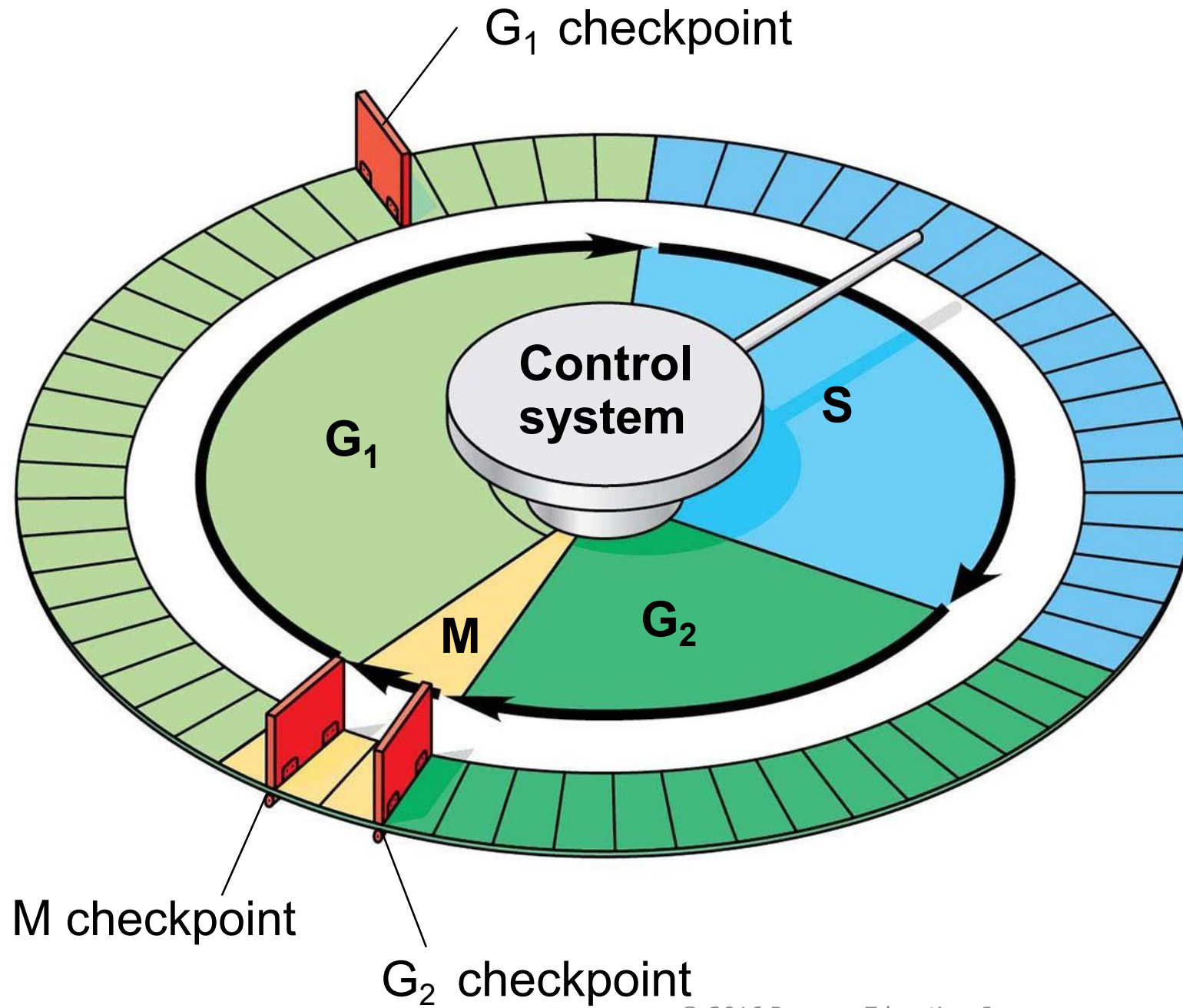
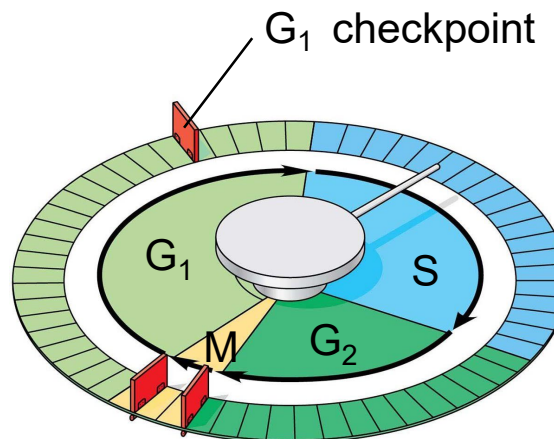
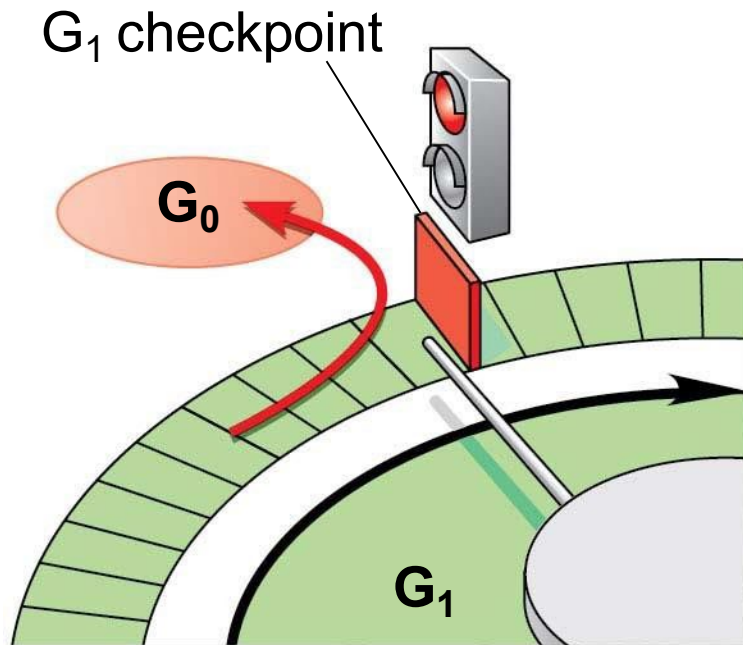


Figure 9.15



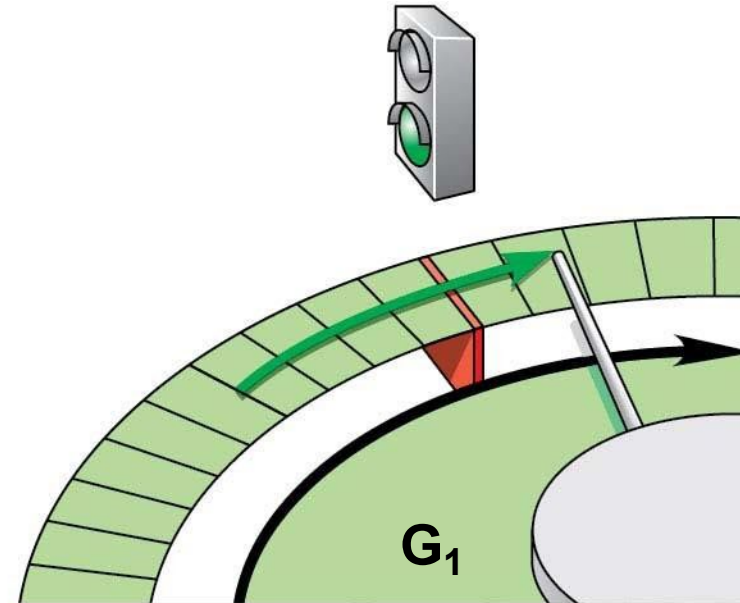
- Zelula askoren kasuan badirudi **G₁ kontrol puntua** garrantzitsuena dela.
- Orokorrean, hemen zelulak jarraitzeko seinalea jasotzen badu, S, G₂ eta M faseak burutuko ditu eta zelula zatitu egingo da.
- Baina puntu horretan ez badu jarraitzeko seinalerik jasotzen, zikloa geldituko du eta zatiketarik gabeko fase batera pasatuko da, G₀ deitzen dena.
- Berez, gure gorputzeko zelula gehienak fase honetan daude, gihar-zelulak eta neuronak esate baterako. Zelula batzuk G₀ fasea uzteko seinalea jaso dezakete (lesio baten ondoren adibidez).





Without go-ahead signal, cell enters G_0 .

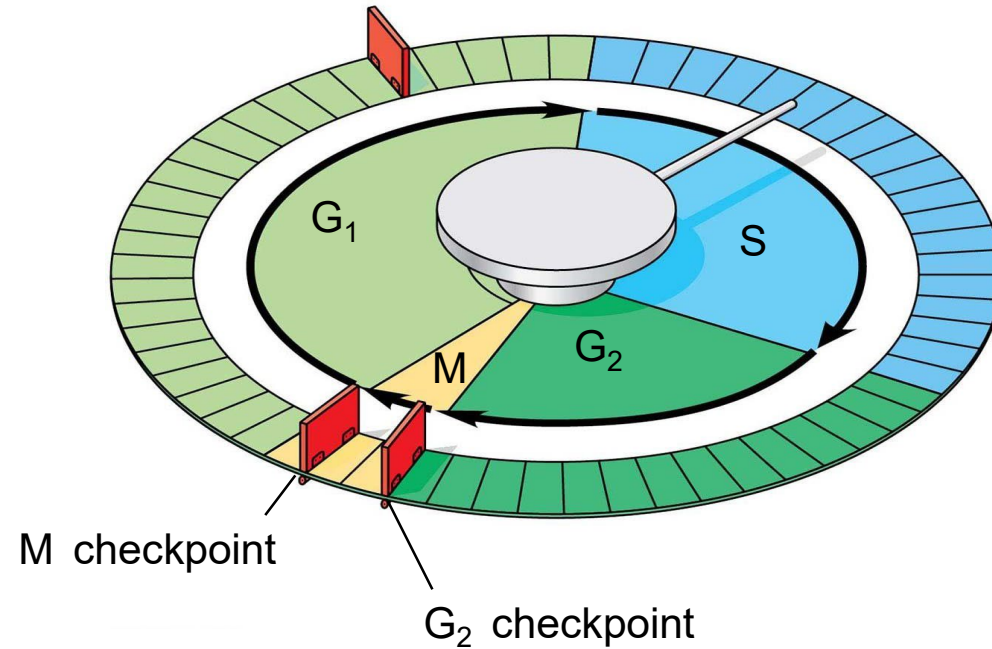
(a) G_1 checkpoint



With go-ahead signal, cell continues cell cycle.

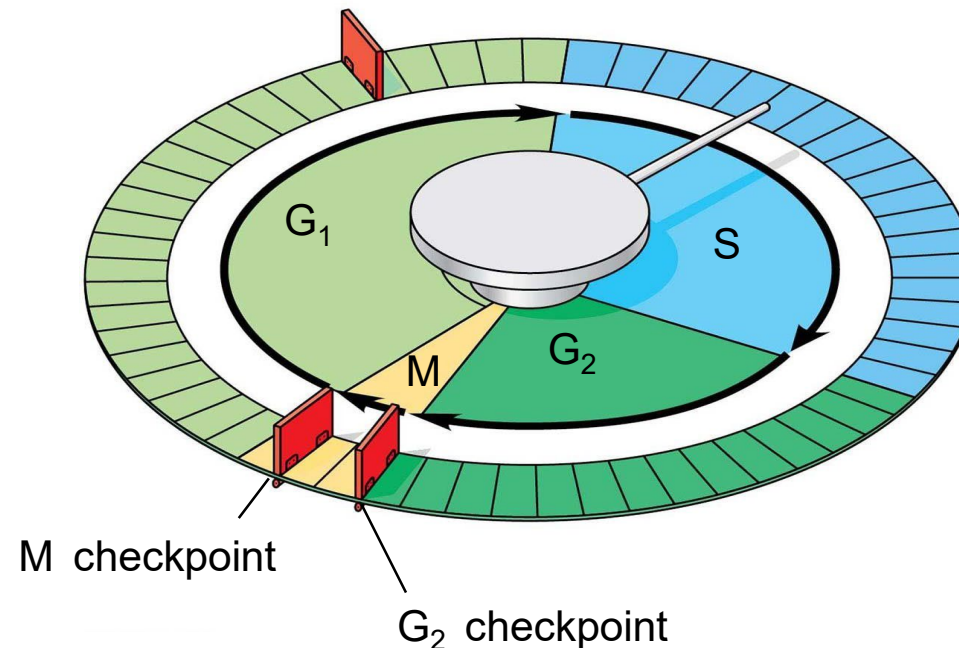
- **G₂ faseko kontrol gunea.**

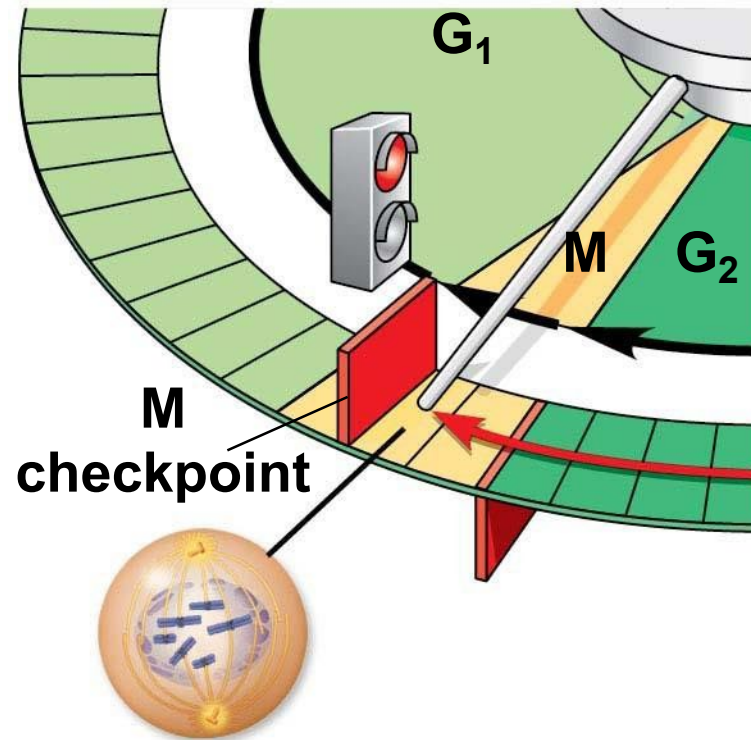
- Hemen konprobatzen da erreplikatu den DNA ondo dagoen eta akatsen bat baldin badago, geldituko da eta akats horiek konponduko ditu.
- Kaltea ezin bada konpondu, zelula hil daiteke (apoptosia). Horrela, kalteturiko DNA ez da zelula alabetara pasatzen eta minbizia ekiditen da.



- **M fasearen kontrol gunea.**

- Kasu honetan, anafasea ez da hasiko zinetokororen bat baldin badago ardatz mitotikoarekin lotu gabe.
- Honek kontrolatzen du zelula alabak kromosoma gehiagorekin edo gutxiagorekin ez agertzea.
- Zinetokoro guztien loturak erregulazio konplexu bat aktibatzen du, eta honek separasa entzima aktibatuko du. Separasak kromatida ahizpak banatzea baimentzen du, anafasearen hasiera ahalbidetuz.

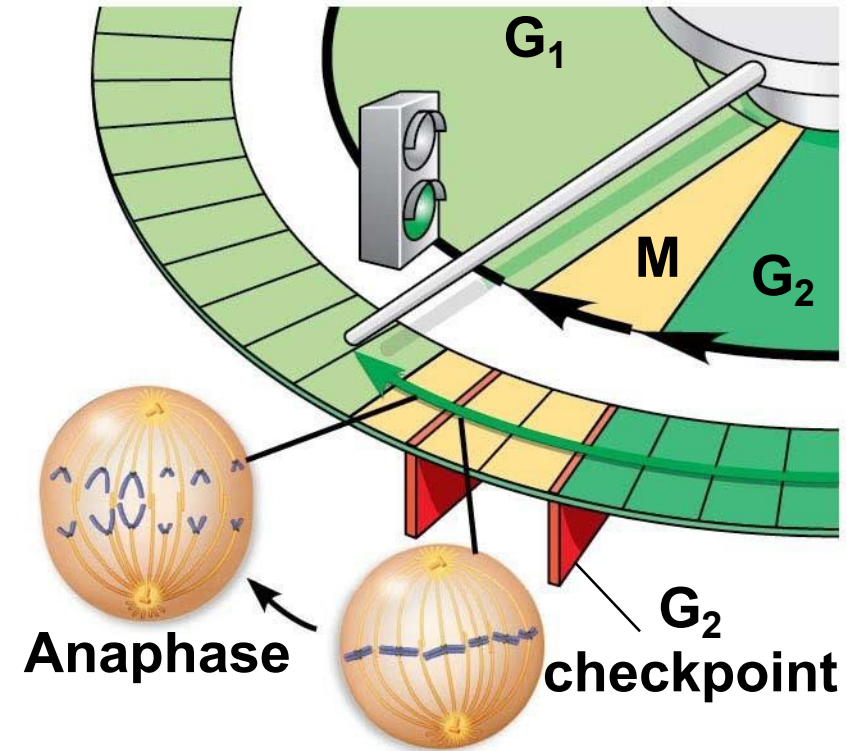




Prometaphase

Without full chromosome attachment, stop signal is received.

(b) M checkpoint



Metaphase

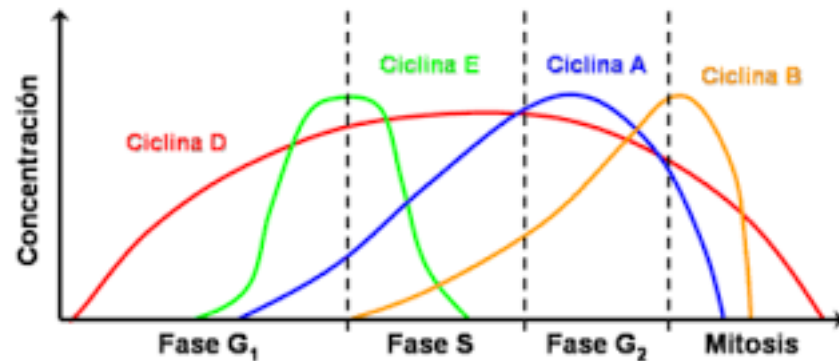
With full chromosome attachment, go-ahead signal is received.

ZIKLO ZELULARRAREN ERREGULAZIOA

- Ziklo zelularra erregulatzen duten barruko eta kanpoko hainbat seinale ditugu, zelulei esaten dietenak zatitu behar direla (adibidez zauri bat dugulako) edo ez direla gehiago zatitu behar.
- Barruko seinaleen artean ziklinak erregulatzaile garrantzitsuenetarikoak dira.
- Ziklina desberdinak daude eta fase desberdinen gertaerak bultzatzen dituzte, adibidez, kromosomen kondentsazioa edo nukleoaren estalkiaren apurketa.

ZIKLO ZELULARRAREN ERREGULAZIOA

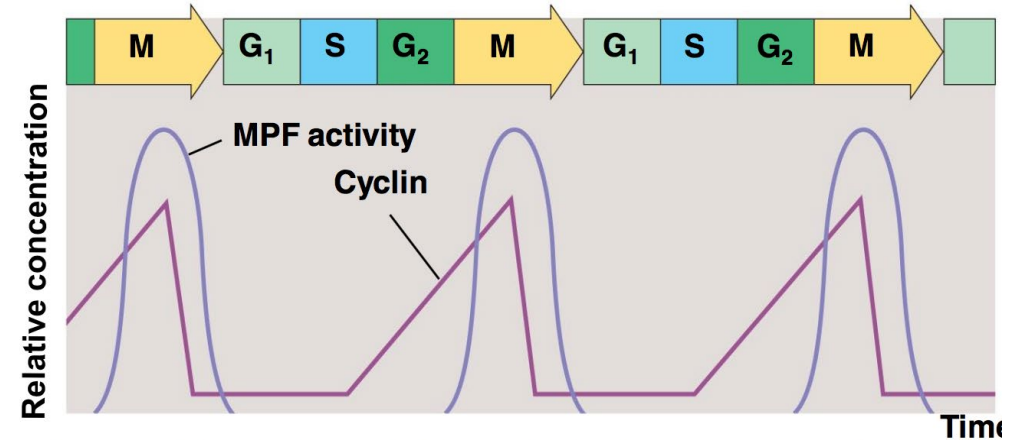
- Ziklo zelularren kontrolean bi proteina erregulatzailek hartzen dute parte: ziklinak eta ziklinen menpeko kinasak (CdK).
- Ziklinen eta CdK-en aktibitateak ziklo zelularrean zehar fluktuatzen du.
- Kinasak kontzentrazio konstante batean aurkitzen dira zeluletan, baina denbora gehienez era inaktibo batean daude. Aktibatzeke ziklina bati elkartu behar dira, hauen kontzentrazioak ziklikoki gorabeherak edukitzen ditu zelula barruan.



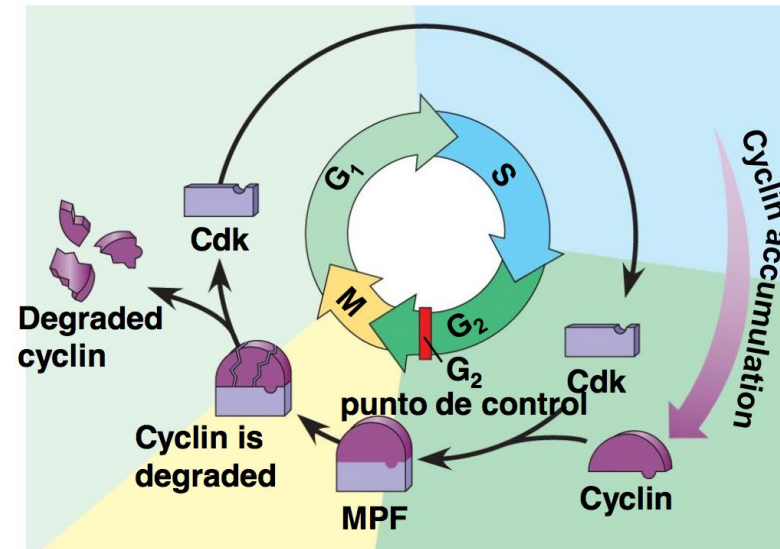
MPF ziklina-CdK konplexu bat da, beraz, bere aktibitatea ziklinaren kontzentrazio pikoekin egokitzen da.

G₂ fasean zehar ziklinak metatzen dira eta CdK-ekin elkartzen dira. Orduan, eratzen den MPF konplexuak mitosis abiarazten du (nukleoaren apurketa bultzatzen du eta kromosomen kondentsazioa).

Anafasean MPF degradatzen da eta mitosi fasea bukatzen da. Ziklina degradatzen da, CdK ez, baina inaktiboa da, S eta G₂ faseetan sintetizatutako ziklina berriekin batu arte.



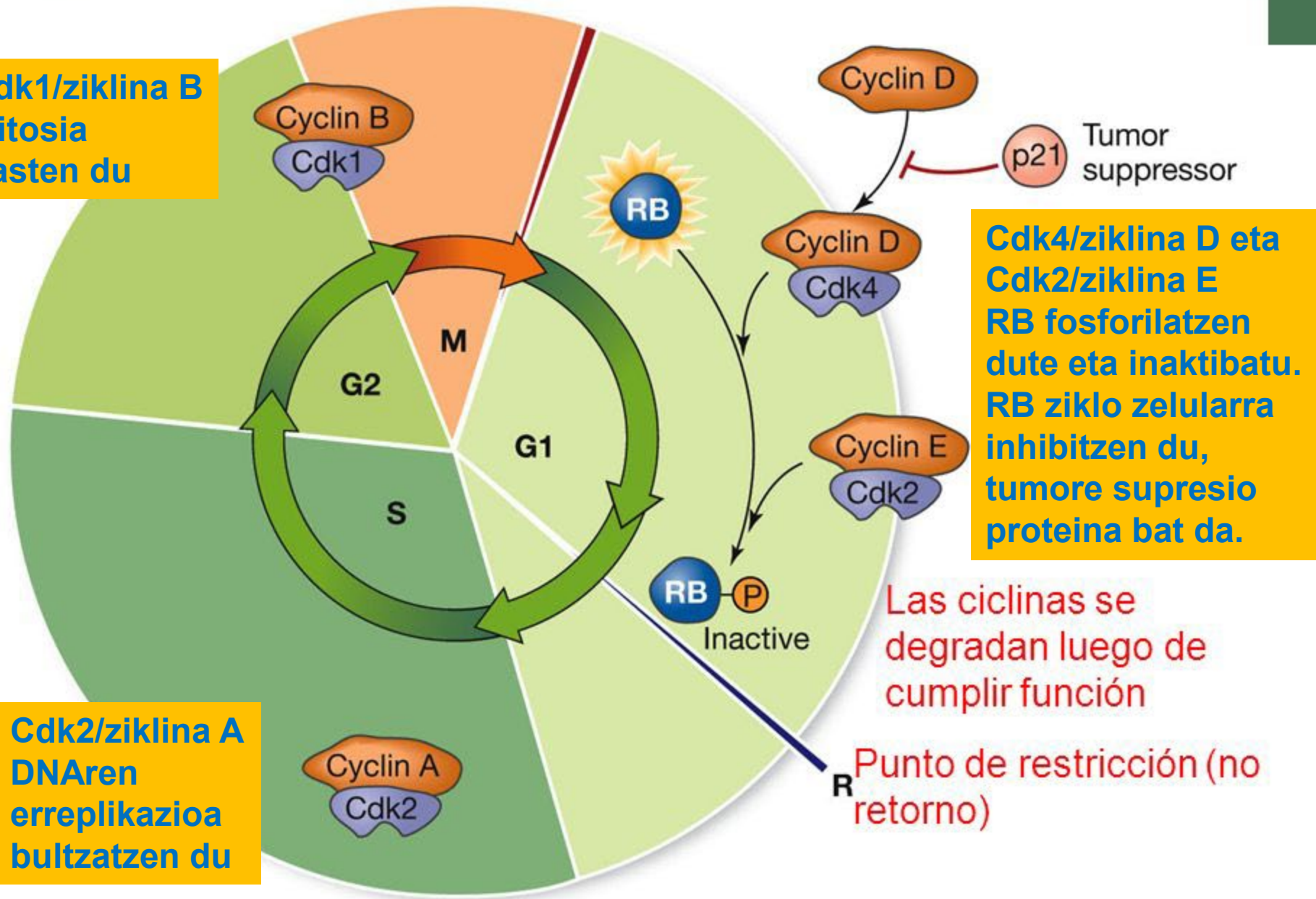
Fluctuación de la actividad MPF y la concentración de ciclina durante el ciclo celular



Mecanismos moleculares que ayudan a regular el ciclo celular

Cdks y ciclinas determinan las transiciones

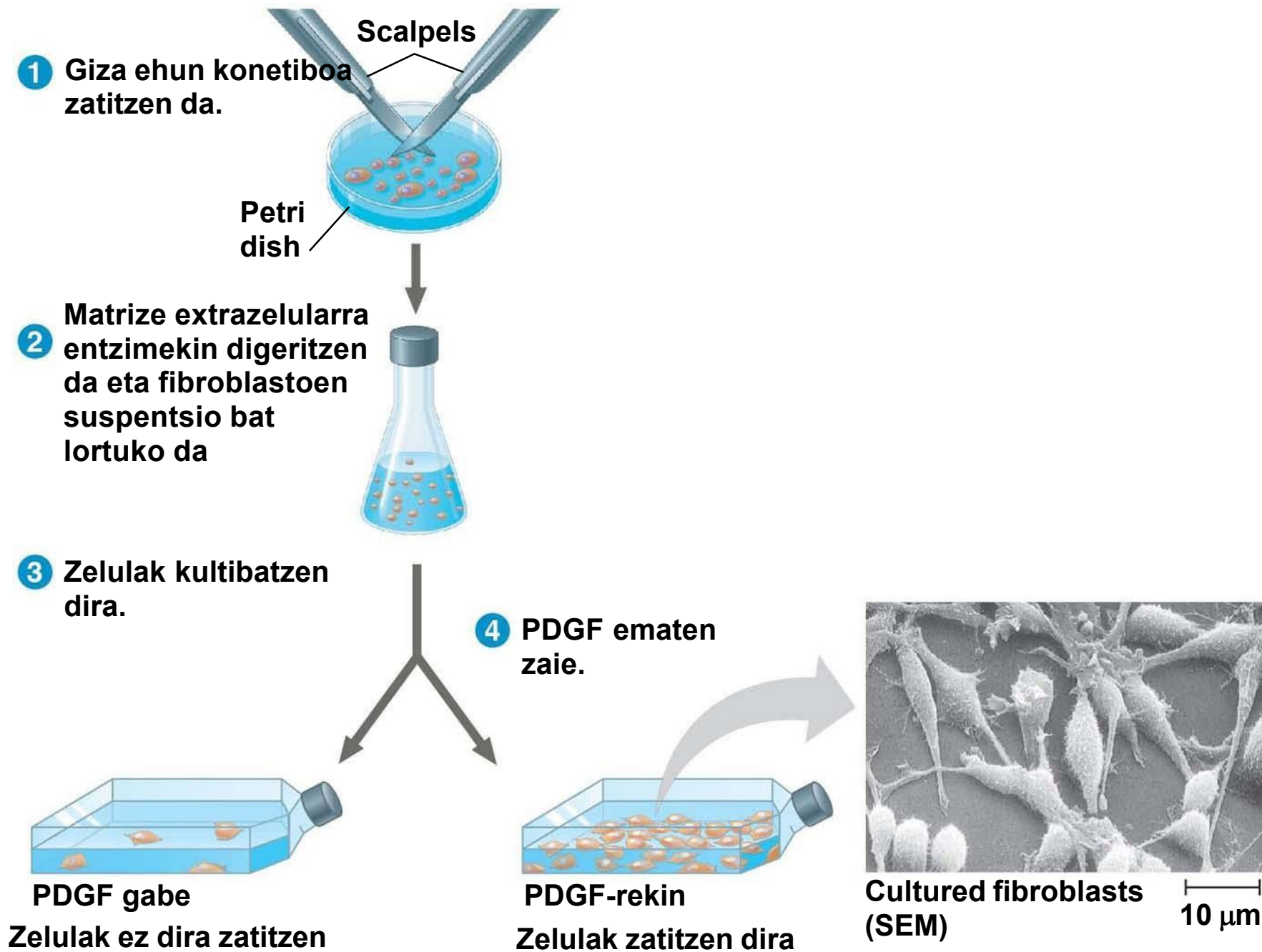
Cdk1/ziklina B
Mitosis
hasten du



KANPOKO SEINALEAK

- Kanpo seinale batzuk hazkuntza faktoreak dira, zelula batzuk askatzen dituzten proteinak, beste batzuk zatitzera estimulatzeko dutenak.
- Adibidez, plaketetatik eratorritako hazkuntza faktoreak (PDGF) fibroblastoen kultiboen hazkuntza estimulatu du.

PDGF-ak fibroblastoen mintz plasmatikoko errezeptore espezifikoekin batzean seinale bat pizten dute. Seinale honek zelulak G_1 kontrol puntua pasatzea baimentzen du eta zelula zatituko da. Gorputzean gauza bera gertatzen da, zauri bat egitean plaketek PDGF askatzen dute mediora eta fibroblastoak zatitzen dira, zauria ixten lagunduz.

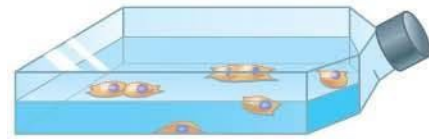


Kanpo seinale baten beste adibide bat **dentsitatearen menpeko inhibizioa** da. Kasu honetan, zelula asko daudenean zelulek zatitzeari uzten diote.

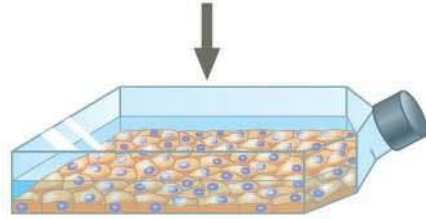
Adibidez, zelulak kultibatzen direnean, plaka osoaren gainazala bete arte zatitzen dira eta hortik aurrera ez dira gehiago zatitzen. Zenbait zelula kentzen badira, leku hutsaren ingurukoak zatituko dira espazio hori bete arte.

Animalia-zelula gehienek erakusten duten beste kanpo seinale erregulatzaile bat **ainguraketaren menpekotasuna da**, substratu batera loturik egon behar dira zatitu ahal izateko.

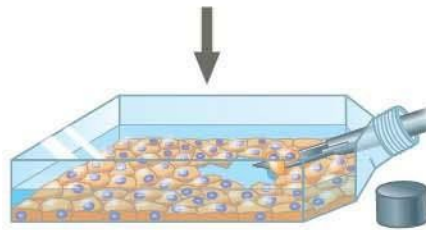
Minbizi zelulek ez dute bi menpekotasun hauek erakusten zatitzeko.



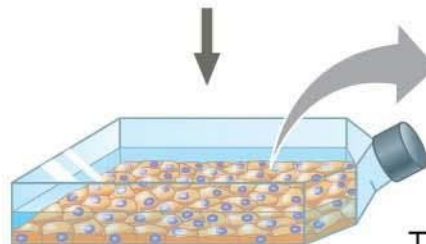
Ainguraketaren menpeko zelulek gainazal bat behar dute zatitzeko



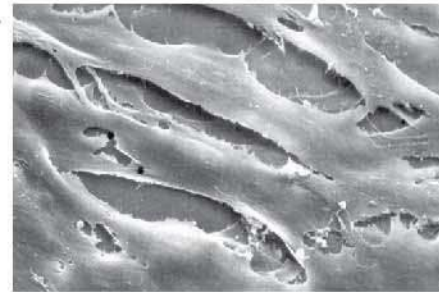
**Dentsitatearen menpeko inhibizioa:
Zelulek geruza bakuna osatzen dute eta ez dira gehiago zatitzen**



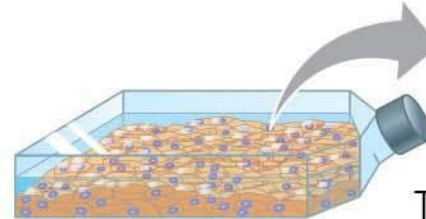
Zenbait zelula kentzerakoan besteak zatitzen dira espazio hutsa betetzeko eta gero gelditzen dira



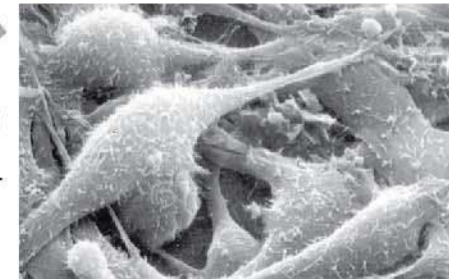
20 μm



(a) Ugaztun zelula normalak



20 μm



(b) Minbizi zelulak zatitzen jarraitzen dutenez metatzen dira eta geruzak gainjarri egiten dira

9.8 Kontrola galtzean

Batzuetan galdu egiten da zelula-zatiketaren kontrola.

Horrek minbizia sortu dezake.

Etengabe larruazaleko, hezur-muineko, heste-gaineztadurako edo beste edozein ataletako zelulak erdibitzen ari dira, higitutako edo hildako milioika zelulak ordezteko. **Ez dira zoriz zatitzen.** Mekanismo jakinek kontrolatzen dute DNAREN erreplikazioa eta baita zelula-zatiketaren hasiera eta amaiera ere.

Zerbait okertzen denean era askotako arazoak sor daitezke.

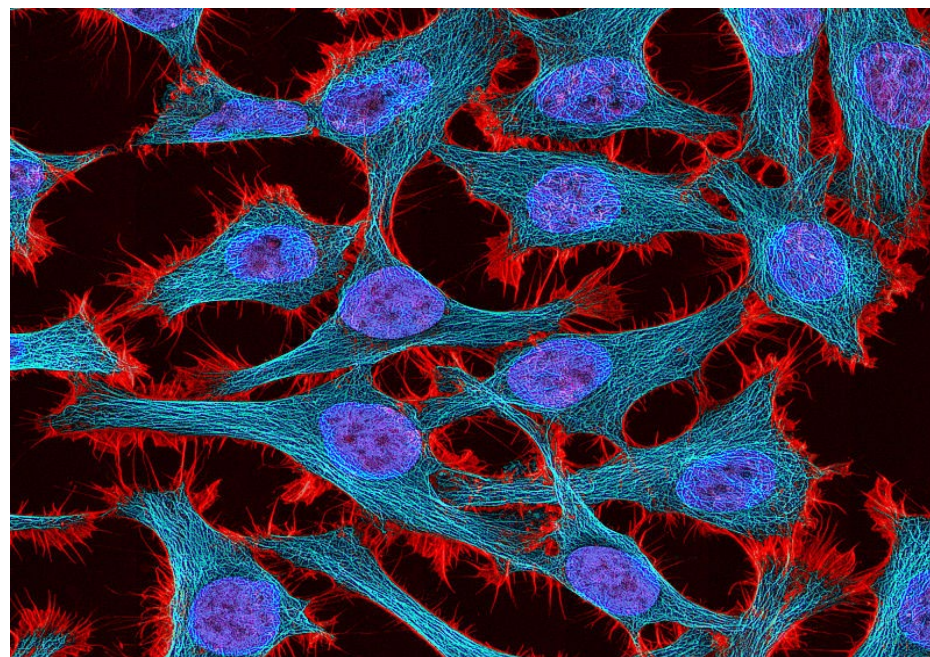
Esaterako, zenbait mekanismok huts egitean zelulak bere bizi-zikloaren kontrola galtzen du. Zelula horren ondorengoek **TUMORE** bat –zelula-mordo anormala– era dezakete inguruko ehunean.



Minbizi zelulek normalean ez dute zatiketa zelularra kontrolatzen duten seinaleen aurrean erantzuten. Minbizi zelulek ez dute hazkuntza faktorerik behar hazi eta zatitzeko, zergatik?

- Posiblea da haien hazkuntza faktoreak egiteko gai izatea.
- Posiblea da hazkuntza faktore baten seinaleari erantzuteko gai izatea hazkuntza faktorea egon gabe.
- Posiblea da haien ziklo zelularraren kontrola anormala izatea.

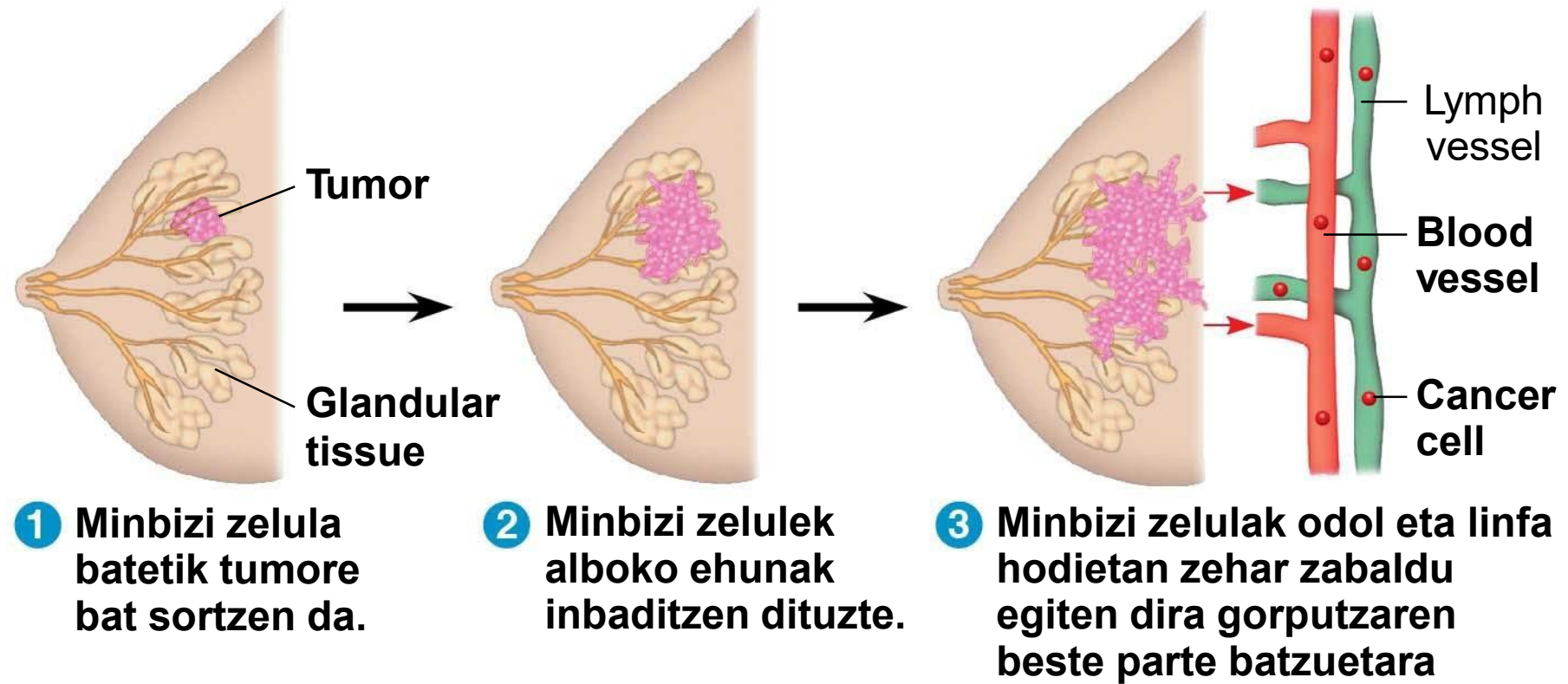
Minbizi zelulak zatitzeari uzten diotenean zikloaren puntu aleatorioetan egiten dute, ez kontrol puntu normaletan. Kultiboan minbizi zelulei nutrienteak ematen bazaizkie mugarik gabe zatitu daitezke, **HILEZKORRAK** direla esaten da. Adibide bat HeLa zelulek osatzen dute.

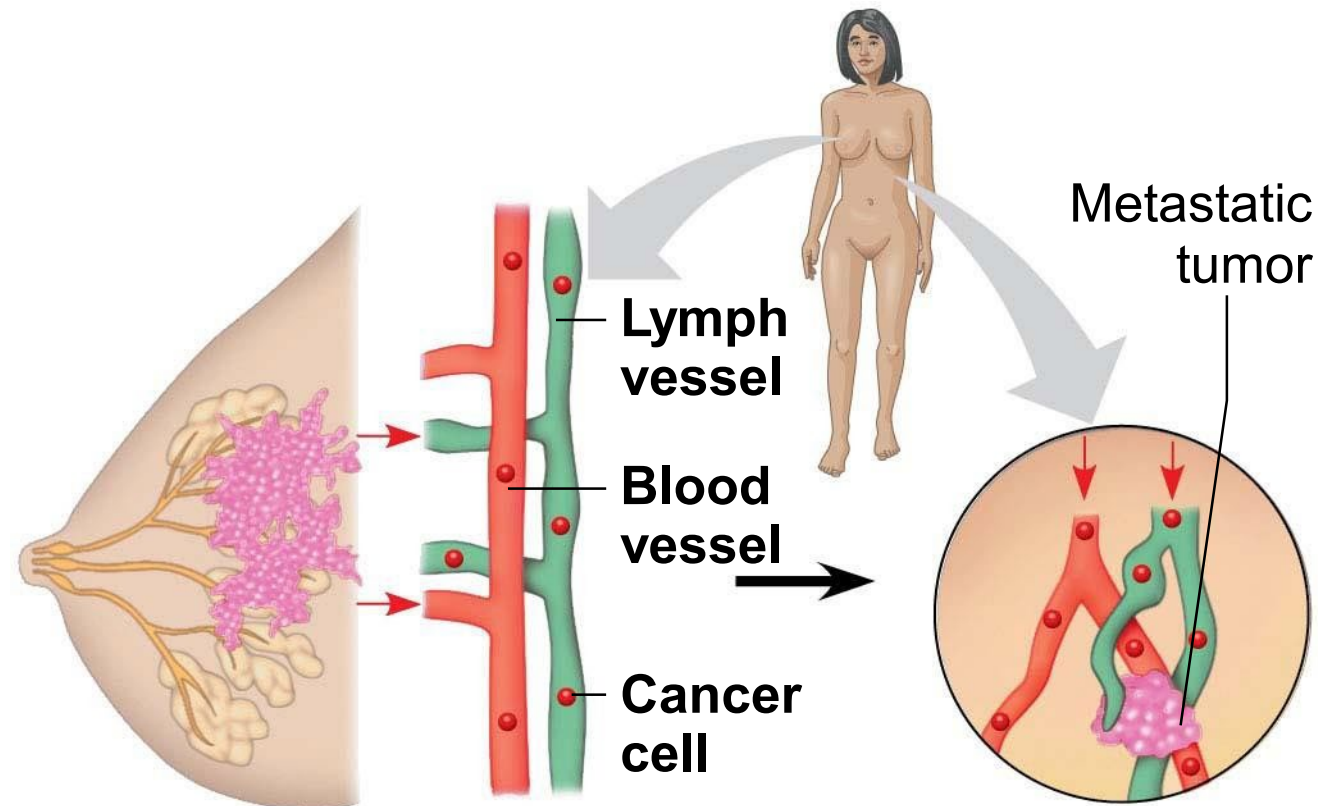


HeLa zelulak kultibo zelularretarako zelula-andui bat dira, ikerketa zientifikoetan oso erabiliak. Giza leinu batetik datoz, 1951ko lagin batetik eratorriak: Henrietta Lacks izeneko gaixo batek uteroko minbizia zuen, eta urte horretan hil zen. Bere baimena eman gabe ehun honetako zelulak hazi zituzten eta oso ugalkorrak zirela ikusi zen. HeLa gaixoaren akronimotik dator. Leinua oso iraunkorra da, gaur egun zelula hauek oraindik erabiltzen dira, hilezkoak dira. Zelula normalak, aldiz, kultiboan 20-50 aldiz zatitzen dira eta gero gelditzen dira, zahartu eta hil.

MINBIZIA

- Minbizi zelulak gorputzean oso arriskutsuak izan daitezke.
- Zelula normal bat minbizi zelula bihurtzen duen prozesua **TRANSFORMAZIO** deitzen da.
- Sistema immuneak normalean zelula transformatuak ezagutu eta deuseztatzen ditu, baina ihes egitea lortzen duten zelulek tumoreak eratzen dituzte (zelula anormalen masak ehun normalen barruan).
- Zelula anormalak haien jatorriko lekuan mantentzen badira, multzoari **TUMORE ONBERA** deitzen zaio, gehienek ez dute arazorik sortzen eta kirurgiarekin kendu daitezke.
- **TUMORE GAIZTOEK** inguruko ehunak inbaditzen dituzte eta metastasia eragiten dute. Minbizi zelulak esportatzen dituzte gorputzeko beste leku batzuetara, non tumore gehiago sortu ahalko dituzten (tumore hauek dituzten pertsonak minbizia dutela esaten da).





3 Minbizi zelulak odol eta linfa hodietan zehar zabaldu egiten dira gorputzaren beste parte batzuetara

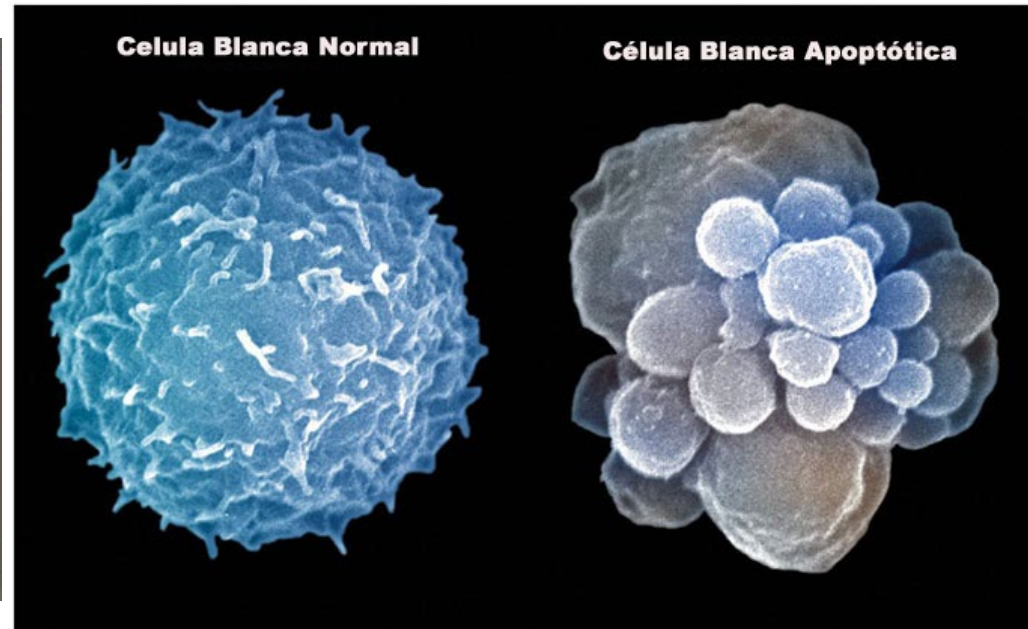
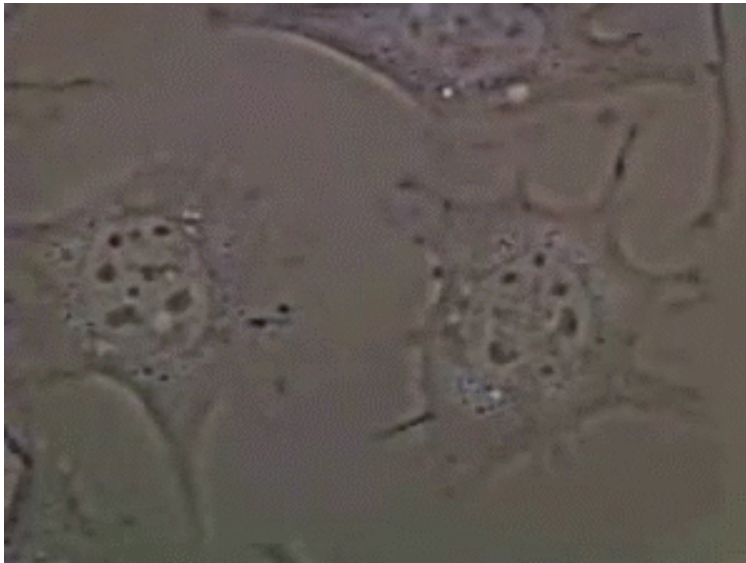
4 Minbizi zelula hauen parte txiki bat metastatu daiteke gorputzaren beste parte batzuetan eta tumore berriak sortu

9.9 Apoptosia, zelulek beren buruaz beste egiten dutenean

- Ziklo zelularren gertakizun bakoitza bere une jakinean gertatzea ezinbestekoa da banako baten biziraupenerako.
- Ziklo zelularra modu egokian betetzen ez denean, zelula era inkontrolatu batean erdibitzen has daiteke, minbizia sortuz. Kontrolik gabeko zatiketa horiek ehunak deusezta ditzakete eta, ondorioz, indibidua.
- **APOPTOSIA** zelularen heriotza programatua da, eta populazio zelularra fisiologikoki erregulatzeko modu bat da.

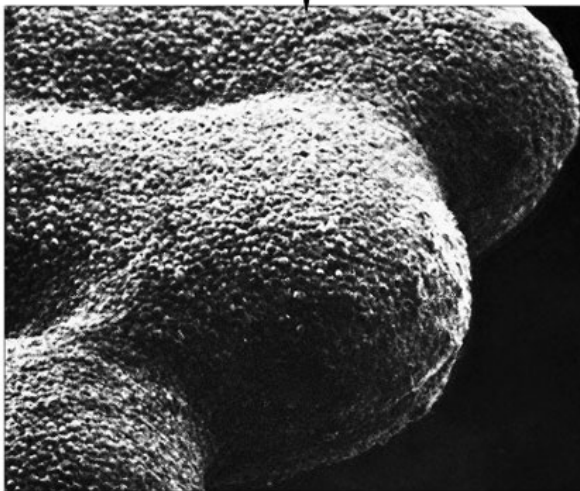
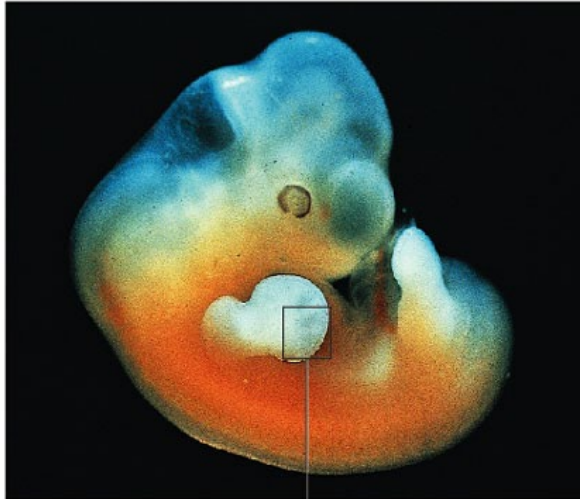


- Apoptosia gertatzeko seinale batzuk agertu behar dira, erreakzio bat aktibatuko dutenak hil behar diren zeluletan.
- Zelula uzkurtuko da, lobulazioak agertuko dira, nukleoa kondentsatuko da eta DNA apurtu.
- Inguruko zelulek zelula apoptotikoa inguratuko dute eta bere zatiak digerituko dituzte.
- DNA kalteturik duten zelulak eta beraz minbizi-zelula bihurtu daitezkeenak apoptosia burutu dezakete eta ez dute ziklo zelularra jarraituko.



Baina apoptosis ez da bakarrik gertatzen zelula bat txarto dagoenean, zelula hori deuseztatzeko. Animalien garapenean gertatzen den beharrezko prozesu bat da.

Adibidez, atzamarren arteko espazioa apoptosiaren bidez sortzen da. Apoptosia ez bada gertatzen, atzamarren artean mintz bat agertuko da.



Apoptosia gertatzen ez bada atzamarren arteko mintza mantenduko da.

Giza enbrioiaren egitura eskua itxuratuko duena, ondoz ondoko mitosi askoren bidez. Mikroskopia elektronikoz egindako mikrofotografia honetan banakako zelulak ikus daitezke.