



Solut: yleistä

16.1.2024

Oppimistavoitteet

Tunnistaa keskeiset käsitteet solujen rakenteesta ja toiminnasta

Kantasolut

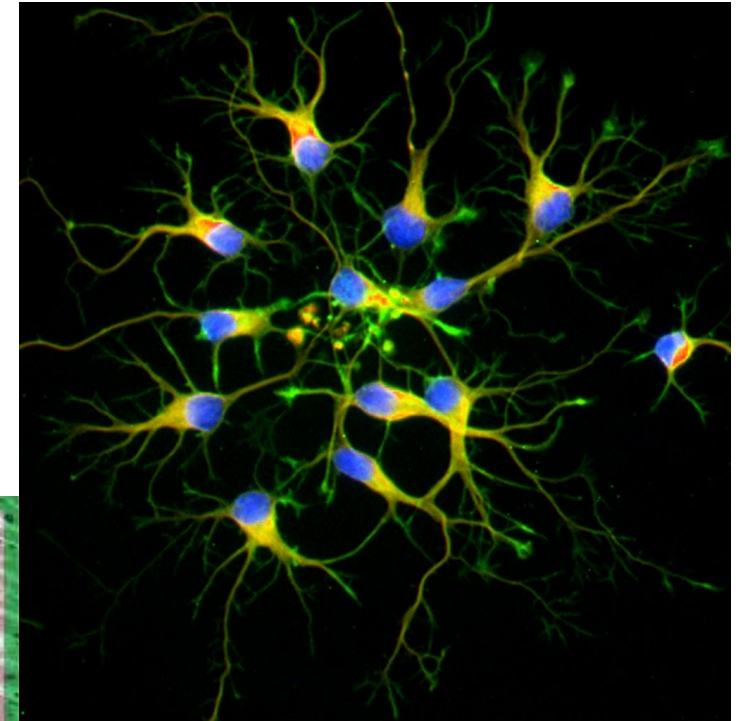
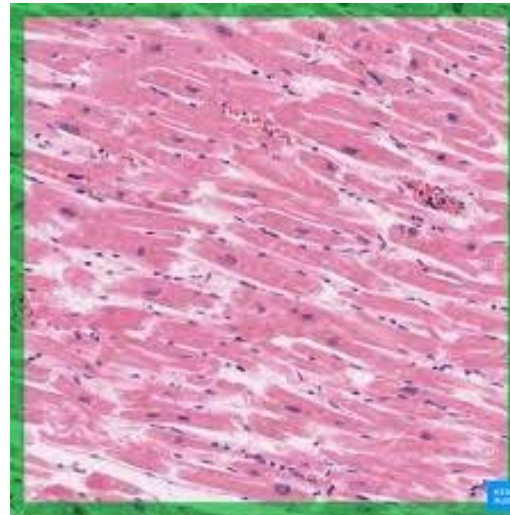
Solun eri osat ja solun toimintojen säätely

Solujen välinen signaalivälitys

Solujen lukumäärän säätely

Solu on rakenteellinen ja toiminnallinen perusyksikkö

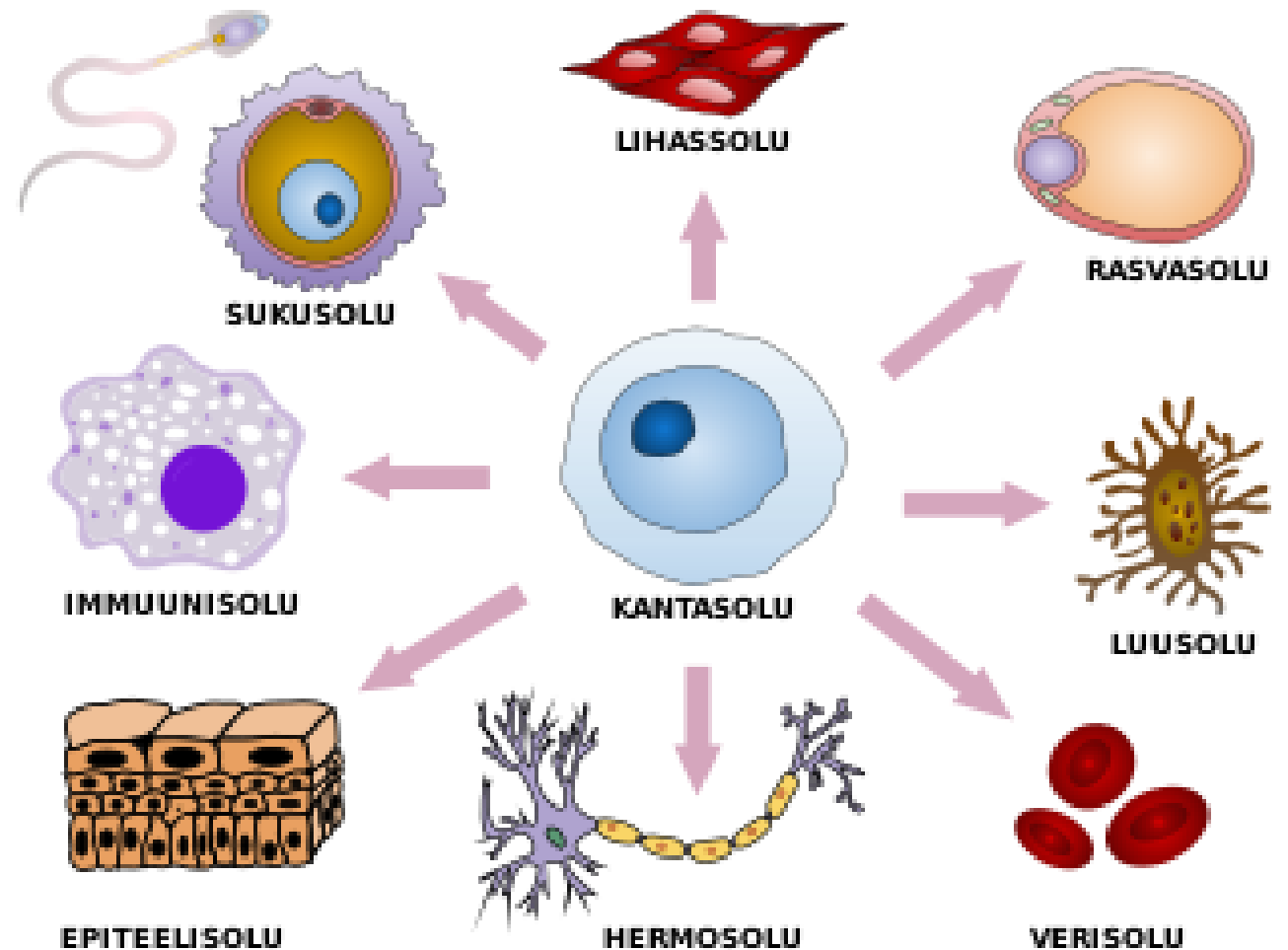
- Ihminen koostuu biljoonista soluista
- Sytologia = soluoppi
- Solujen koko, muoto ja muut ominaisuudet vaihtelevat: punasolun läpimitta 7- 8 μm , munasolu 0.1 mm



Sciencellonline.com

Kenhub.com

- Kantasolut → sukusolut ja somaattiset solut
- Solujen koostumus
 - 80% vettä
 - kuivapainosta 80% proteiineja, 10% rasvaa, 1-2% hiilihydraatteja ja nukleiinihappoja



SOLUT

Perusyksikköjä
Kantasolut erilaistuvat yli
200 solutyypiksi

RAKENNE

Hyvin samankaltainen
eri soluilla
Punasolut ja vierihiutaleet
tumattomia

TEHTÄVÄT

Aineiden kuljetus: solukalvo
Energian tuotto: mitokondriot
Solun tarvitsemien aineiden
valmistaminen: ribosomit
Aineiden varastointi: eriterakkulat,
Golgin laite
Lisääntyminen: tuma

KOKO

Pienimpiä punasolut ja
siittiöt, suurimpia lihas- ja
hermosolut, munasolut

IKÄ

Päivistä vuosiin
Punasolut 3-4 kk, valkosolut
päivistä kuukausiin
Verisoluja syntyy luuytimen
kantasoluista jatkuvasti
Hermosolut eivät uusiudu
Epiteeli- ja sidekudossolut uusiutuvat

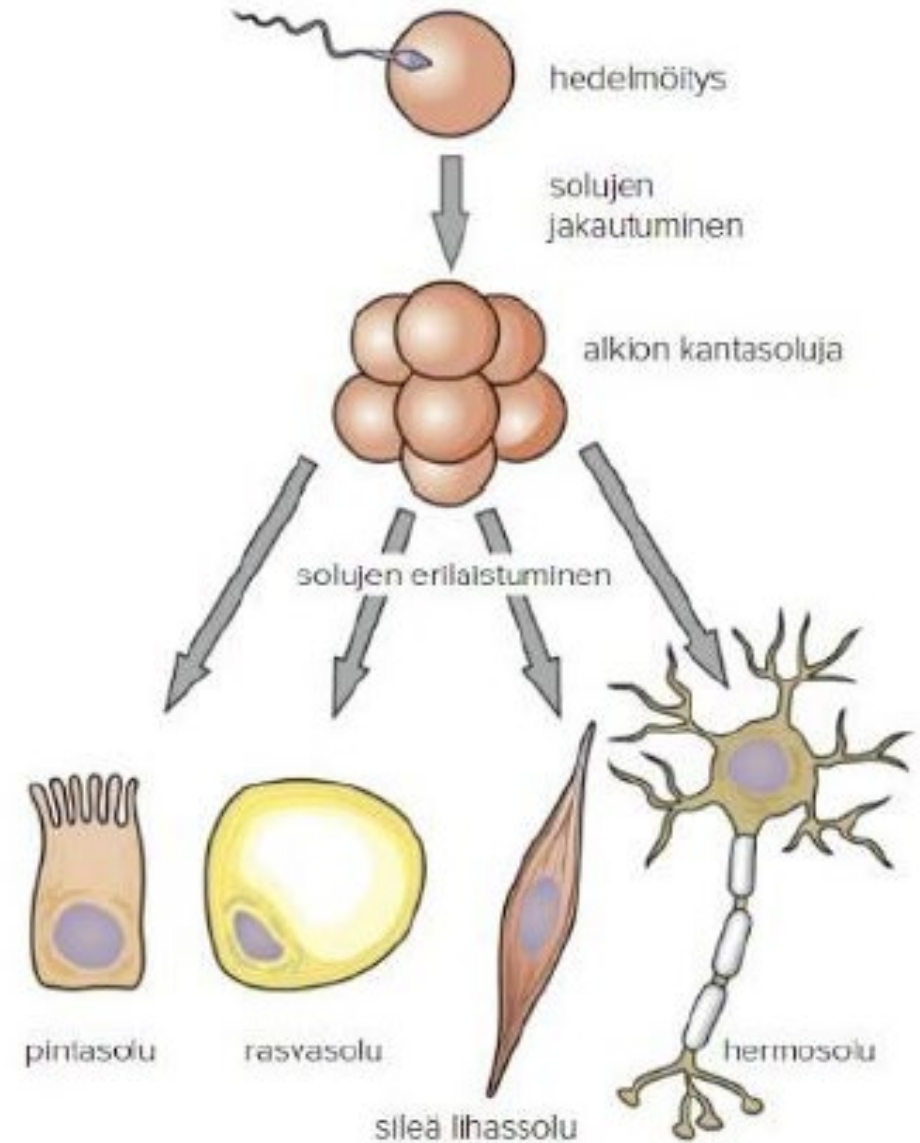
MUOTO

Vaihtelee tehtävän
mukaan

Solujen erilaistuminen

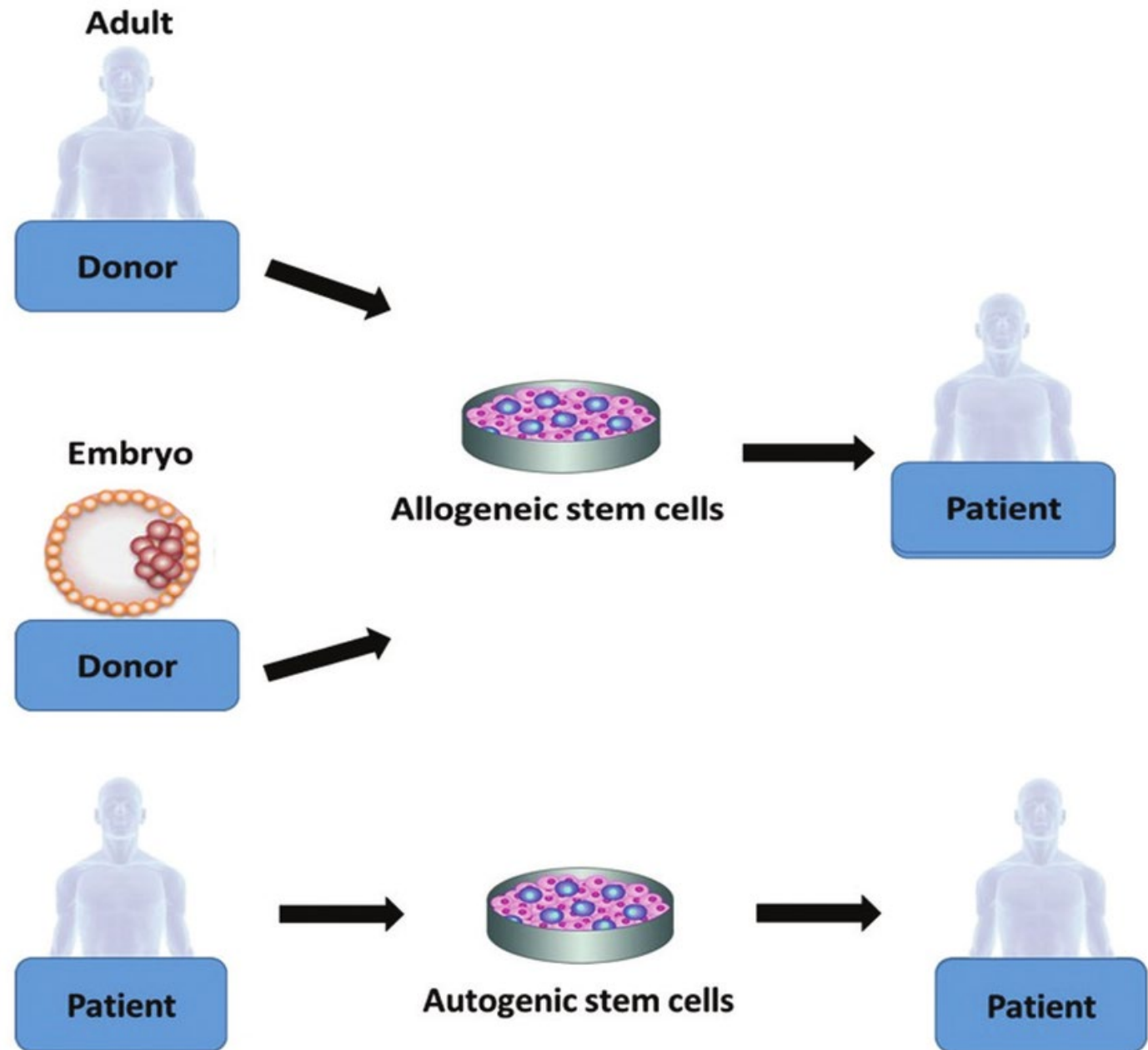
- Totipotentti – pluripotentti – multipotentti – unipotentti solu
- Kudoskantasolut vastaavat kudoksen uudistumisesta
- Kantasolulokero säätelee kantasolun toimintaa
- iPS = indusoitu pluripotentti kantasolu (kuvattu ensimmäisen kerran v. 2007)

Solujen erilaistuminen



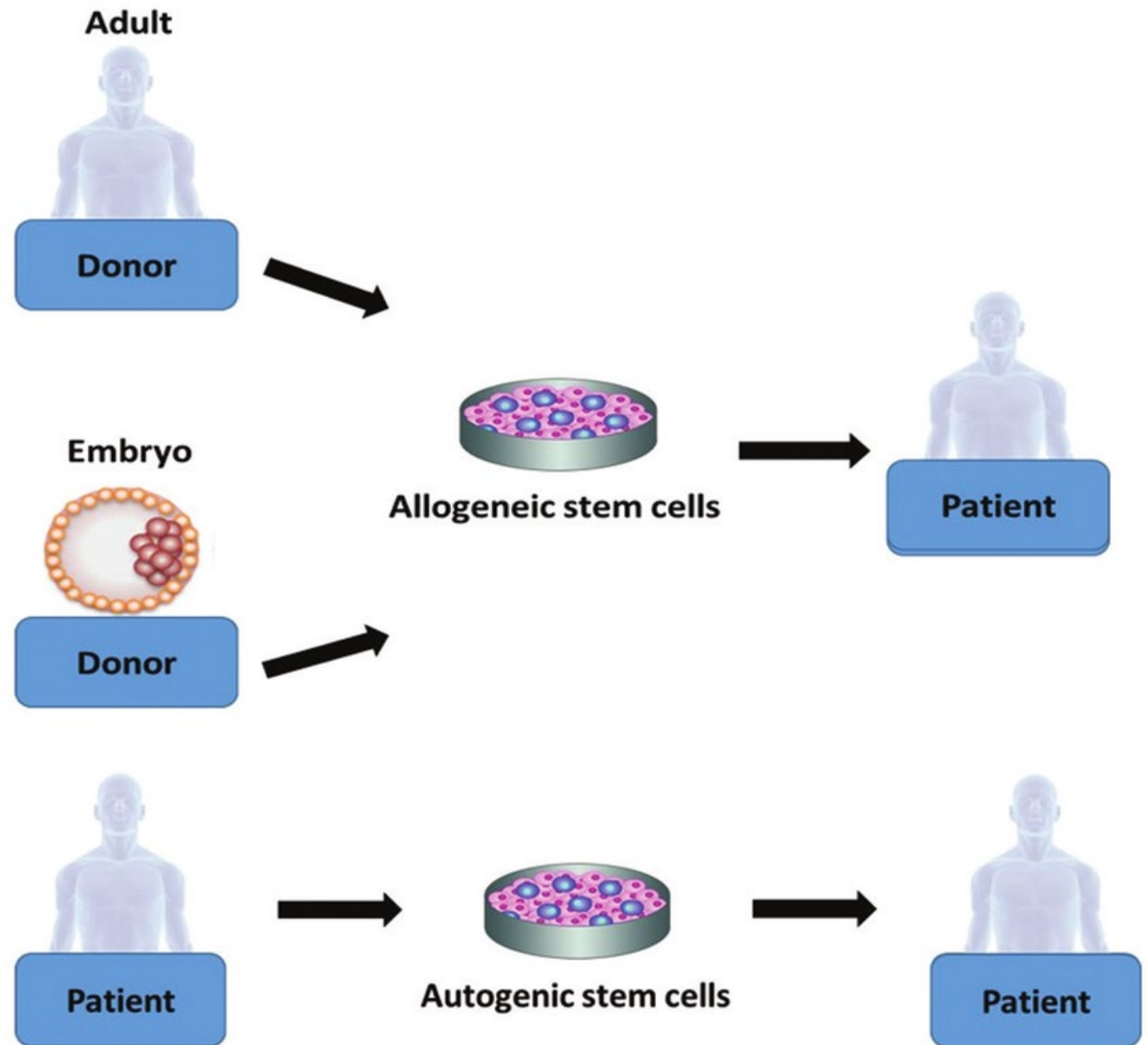
Allogeeninen solunsiirto

- potilaan sairas luuydin tuhoetaan
- Potilaalle siirretään terveeltä luovuttajalta kerättyjä kantasoluja



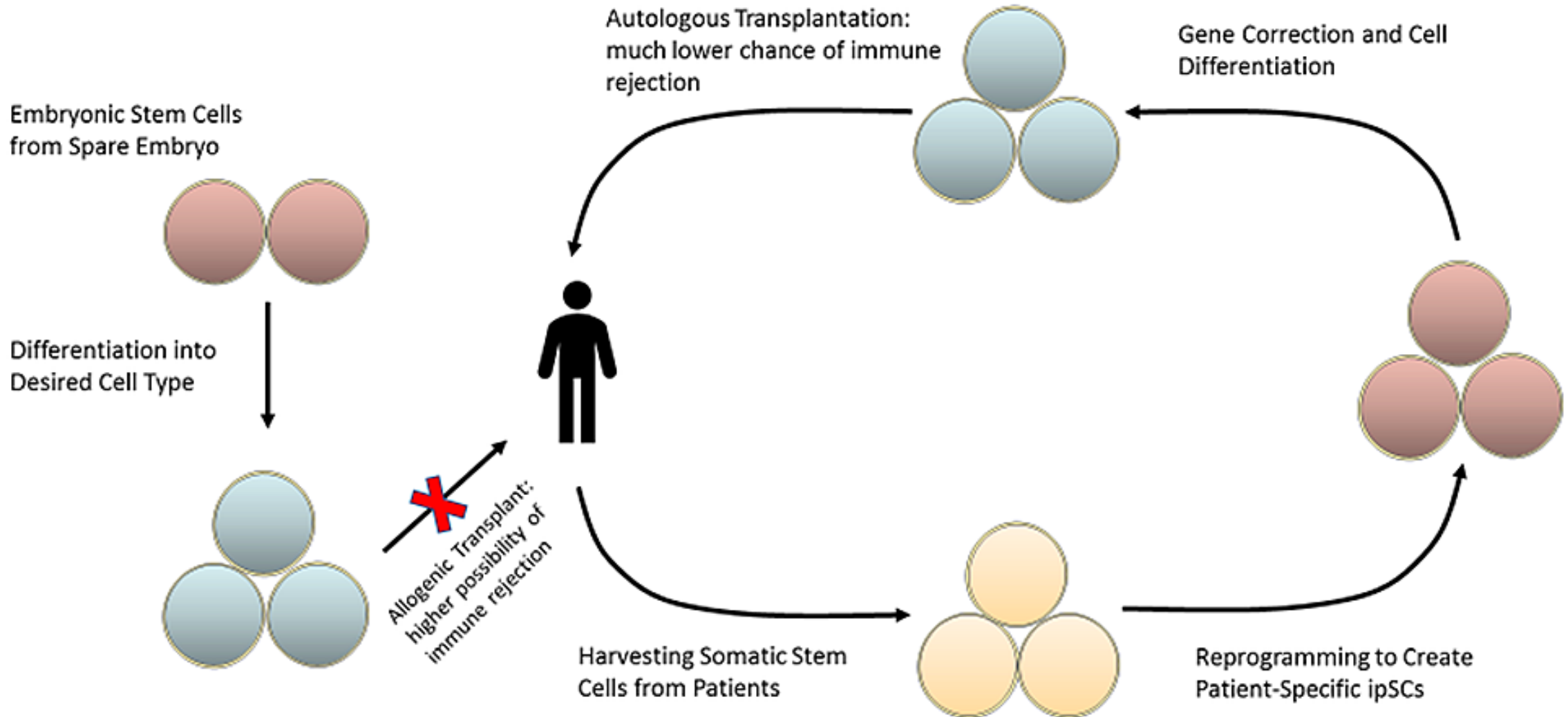
Autologinen solunsiirto

- Potilaalta kerätään etukäteisen talteen veren kantasoluja ennen luuydintä vaurioittavaa hoitoa
- Potilaalle siirretään hoidon jälkeen omia kantasoluja



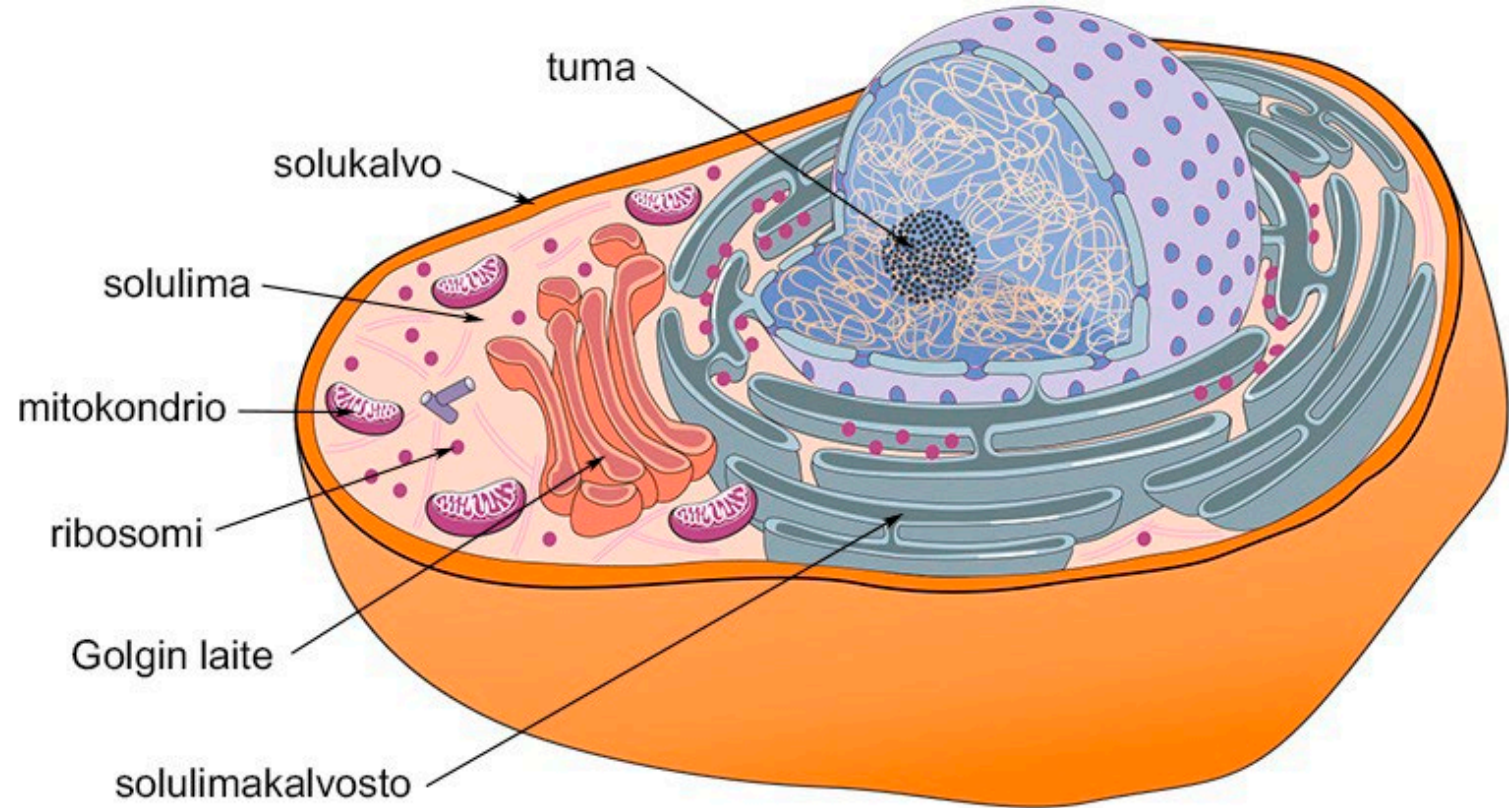
Uusia tuulia kantasoluhoidoihin: iPS

Patient-Specific Stem Cell Treatments

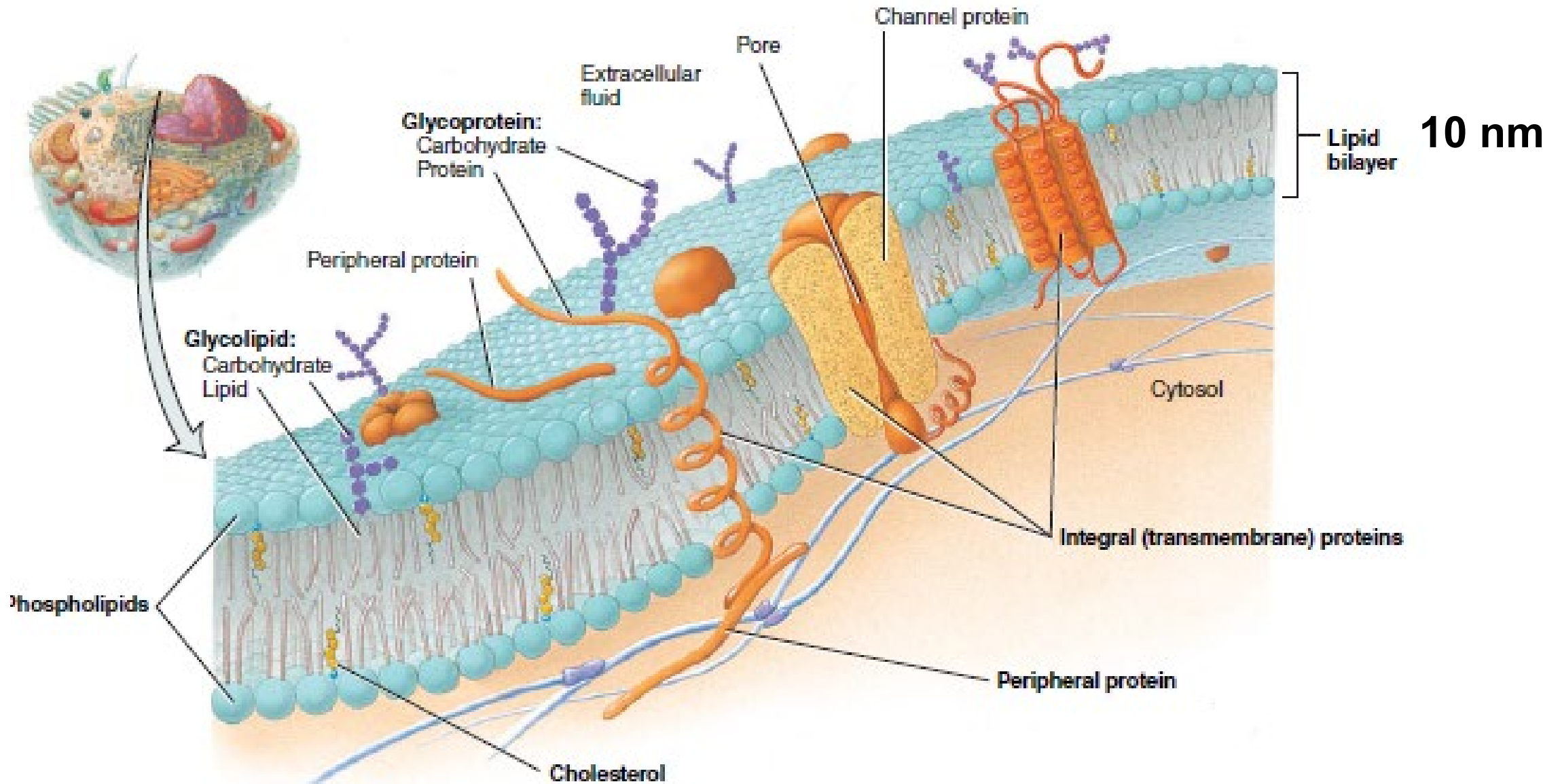


Solun rakenne ja toiminta

- 90% vettä ja siihen liuenneita suoloja (Luento 1: nestetasapaino)
- Soluelimet rakentuvat orgaanisista molekyyleistä: proteiinit, rasvat, hiilihydraatit, nukleiinihapot

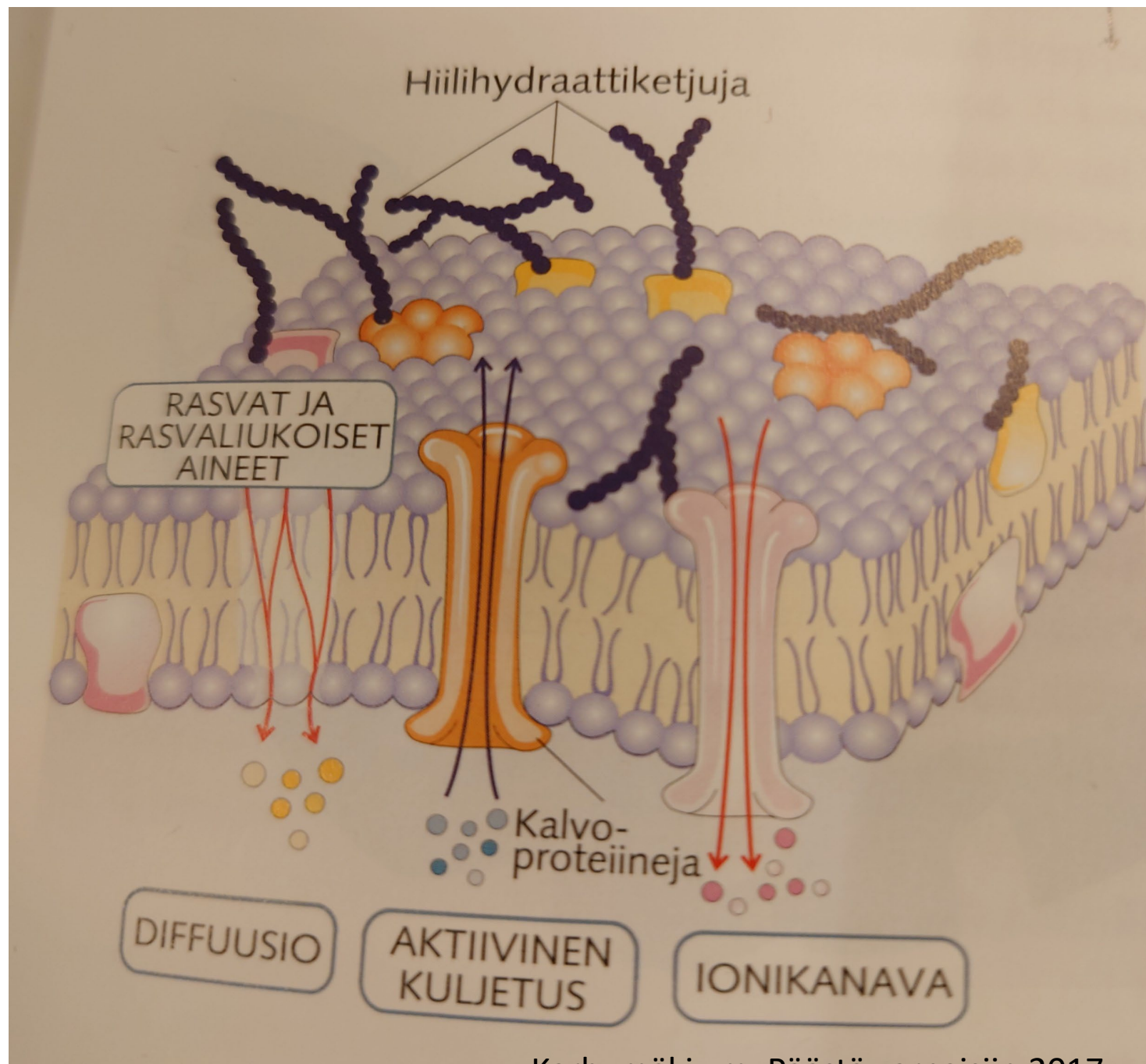


Solukalvo



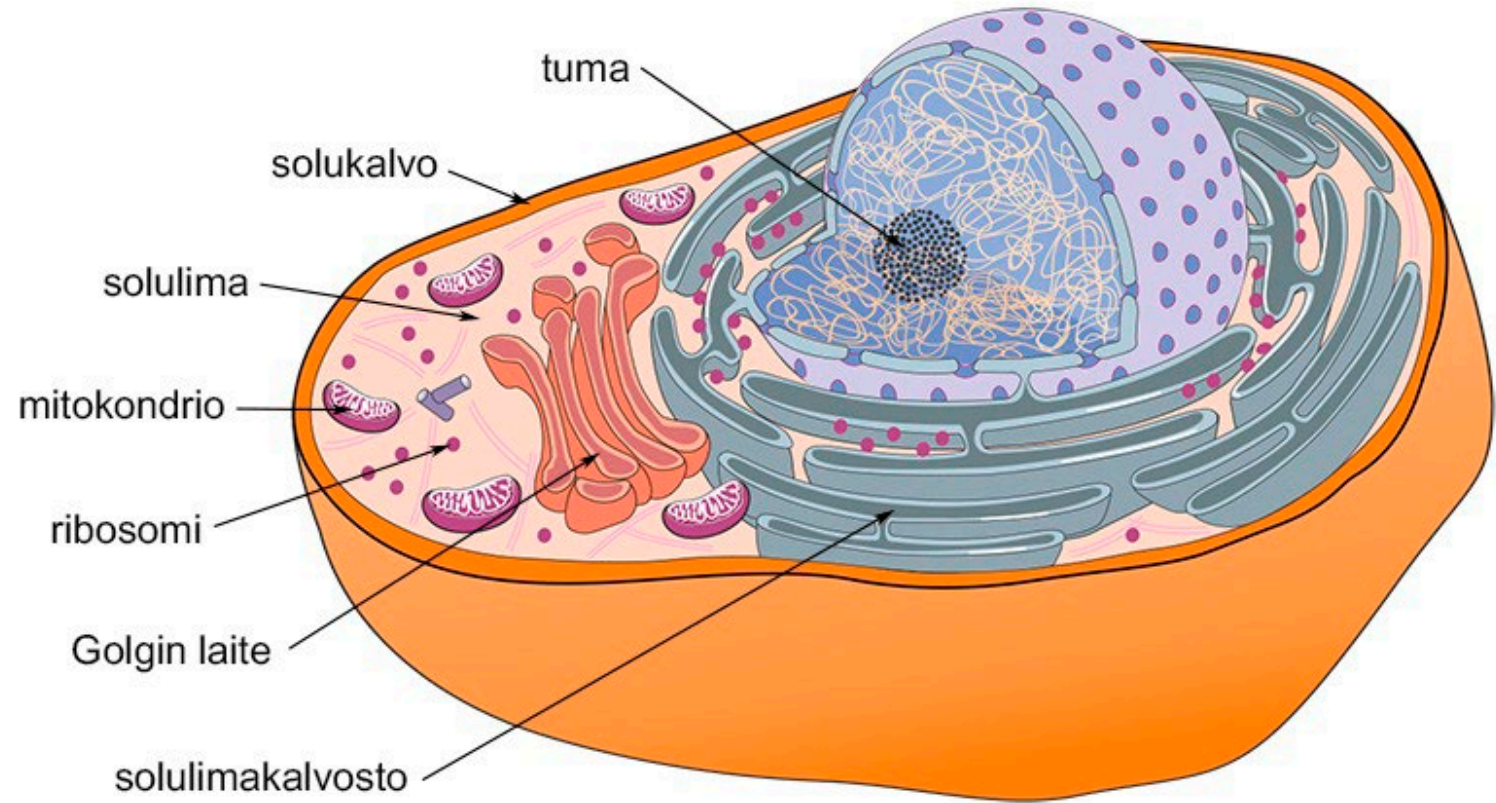
Solukalvo

- Valvoo aineiden kuljetusta soluun ja ulos
- Liittää solut toisiinsa
- Kalvoproteiinit = pumput, ionikanavat, erilaiset rakenneproteiinit
- Tärkein pumppu: Na-K – pumppu
- Aktiivinen vs. passiivinen kuljetus



Solulima eli sytoplasma

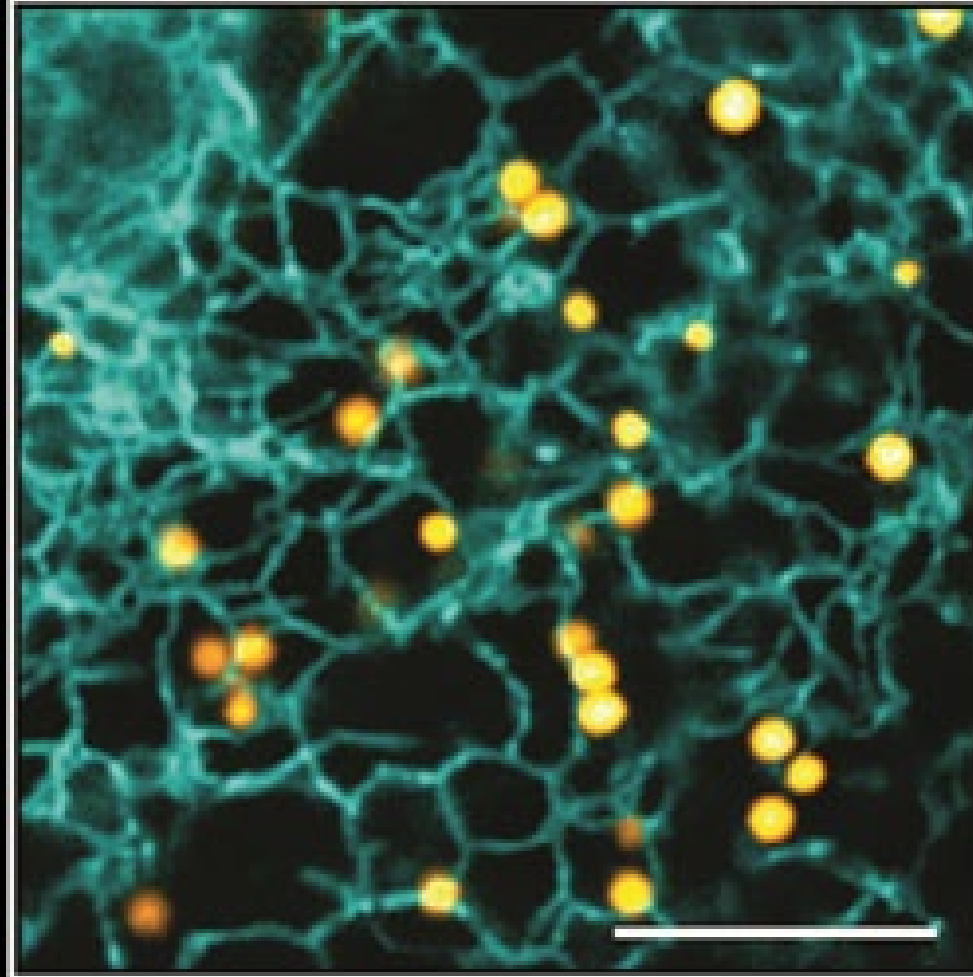
- = solunsisäinen aines tumaa lukuunottamatta
- Sisältää organelleja eli soluelimiä
- Sisältää solun tukirangan (cytoskeleton): mikrofilamentteja, säikeitä (esim. keratiini ihosoluissa), mikrotubuluksia



Solulimakalvosto

- = Endoplasmakalvosto
- Aineiden kuljetus solujen sisällä
- Lihassolussa rooli myös lihassupistuksen alkamisessa ja loppumisessa
- Solulimaan kiinnittyvien ribosomien pinnalla tapahtuu proteiinisynteesi

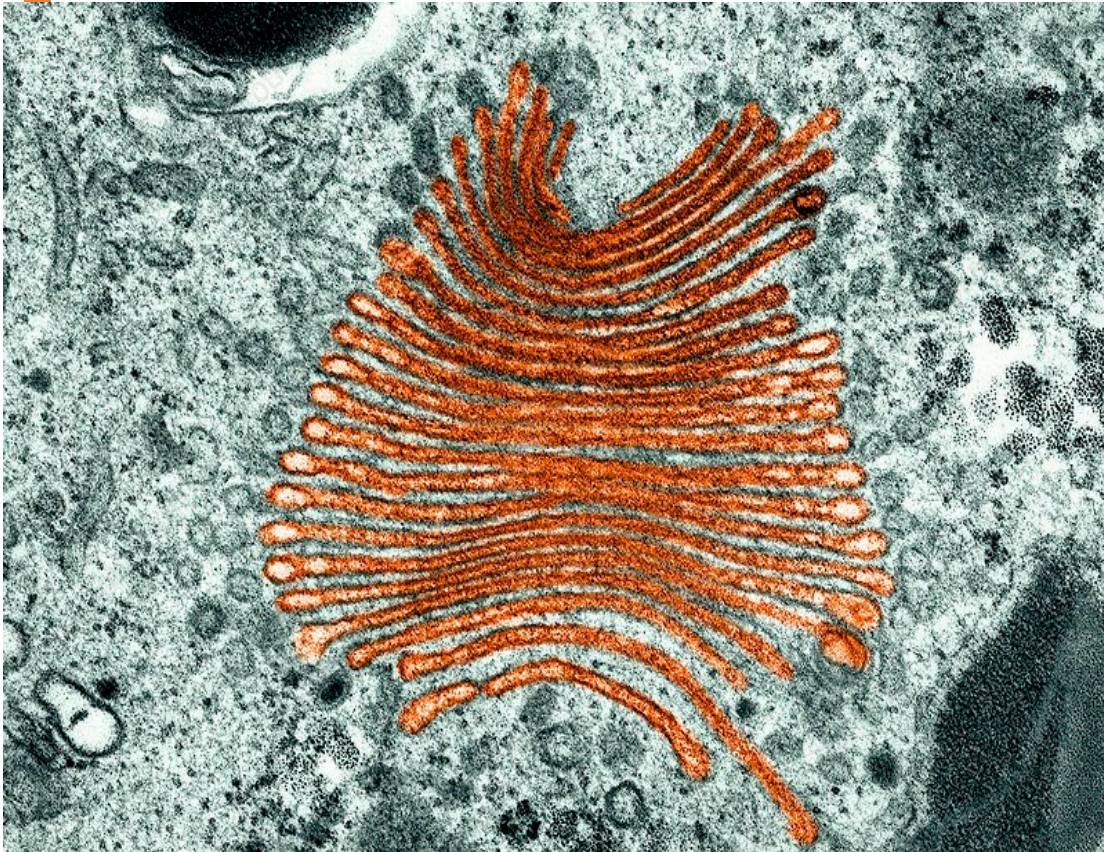
Lipidipisarat ja solulimakalvosto



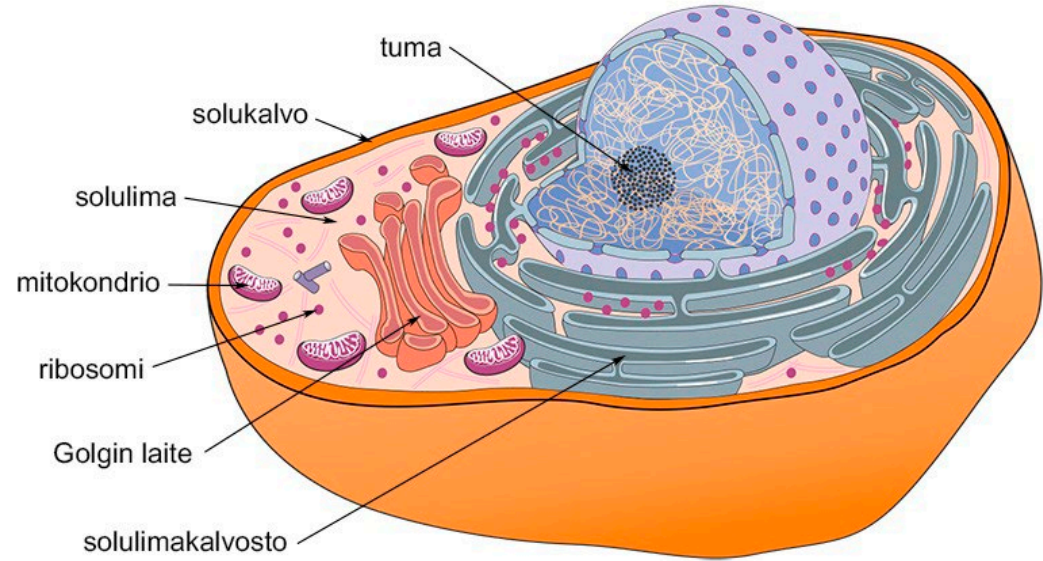
5 um

duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo15424d.PNG

Golgin laite



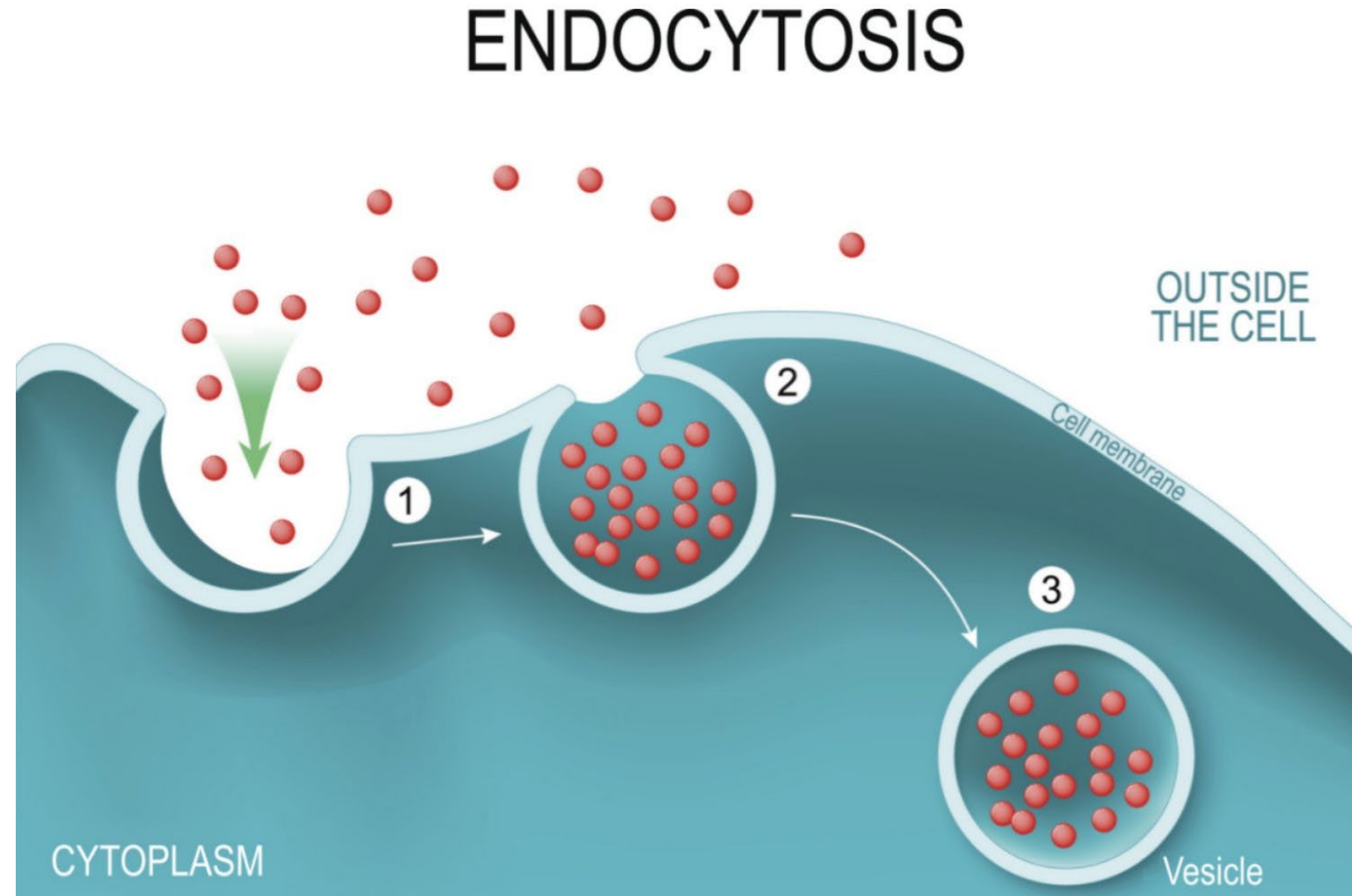
media.sciencephoto.com/



- Muokkaa, pakkaa ja kuljettaa proteiineja ja muita molekyylejä
- Muodostaa eriterakkuloita (lysosomeja) prosessoitujen proteiinien poistamiseksi solusta

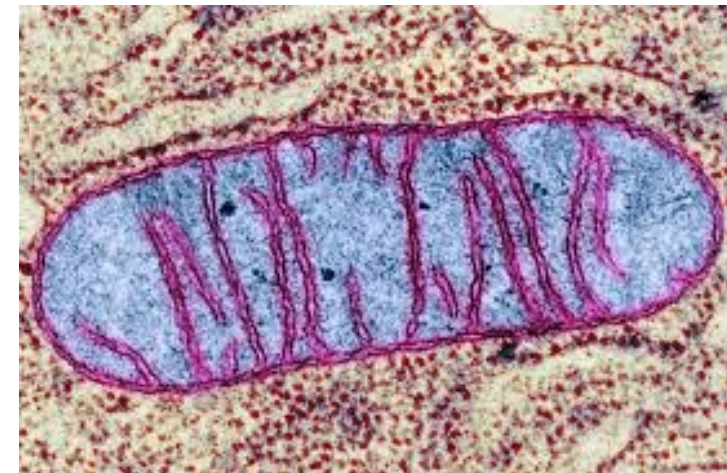
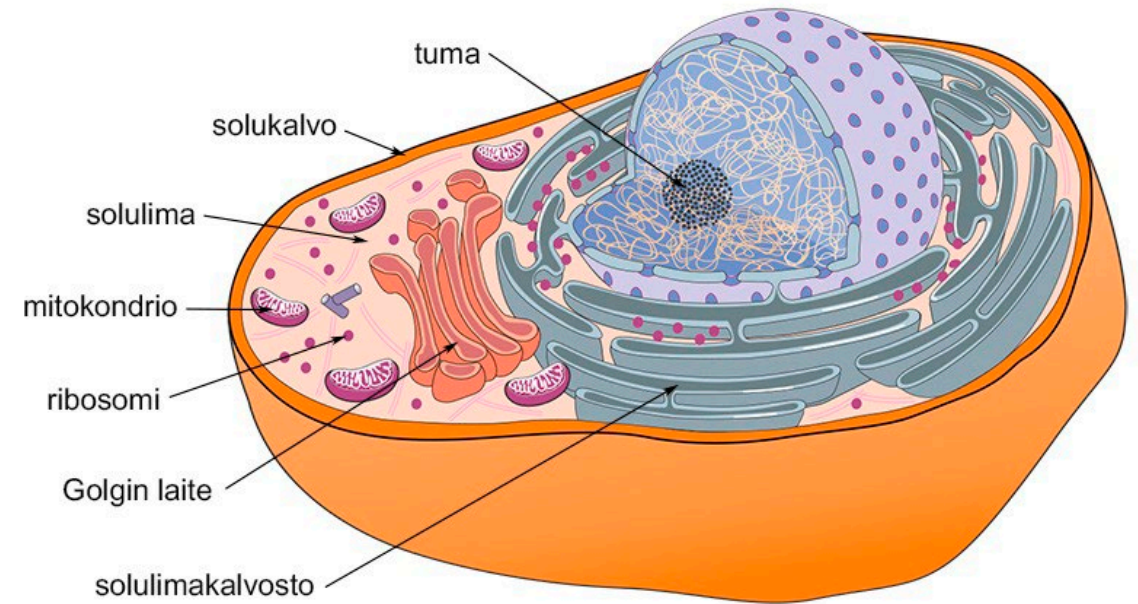
Endosytoosi

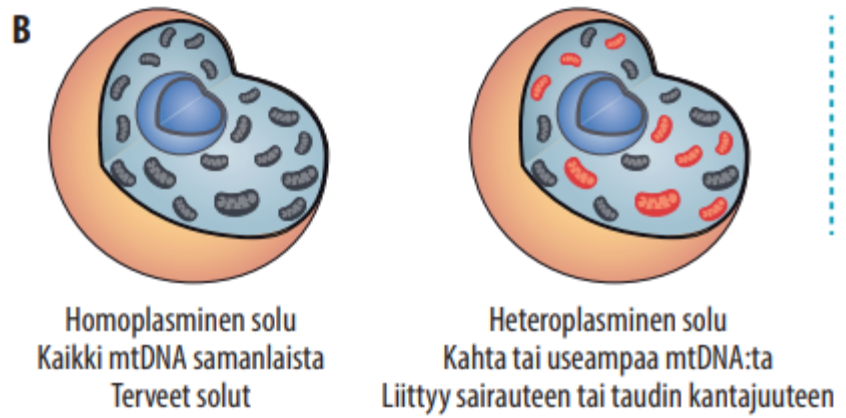
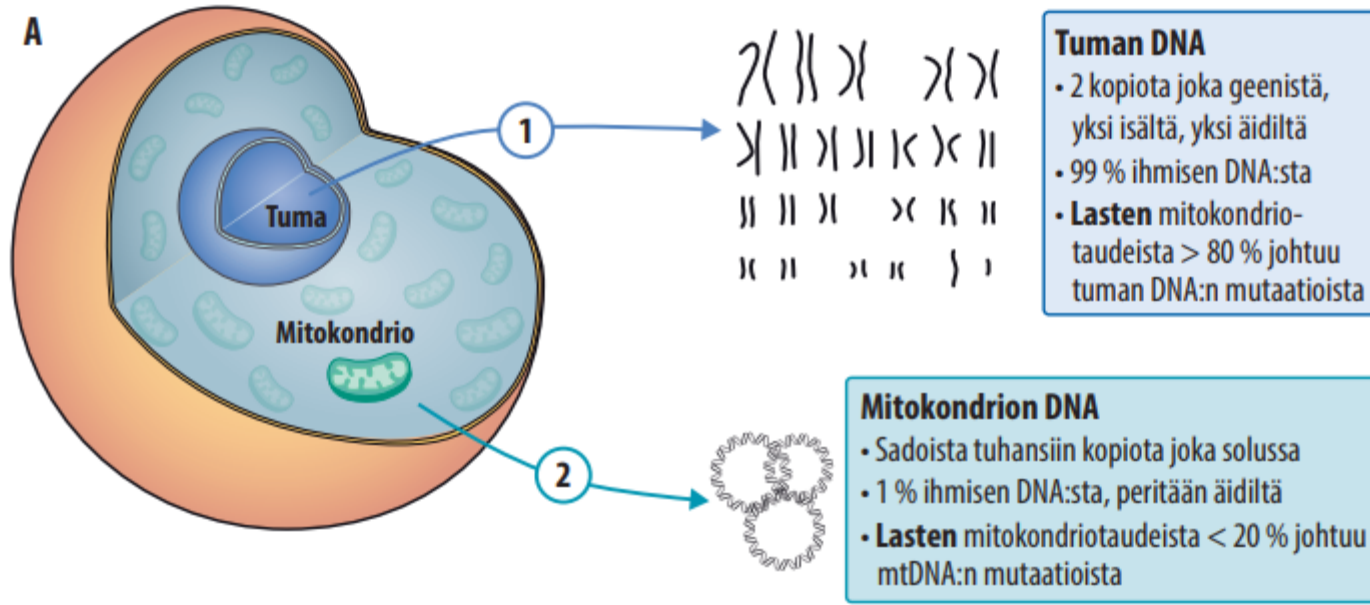
- Solukalvo kovertuu sisäänpäin (1) – solukalvon muodostama rakkula muodostuu (2) – endosomirakkula irtoaa ja kuljettaa aineet soluun käsiteltäväksi (3)
- Endosytoosin alatyypit: Pinosytoosi, fagosytoosi, reseptorivälitteinen endosytoosi
- Vastakohtana eksosytoosi



Mitokondrio

- Entinen nimi sauvajyvänen
- Itsenäisiä liikkumisen ja jakautumisen suhteen
- Myös omaa DNA:ta, joka periytyy äidiltä
- Vastaa soluhengityksestä eli solun energiatuotannosta:
syntyvä tuote ATP/adenosiinitrifosfaatti
- Lkm soluissa vaihtelee energiantarpeesta riippuen
- Mitokondriosairaudet vaikuttavat solujen energiantuotantoon

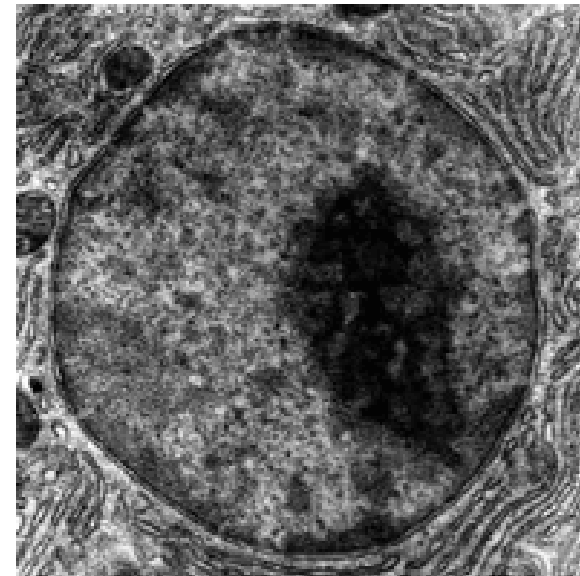
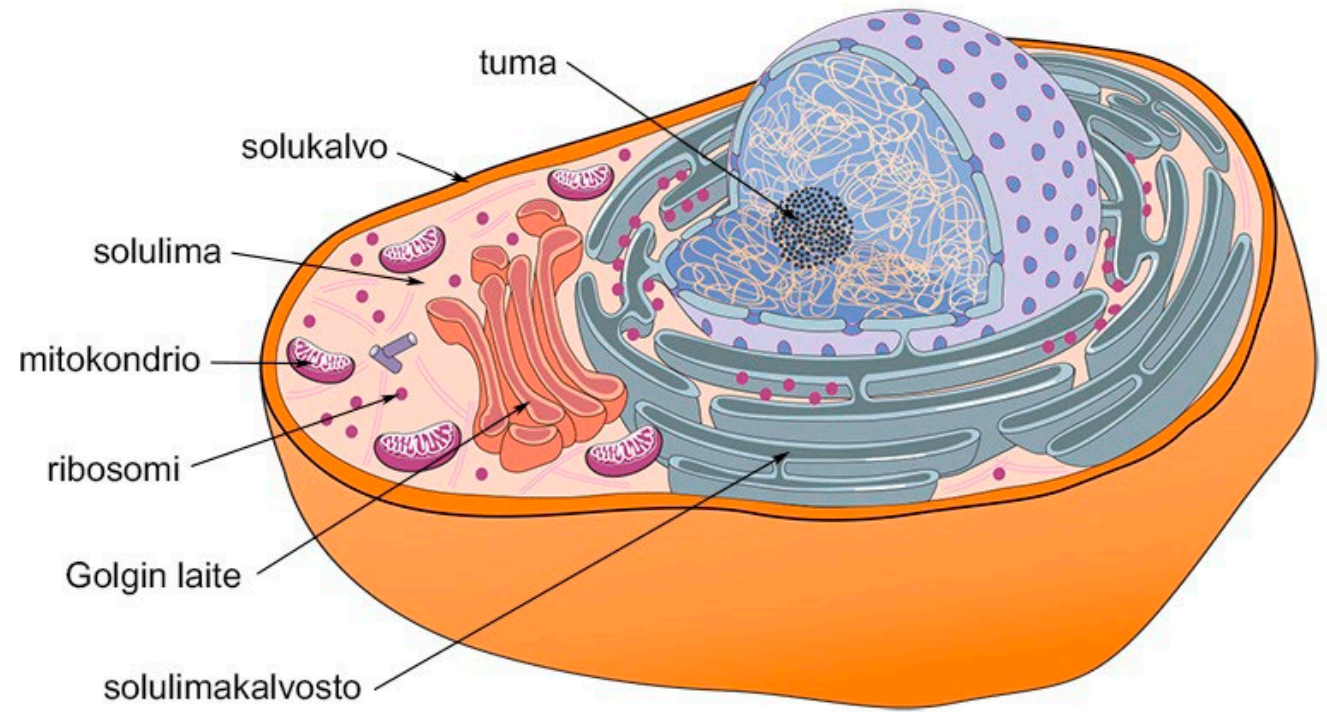




"Kynnysarvo":
Jos mutaatiota kantavaa mtDNA:ta on yli kudosten sietokyvyn, oireet puhkeavat

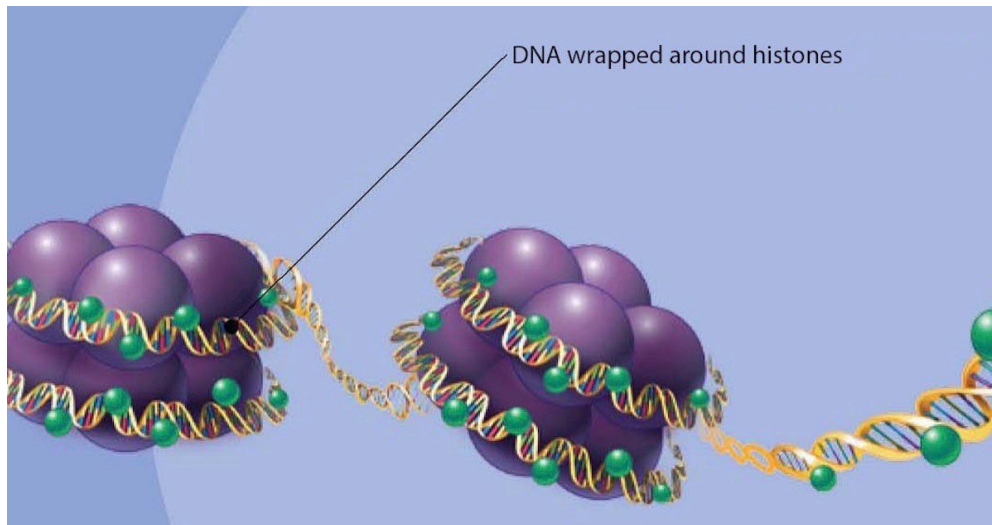
Tuma

- Kaikissa muissa soluissa paitsi kypsissä punasoluissa ja verihiutaleissa
- Aukollinen *tumakotelo*
- Yleensä 1-5 *tumajyvää*,
- jossa on RNA:ta
- DNA on tumassa valkuaineisiin liittyneenä *kromatiinina*

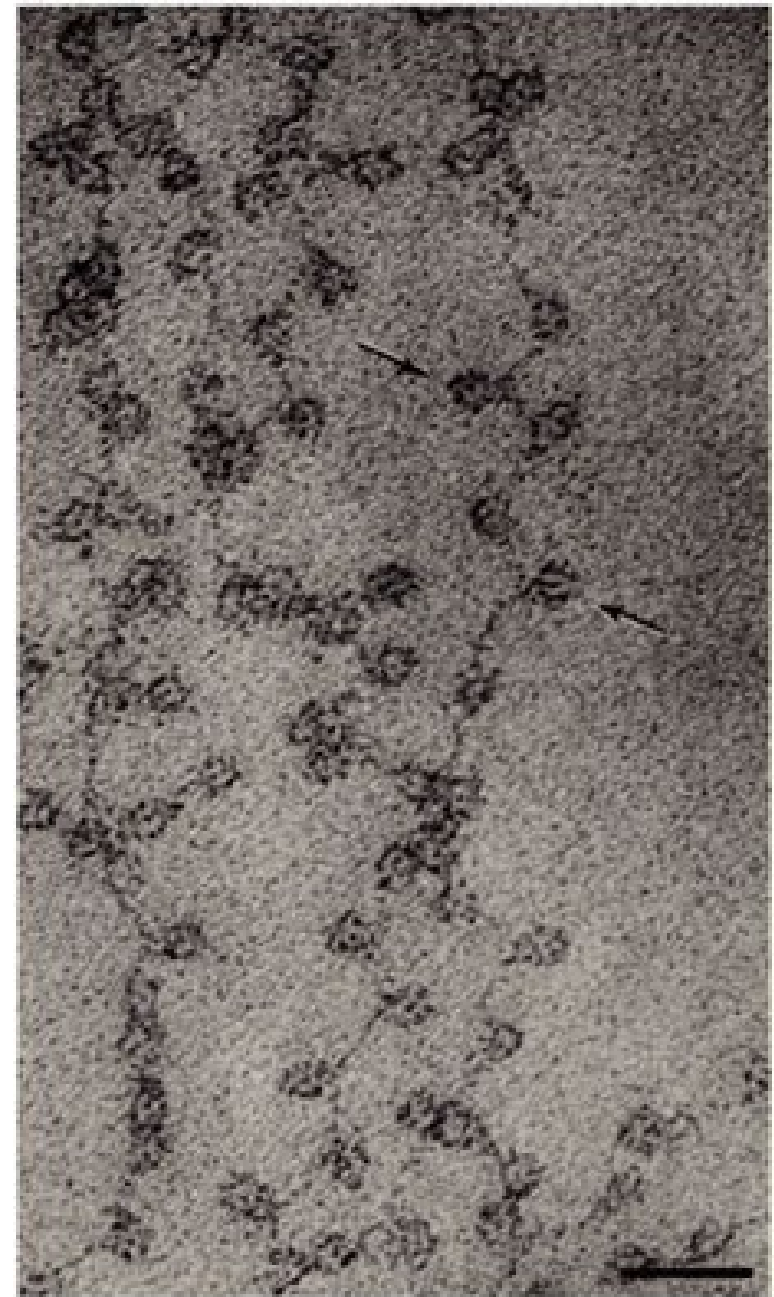


Kromosomit

- Muodostuvat DNA-rihmasta ja histoniproteiineista
- Histoniproteiinit vaikuttavat geenien ilmentymiseen rakennetuen lisäksi
- Nukleosomi = kromatiinin perusyksikkö



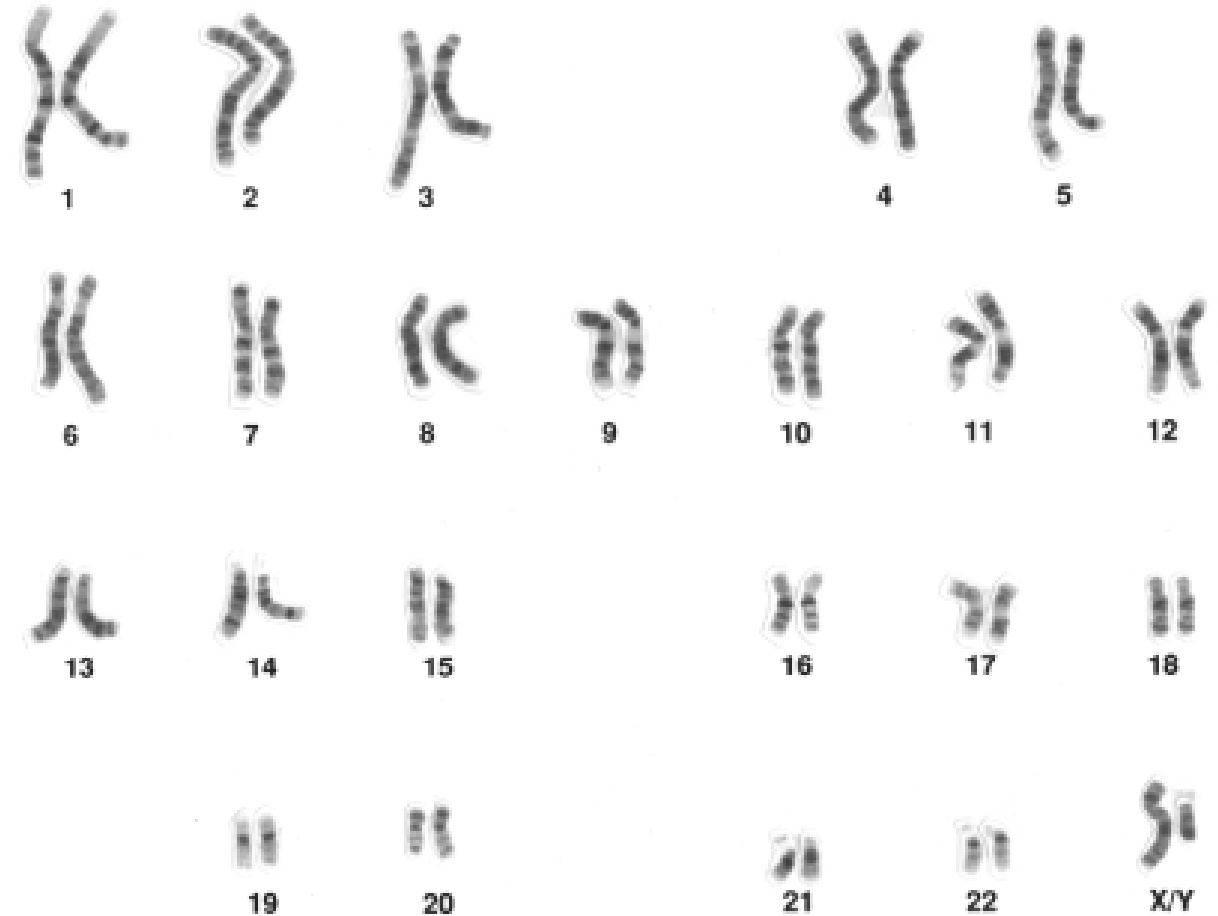
evolutionnews.org/2019/02/histone-code-a-challenge-to-evolution-an-inference-to-design/



Nature Reviews Molecular Cell Biology **4**, 811 (2003)

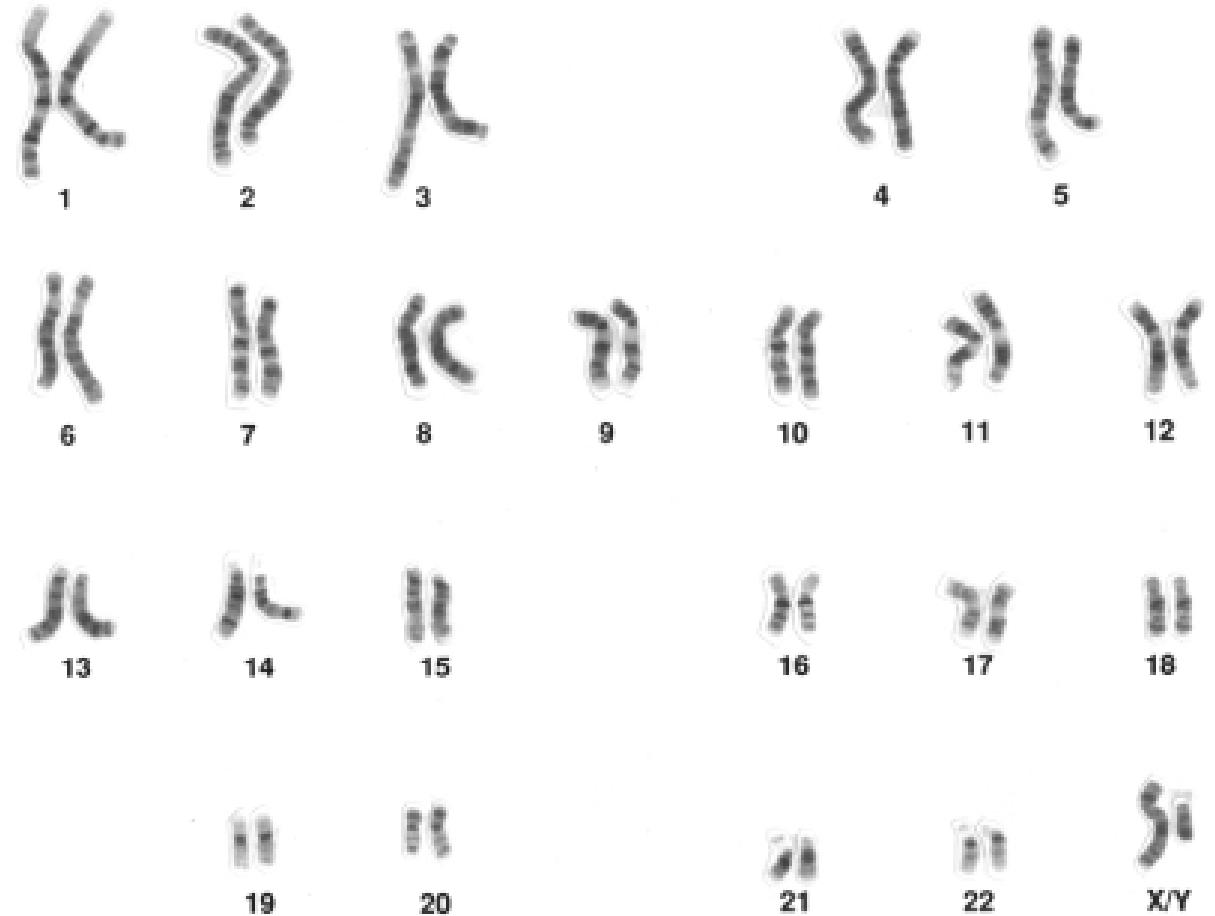
Kromosomeissa ovat solujen toimintoja ohjaavat geenit

- N. 20000-25000 geeniä
- Solujakautumisen väliaikoina kromosomi tumassa yht. > 1 m nauhana
- Yksinkertainen eli *haploidinen* kromosomiluku 22+1 munasoluissa ja siittiöissä
- Muissa (somaattisissa) soluissa *diploidinen* määrä eli $2 \times 23 = 46$



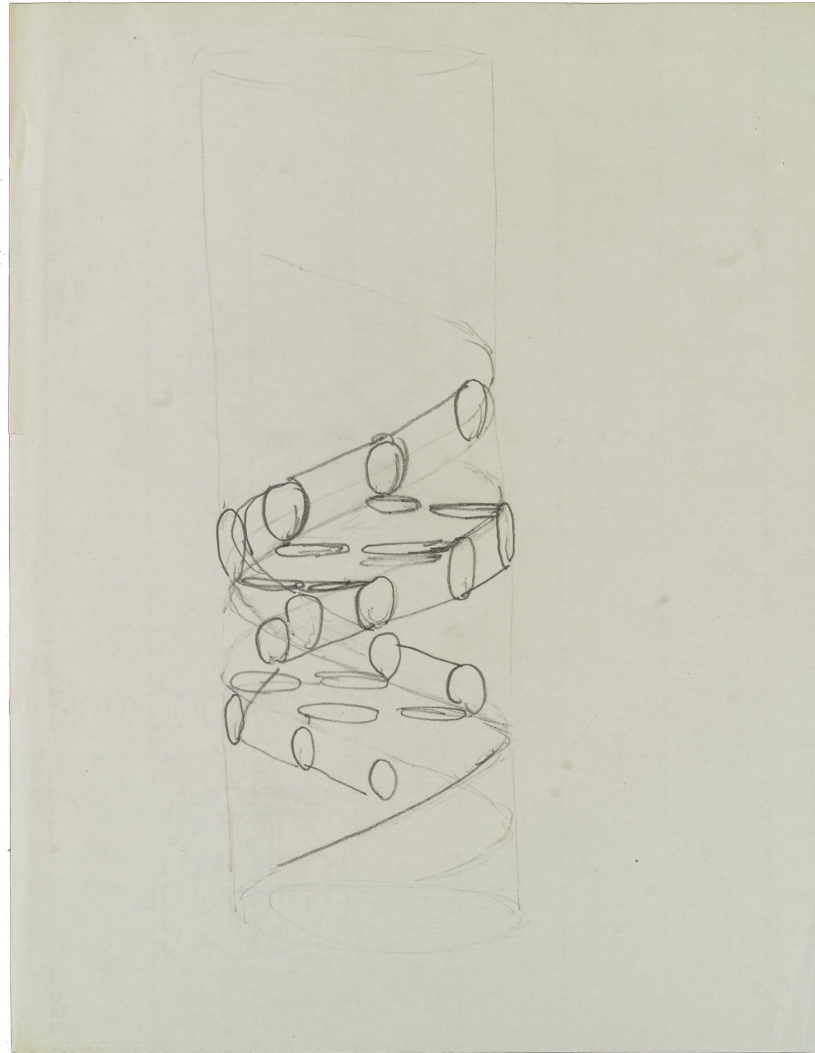
Geenien terminologiaa

- DNA = deoksinucleid acid
- Geeni = DNA-juosteen osa, joka määrää yhden proteiinin valmistuksen
- Vastinkromosomit ja -geenit (homologous chromosomes/ genes)
- Valitseva ja peittyvä geeni (dominant/recessive)

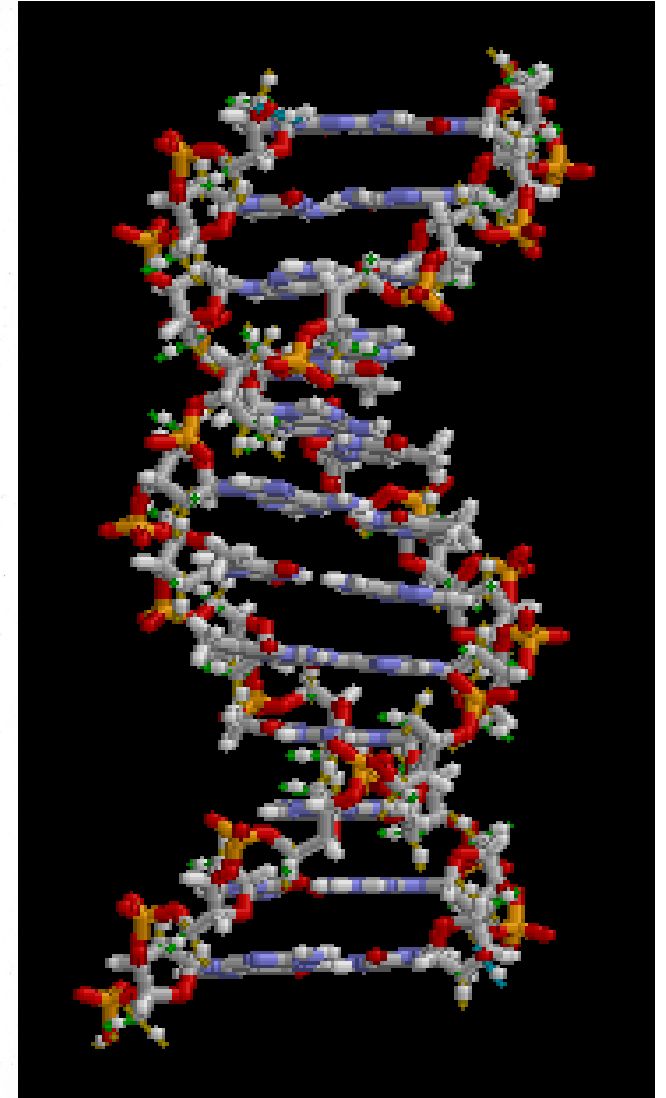


DNA:n kaksoiskierre

- Rakenne kuvattu 1953 (Watson ja Crick)
 - Pentoosisokeri
 - Typpiemäkset: adeniini (A), guaniini (G), sytosiini (C), tymiini (T)
 - Fosfaattimolekyyli
- Sokeri + emäs + fosfaatti = *nukleotidi*



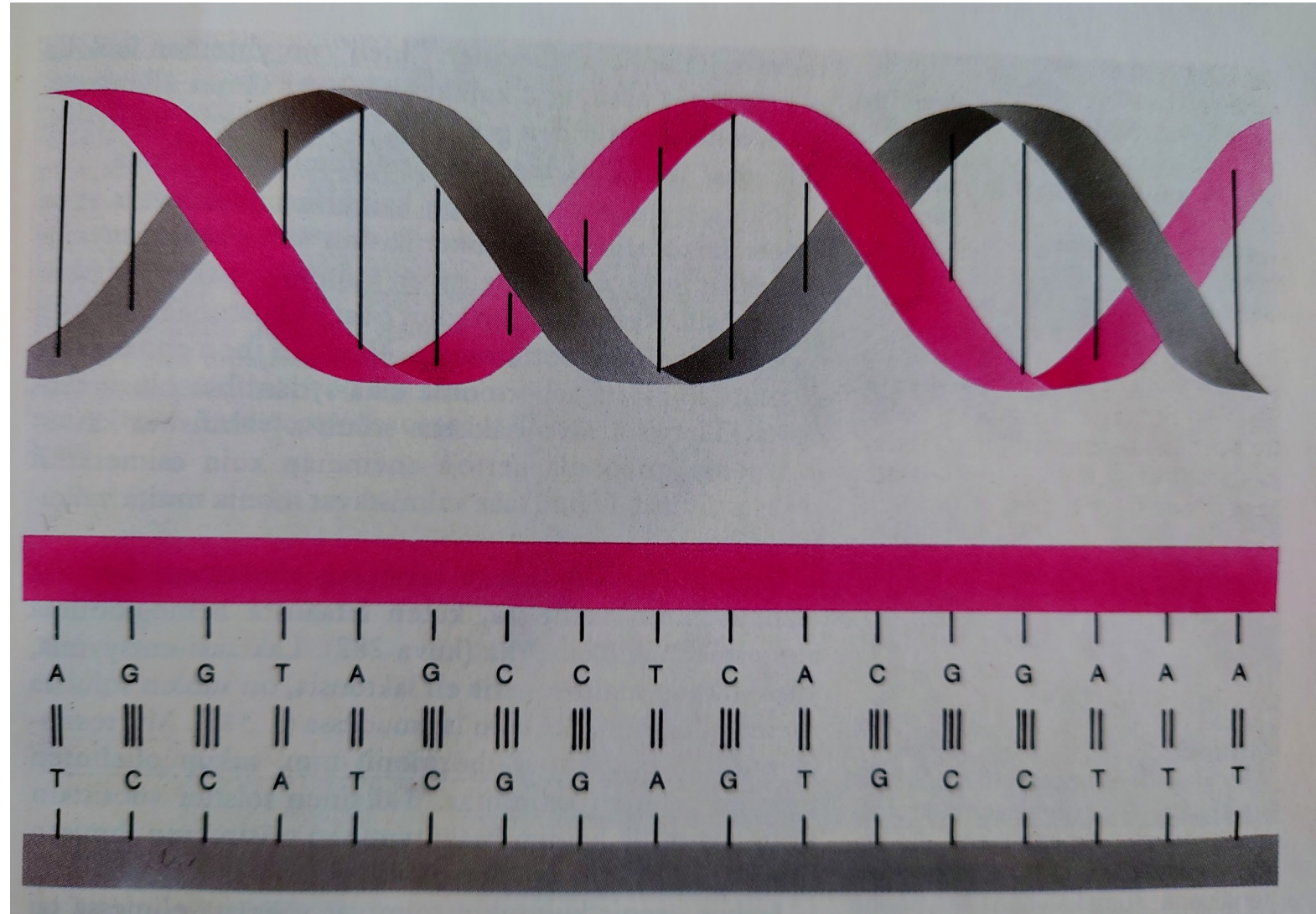
Crick, n. 1953



Wikipedia

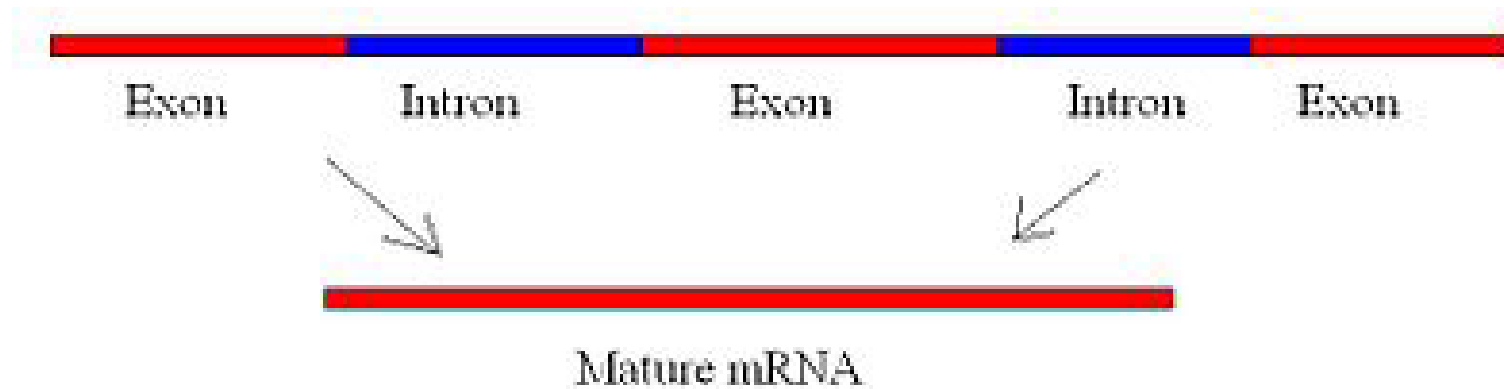
Transkriptio eli kopiointivaihe

- Toinen DNA-ketjuista kopioidaan yksinkertaiseksi ketjuksi ribonukleiinihappoa (lähetti-RNA, messenger-RNA, mRNA)
- mRNA on negatiivikopio alkuperäisestä “ohjeesta”
- mRNA kulkeutuu ulos tumasta ribosomin luo



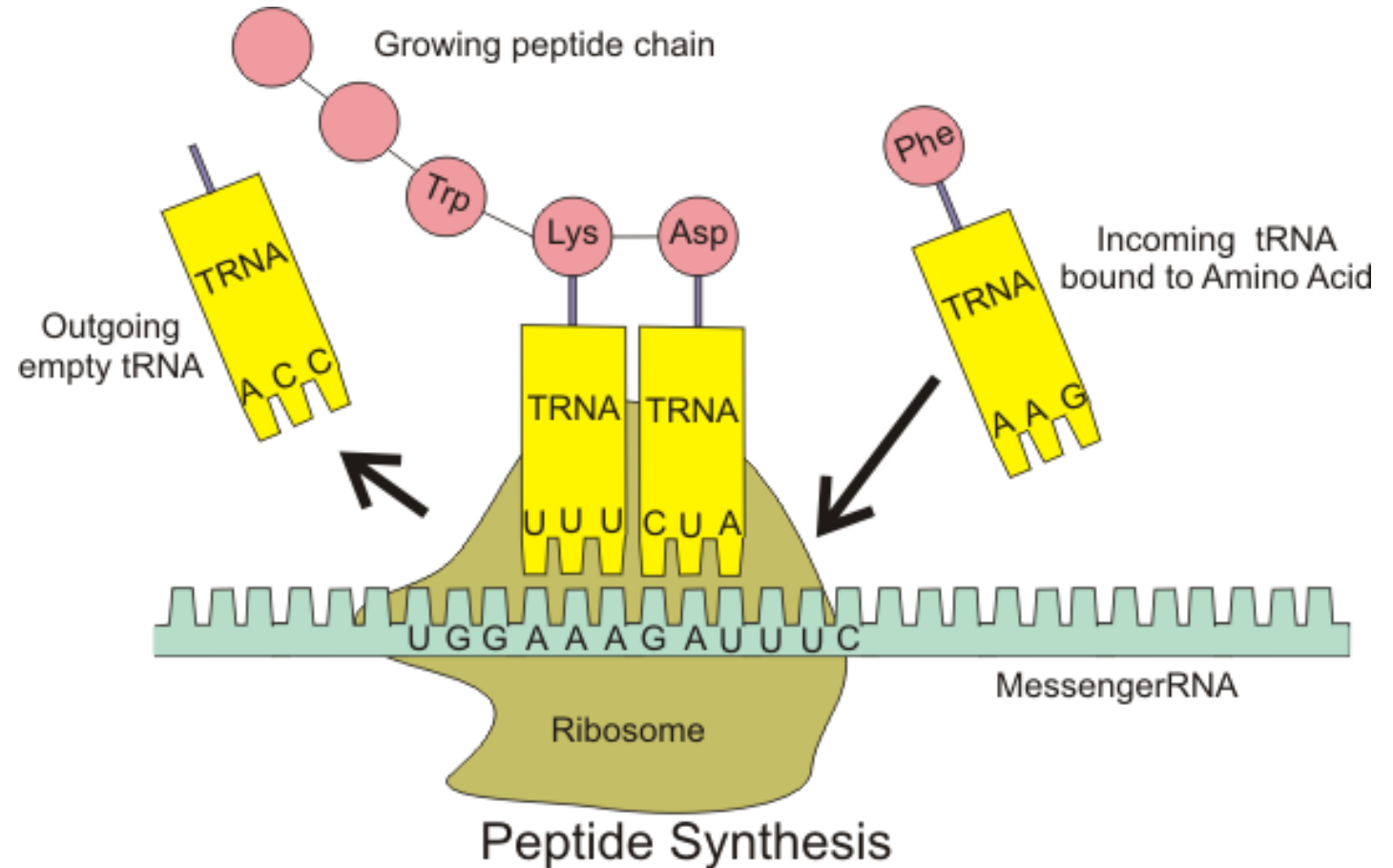
DNA koostuu introni- ja eksonijaksoista

- Intronit eivät koodaa proteiineja, vaan ne silmukoidaan pois kypsästä mRNA:sta
- Rooli epäselvä: vaihtoehtoisen silmukoinnin mahdollistaminen ja geenien ilmenemisen tehostaminen?
- Ajankohtainen esimerkki: SARS-CoV-2



Translaatio eli käännösvaihe

- mRNA tulkitaan 3 emästä kerrallaan
- Siirtäjä-RNA (transfer RNA, tRNA) tuo aminohapot (20 erilaista)
- Samanlailla kaikilla eliöillä
- Nopeus n. 15 peptidisidosta/sek

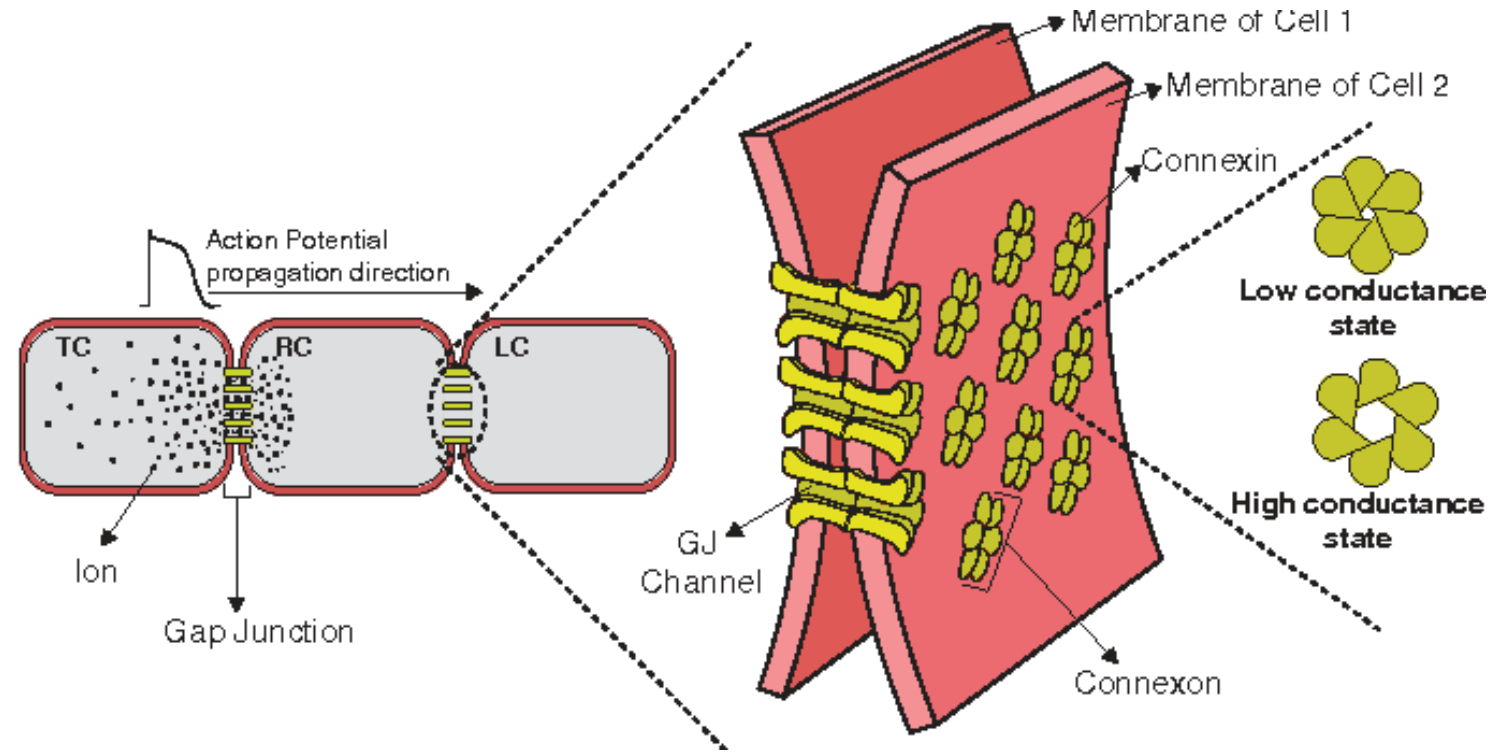


Solun tehtävät: kertausta

- Solu siirtää **geneettinen tiedon** eteenpäin DNA-synteesin avulla: tuma
- Solu **ohjaa omaa toimintaansa** RNA-synteesin avulla: tuma
- Solu pitää **kemiallisen koostumuksensa** samanlaisena: solukalvo
- Solu **hajottaa** ravintoaineita: mitokondriot, sytoplasma, lysosomit
- Solu sitoo ravintoaineista vapautuvan **energian** (ATP): mitokondriot
- Solu **tuottaa** valkuaisaineita, rasvoja, hiilihydraatteja: ribosomit, solulimakalvosto, Golgin laite

Solujen välinen tiedonvälitys

1) Sähköinen aktiopotentiali solusta toiseen aukko-liitoksen välityksellä (gap junction): ihmisellä sileissä lihassoluissa ja sydän-lihassoluissa

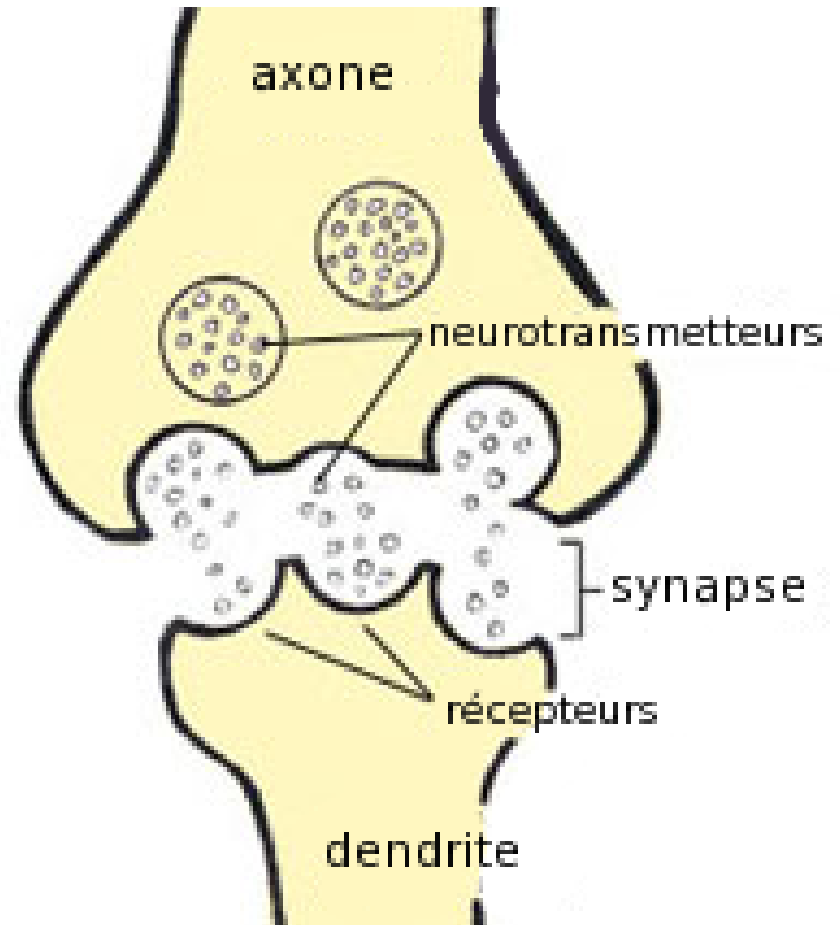


Kilinc ja Akan, 2013

Solujen välinen tiedonvälitys

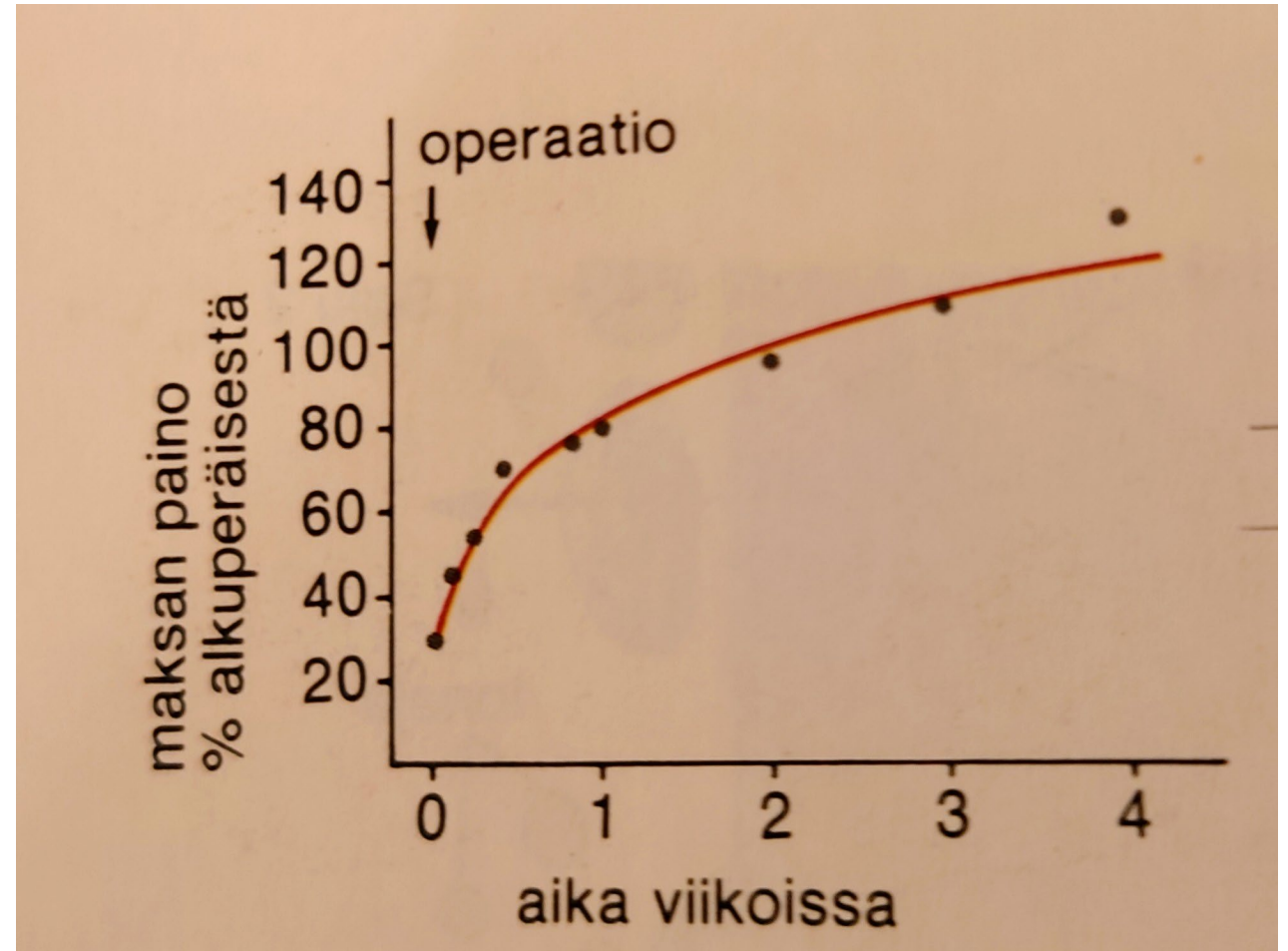
2) Kemialliset *välittäjäaineet* joko suoraan solusta toiseen tai solujen välitilan kautta (esim. hermosolujen synapsit)

3) *Hormonit* siirtyvät yleensä verenkierron mukana kauas (*endokriiniset hormonit*); *parakriiniset hormonit* vaikuttavat läheiseen kudokseen (esim. solupuolustus, verisuonten paikallinen laajeneminen)



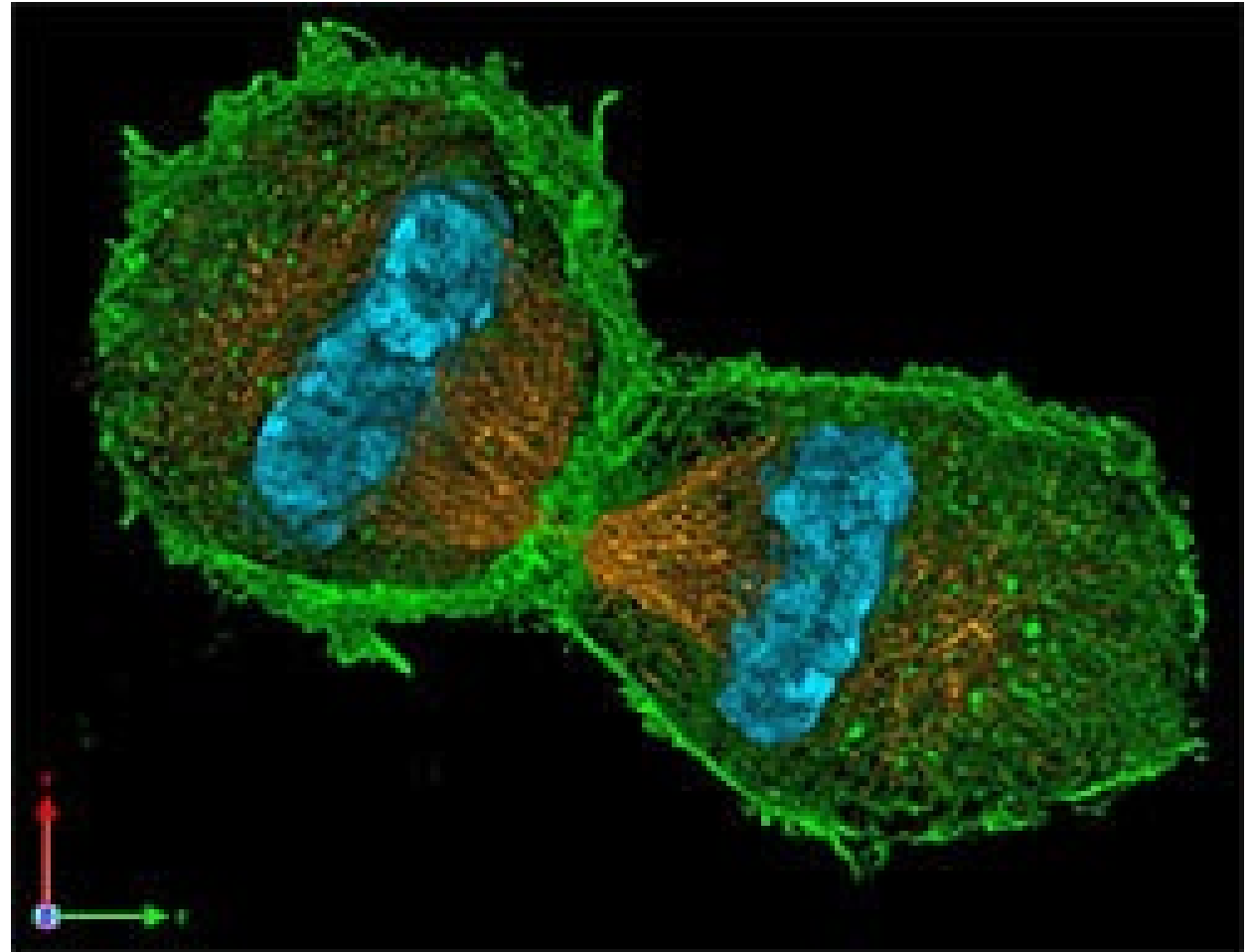
Solujen lukumäärän säätely

- Organismien kehitys on solujen kasvua, jakautumista ja erikoistumista
- Sikiökauden alussa kaikki jakaantuminen nopeaa, sen jälkeen suuria eroja
 - ✓ Suolen epiteelisolut – 5 vrk
 - ✓ Maksasolut – kk
 - ✓ Hermosolut – ei ollenkaan
- Kasvutekijät eri elinjärjestelmissä ovat keskeisiä kasvunsäätelijöitä

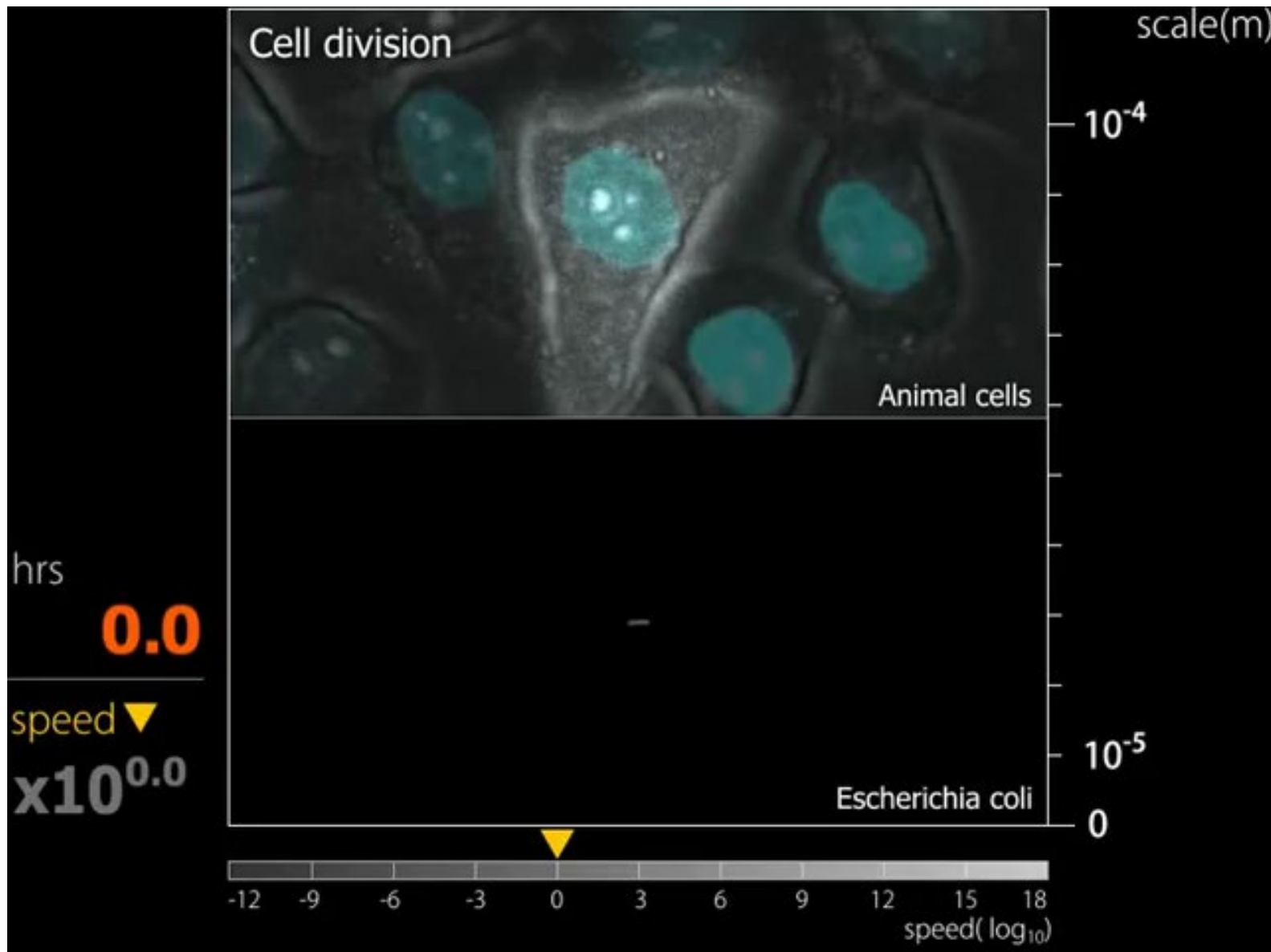


Solujen mitoosi eli jakautumisvaihe

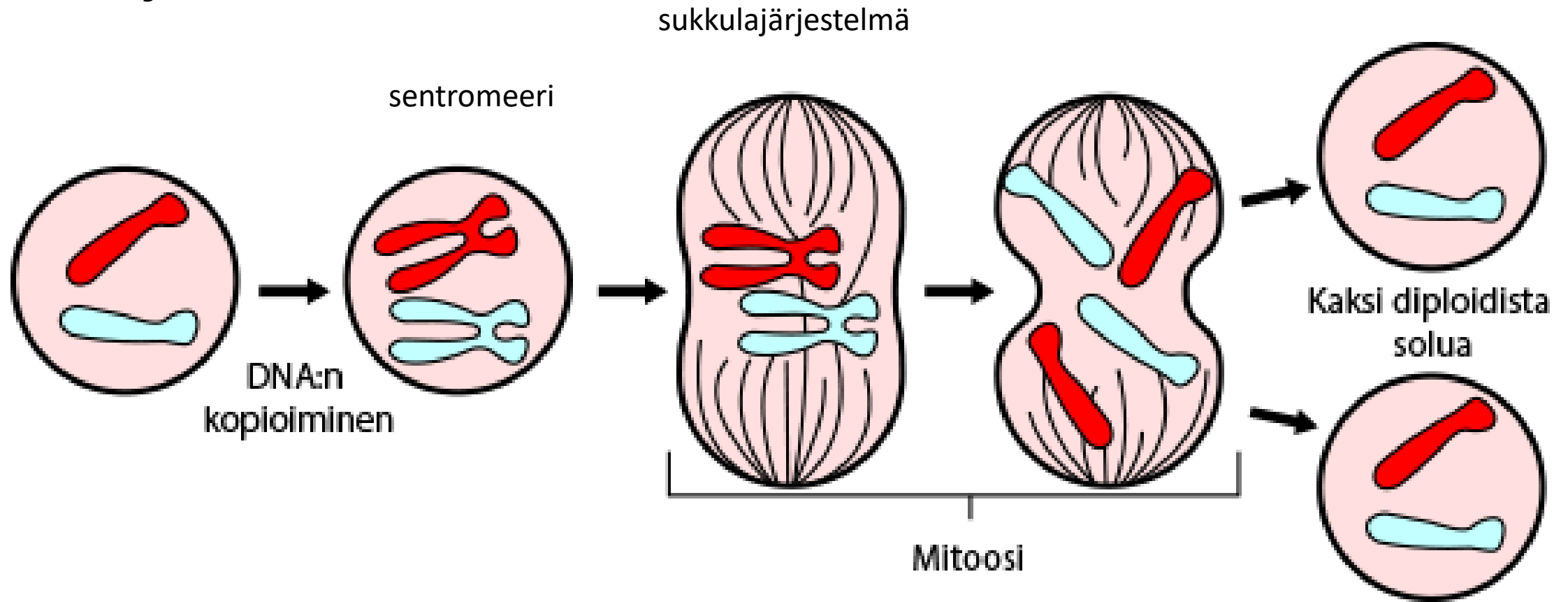
- Tuman ja sen sisältämän perimän jakautuminen kahdeksi identtiseksi kopioksi

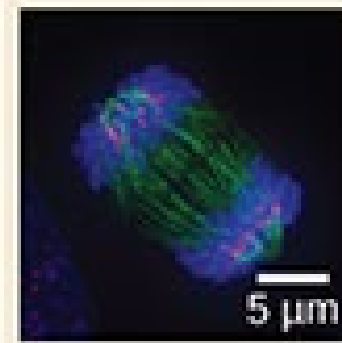
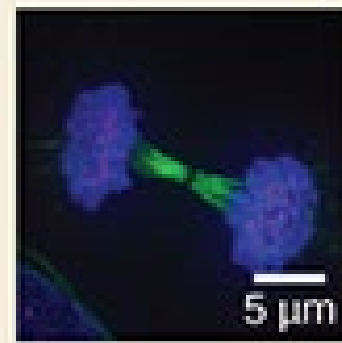
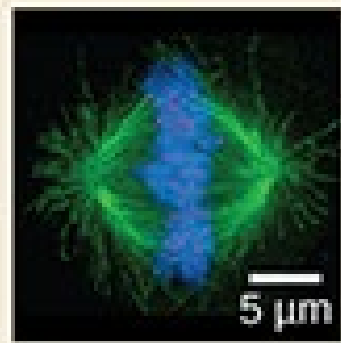
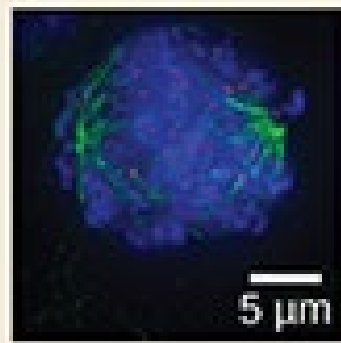
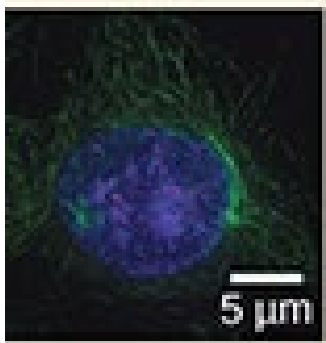
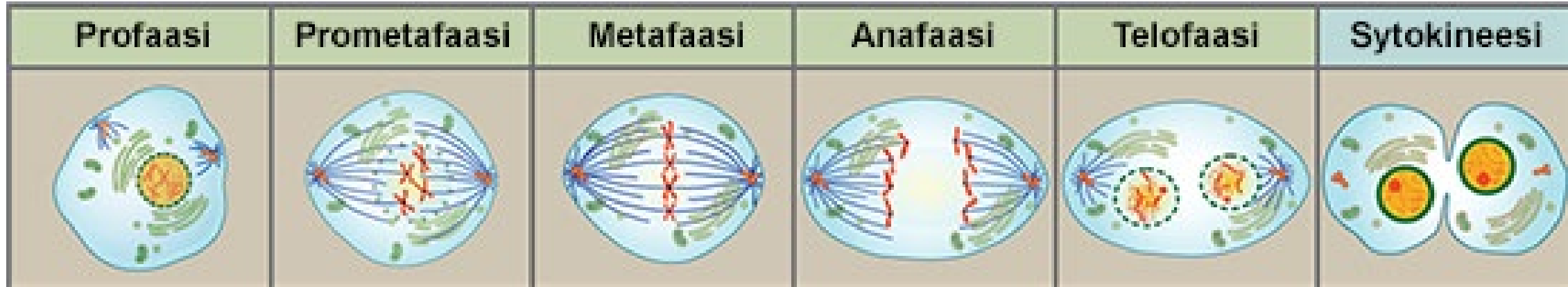


Hiiren solun jakautumisen loppuvaihe (Kuva: Lothar Schermelleh)



Solujen mitoosi



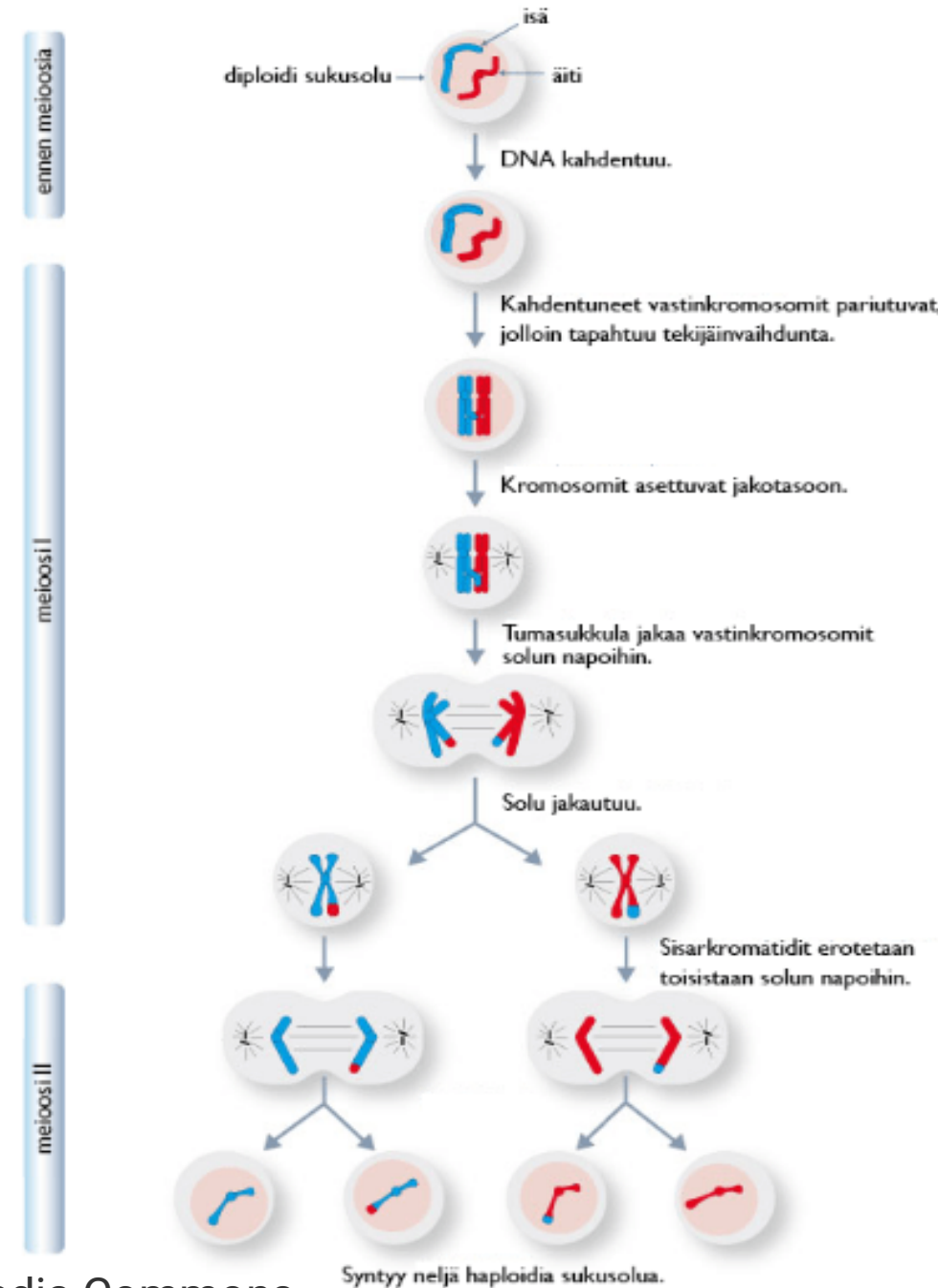


askbiologist.asu.edu/solu-jakautuminen;

muokattu kuvasta Mariana Ruiz Villareal, Roy van Heesheen, the Wadsworth Center

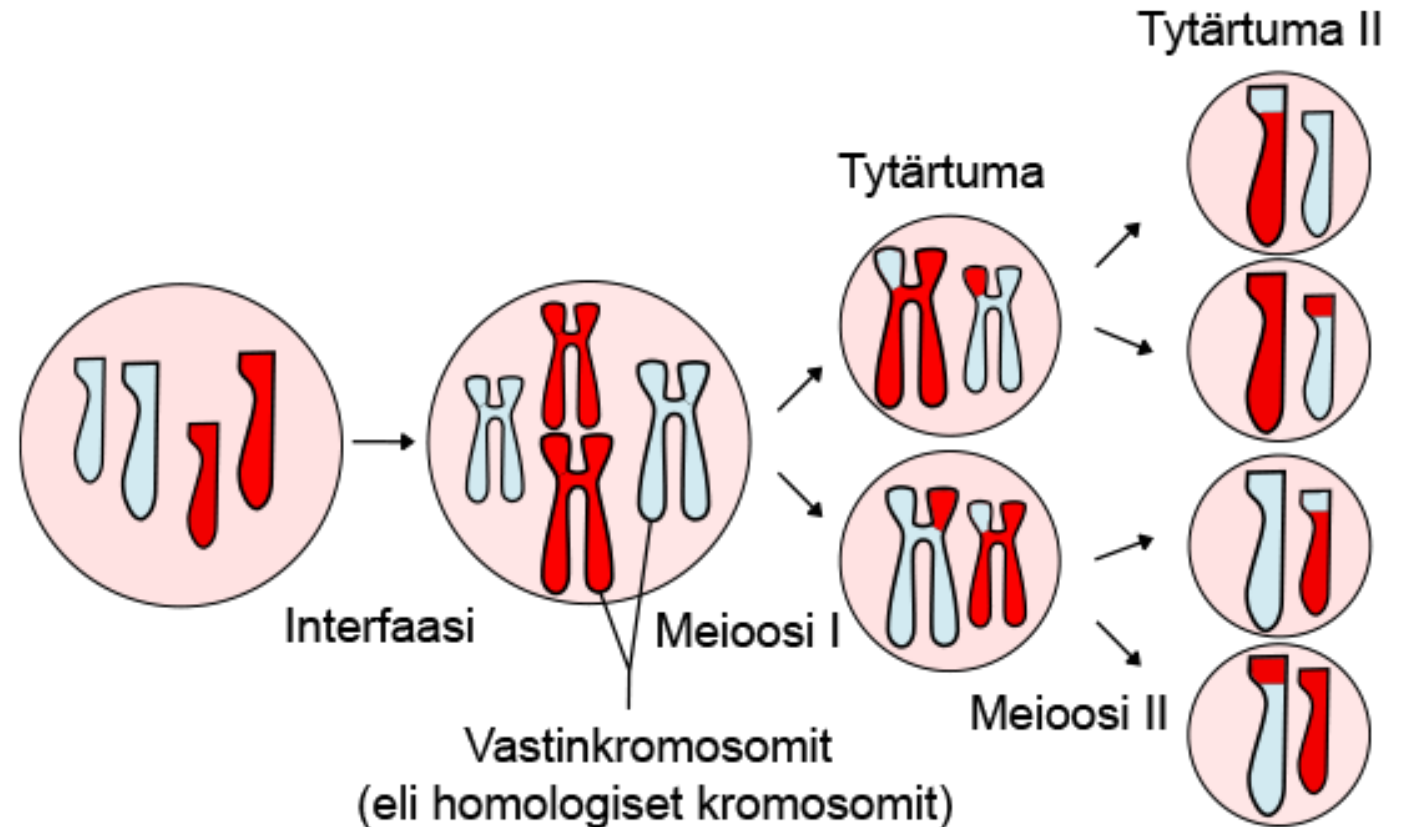
Meioosi eli vähennysjakautuminen

- Sukusolujen muodostuminen
- Valmiissa sukusolussa 23 kromosomia
- Kaksi peräkkäistä solujakautumista (vähennys- ja taseusjakautuminen) → 4 solua
- Autosomaaliset geenit soluissa sattumanvaraisesti äidin tai isän puolelta



Meioosi eli vähennysjakautuminen

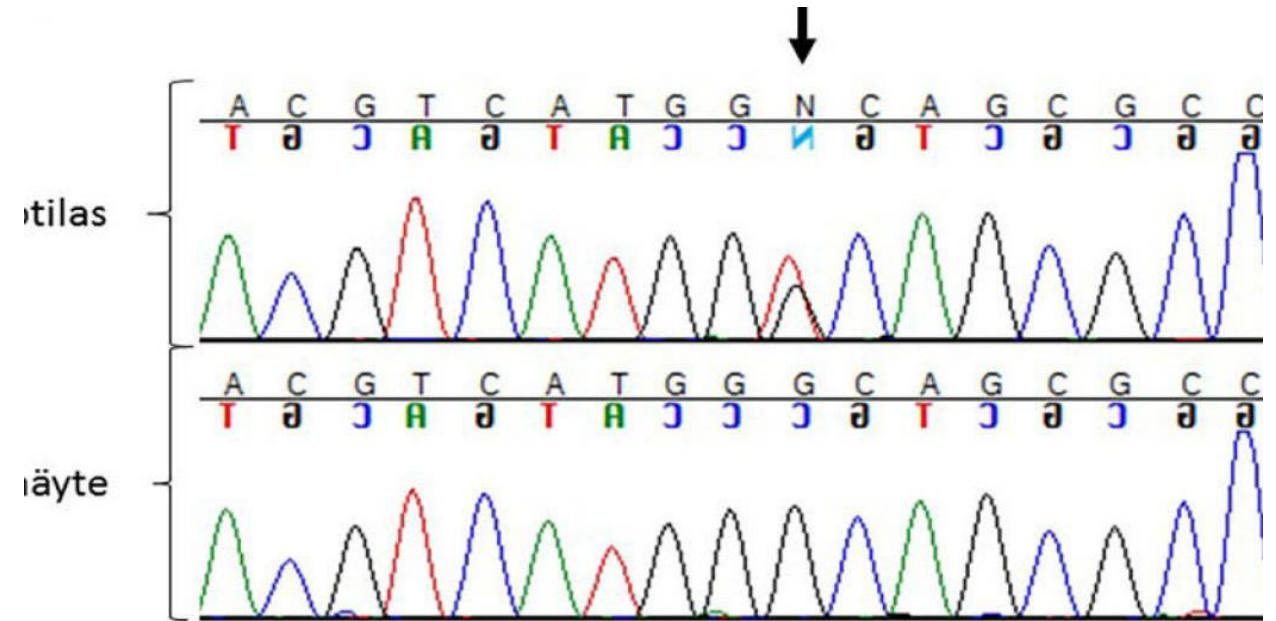
- Sukusolujen muodostuminen
- Valmiissa sukusolussa 23 kromosomia
- Kaksi peräkkäistä solujakautumista (vähennys- ja tasausjakautuminen) → 4 solua
- Autosomaaliset geenit soluissa sattumanvaraisesti äidin tai isän puolelta



Mutaatiot

- Vain sukusolujen mutaatiot periytyvät
- Muissa soluissa voivat lisätä sairastumisalttiutta
- Syitä: DNA:n kahdentumisen virhe, fysikaaliset/kemialliset/biologiset tekijät
- Geenimutaatiot
- Kromosomimutaatiot: osan häviämä, kahdentuma, monistuma, kääntymä

Esimerkki: Suomalaiseen tautiperimään kuuluva spinaalinen lihasatrofia



Sini Penttilä

Telomeerit

- Kromosomien päitä suojaavia rakenteita
- Lyhenevät solun jakautuessa → vähitellen solu menettää jakautumiskykynsä
- Suojaavat toiminnallista DNA:ta ja mahdollistavat sen täydellisen kopioimisen
- Lyheneminen = solun »biologinen kello»
- Telomeraasientsyymi estää lyhenemistä
 - Aktiivinen alkiossa, kantasoluissa, syöpäsoluissa

