

VaVa:n biologian luento 16.5.

Solubiologia ja genetiikka

Päivän ohjelma

- Yleistä aihealueesta
- Solun osat ja toiminta (t. 2)
- Proteiinisynteesi (t. 1)
- 10min tauko
- Genetiikka (t. 3-5)

Yleistä:

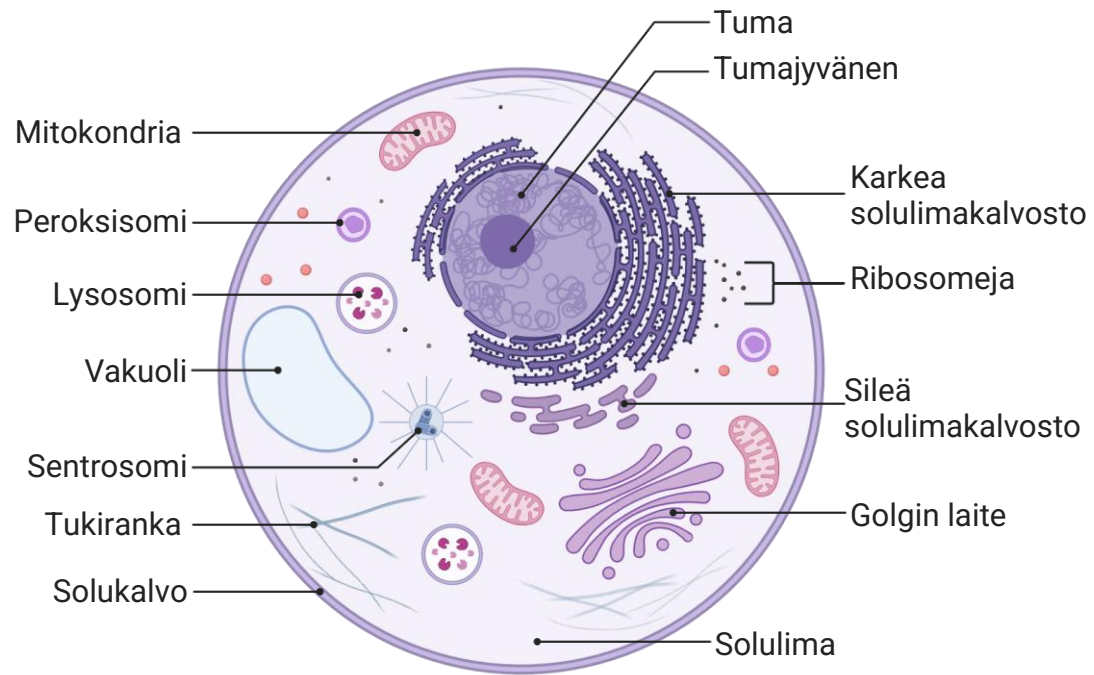
- Solubiologia:
 - Erittäin tärkeää yleistietoa biologian (ja kemian!) tehtäviin
 - Valintakokeessa B painottuu ihmisbiologiaan ja biokemiaan
 - Mahdollisuus myös kokonaan omiin tehtävätyyppeihin
- Genetiikka:
 - Vanhemmissa lääketieteellisten alojen valintakokeissa kysytty
 - Tänä vuonna B-kokeessa?
 - Yhdistyy usein geenitekniikkaan

Eukaryoottisolu

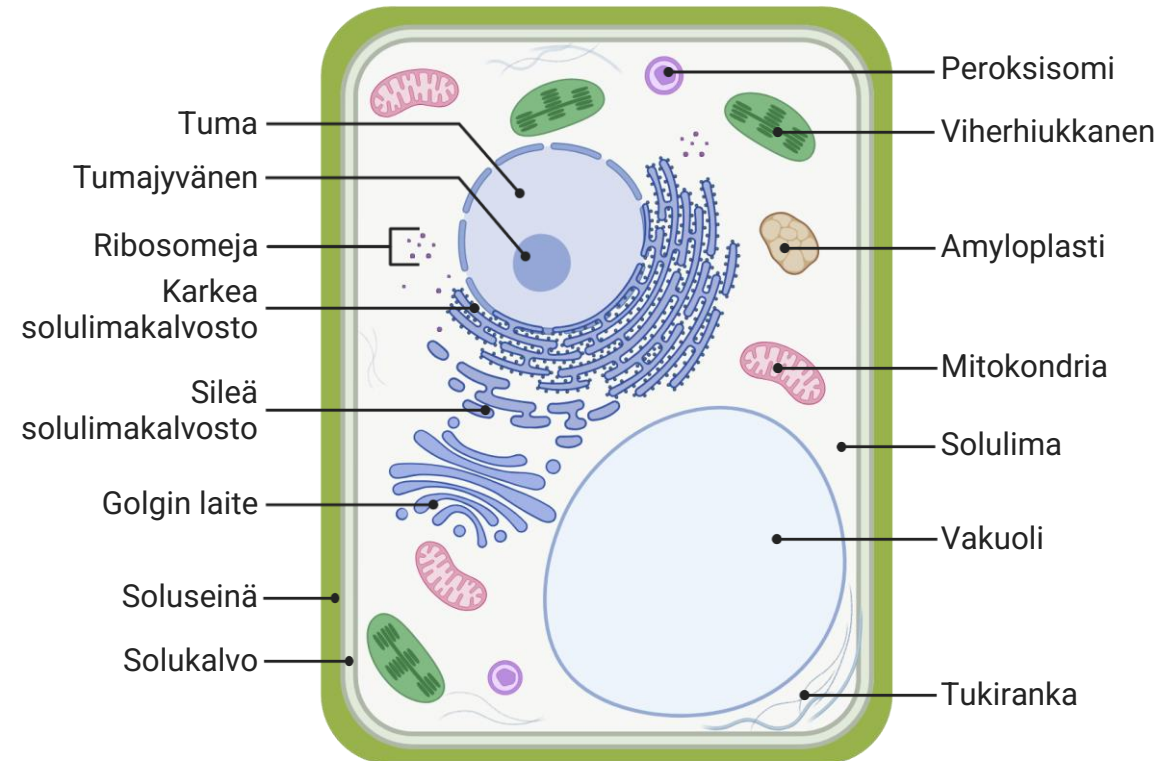
- Aitotumaiset (Eucarya)
- Huomattavasti suurempia kuin esitumalliset
- Osa yksisoluisia eliöitä, osa yksittäisinä osina suurempaa kokonaisuutta
- Monia erikoistuneita kalvoilla eroteltuja soluelimiä
 - Kompartmentalisaatio!
- Jatkuvaa kommunikaatiota ja kontakteja solun eri osien välillä

Eukaryoottisolu

Eläinsolu



Kasvisolu





a) Nimeä kuvaan numeroidut solun rakenteet 1–6

1: Solukalvo

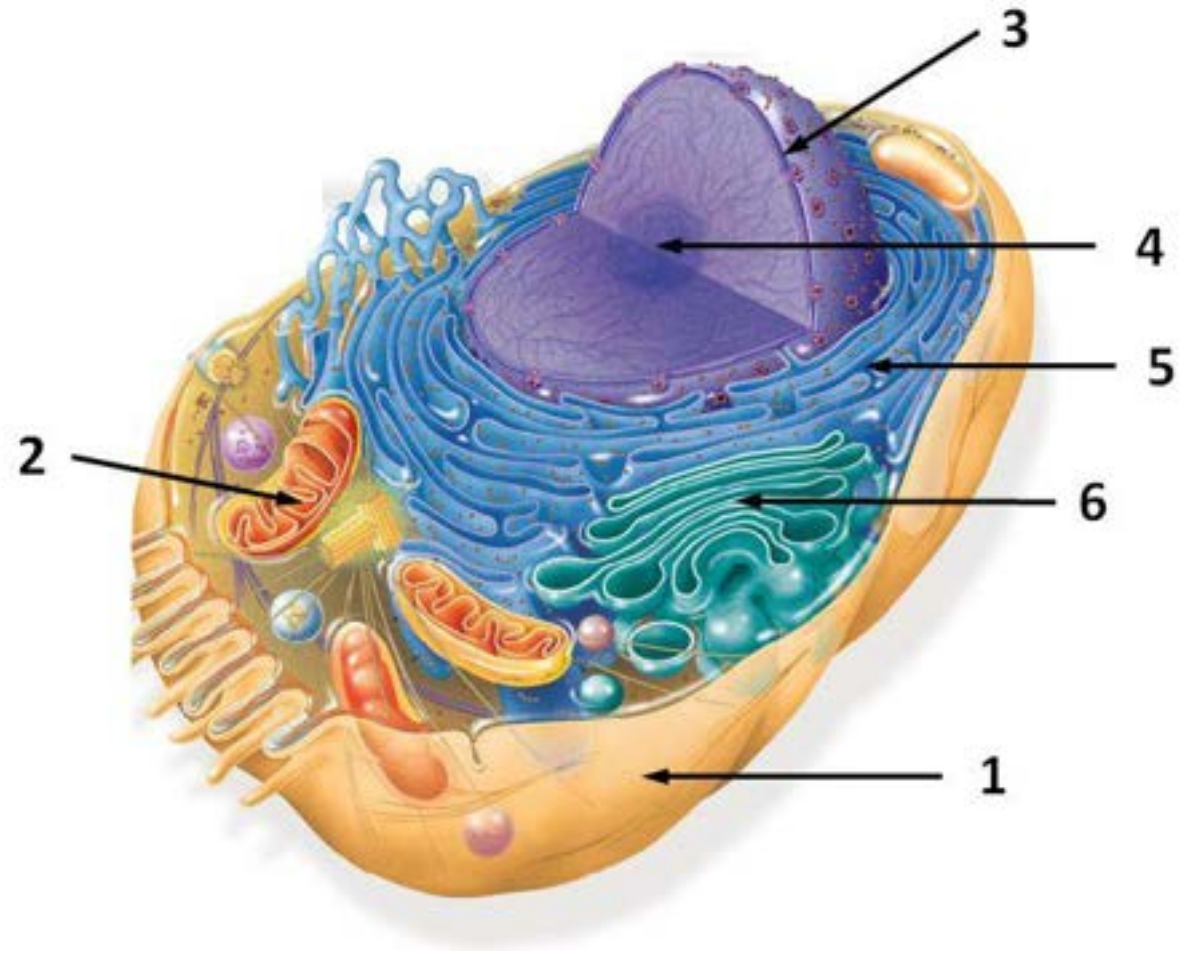
2: Mitokondrio

3: Tumakalvo

4: Tumajyvänen

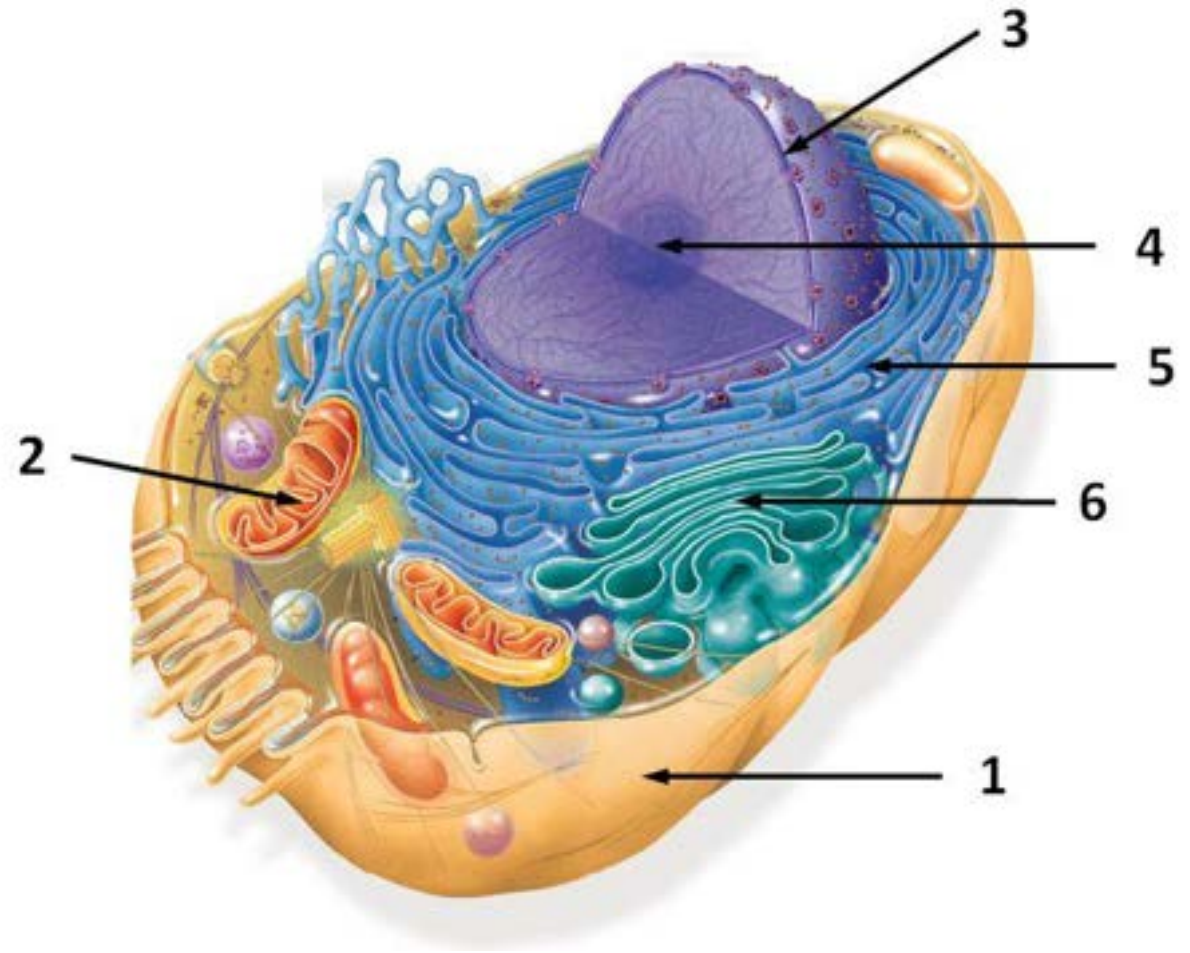
5: (Karkea) solulimakalvosto

6: Golgin laite



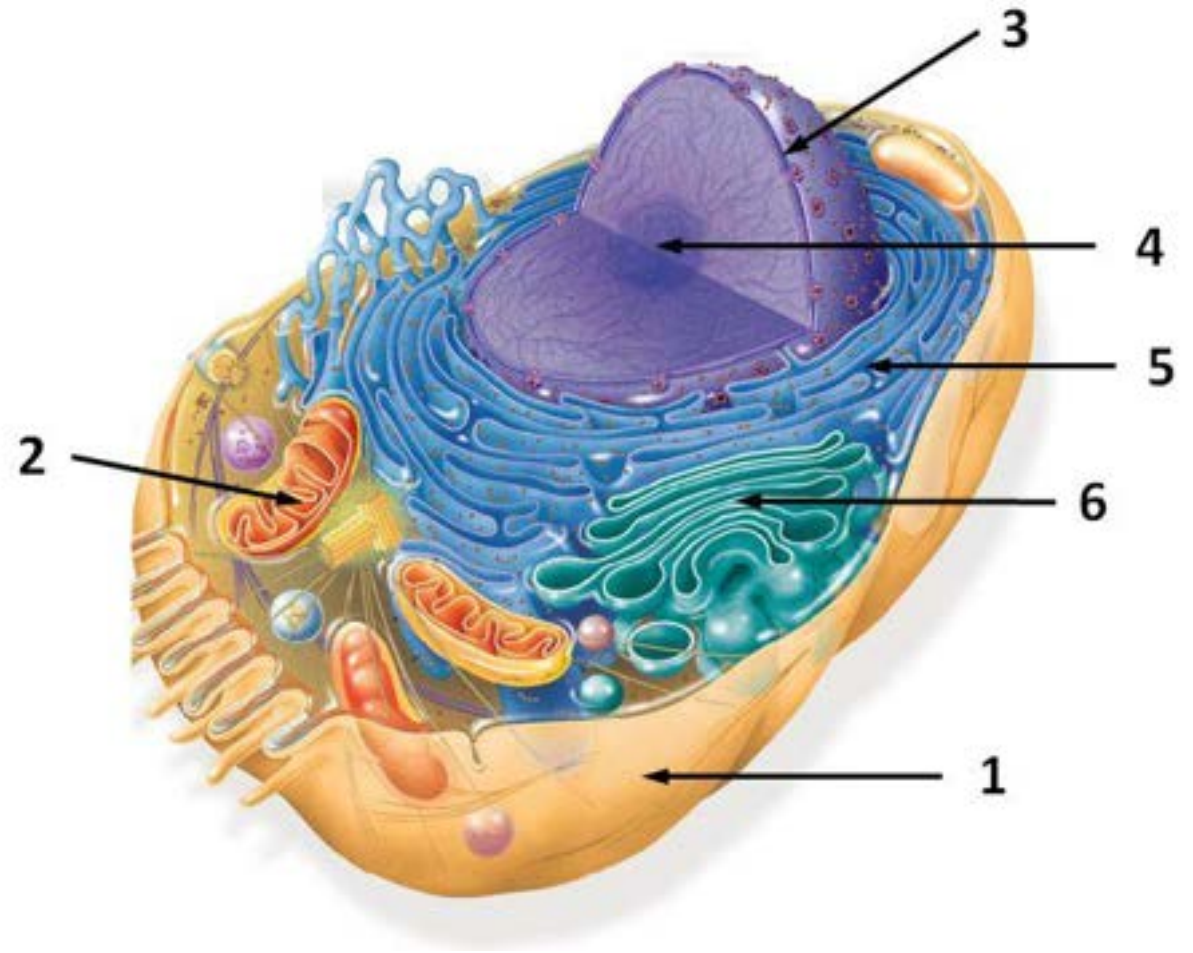
b) Kuvaile jokaisen numeroidun rakenteen tehtävää solussa enintään kahdella virkkeellä.

- 1:** Solukalvo eristää ja suojaa solua sen ympäristöltä. Se myös kontrolloi aineiden pääsyä soluun ja sieltä ulos sekä vastaa signaloinnista muiden solujen kanssa.
- 2:** Mitokondriot tuottavat hapellisissa oloissa solulle energiaa ATP:nä sekä vastaavat rasvahappojen synteesistä.
- 3:** Tumakalvo eristää solun perimän tumän sisälle.
- 4:** Tumajyvänen vastaa ribosomien synteesistä.
- 5:** Solulimakalvostolla tapahtuu suuri osa proteiinisynteesistä. Kalvoston sisällä muokataan proteiineja ja syntetisoidaan monia lipidejä.
- 6:** Golgin laite muokkaa, pakkaa ja lajittelee solulimakalvostolta saapuneita proteiineja ja lipidejä kuljetettavaksi eteenpäin.



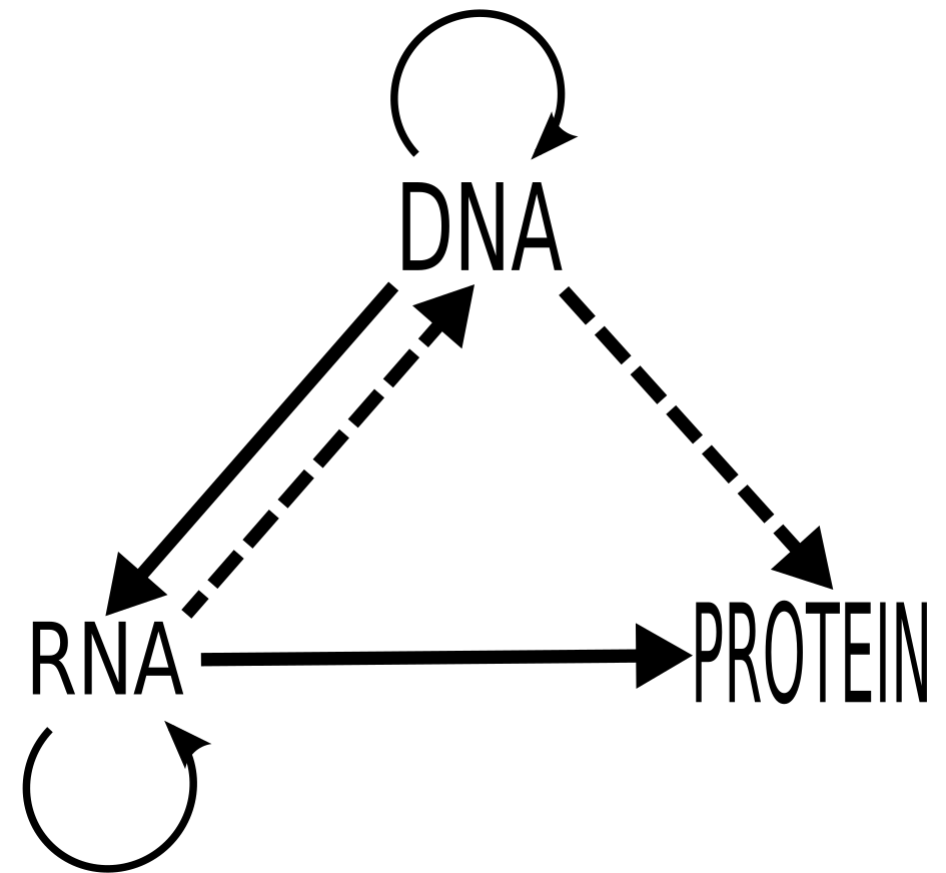
c) Nimeä viisi eukaryoottisolusta mahdollisesti löytyvää rakennetta, joita ei ole numeroitu kuvaan.

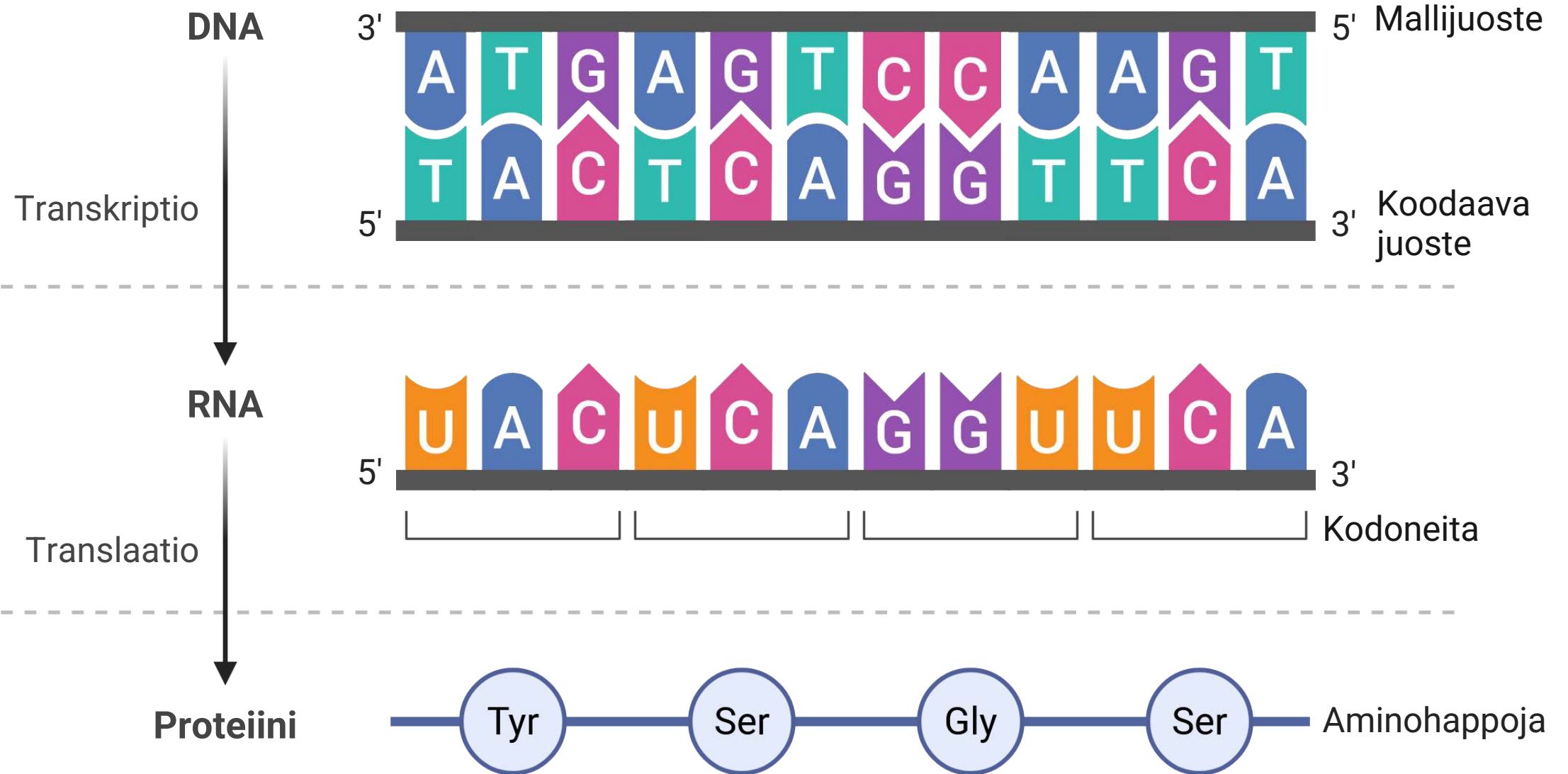
Solulima, soluseinä, viherhiukkanen, solun tukiranka, vakuoli, lysosomi, peroksisomi, sentrosomi, ribosomi...



Proteiinisynteesi

- Jokaisen solun keskeisin biologinen prosessi
- Geeneistä luetaan informaatiota, jonka perusteella muodostetaan RNA:ta
- Ribosomit polymerisoivat aminohappoja proteiineiksi mRNA:n ja tRNA:n avulla

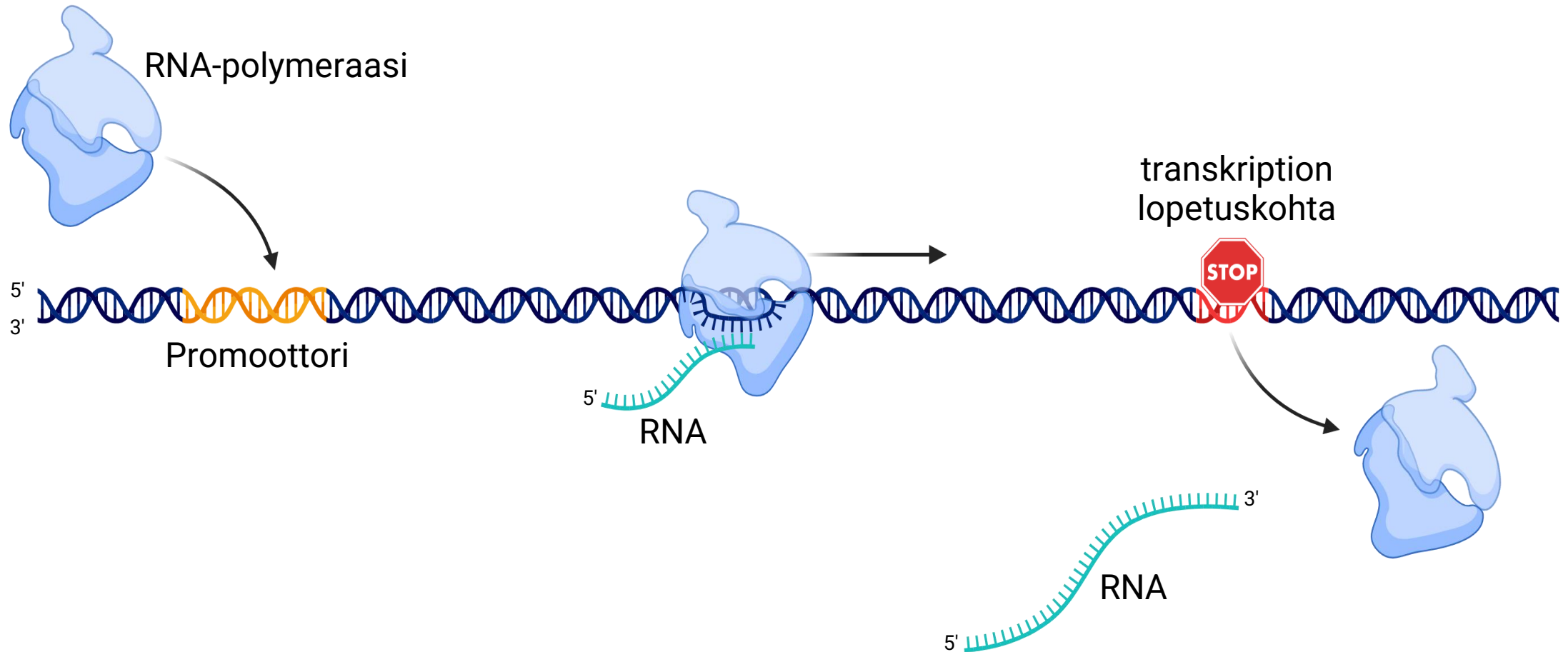




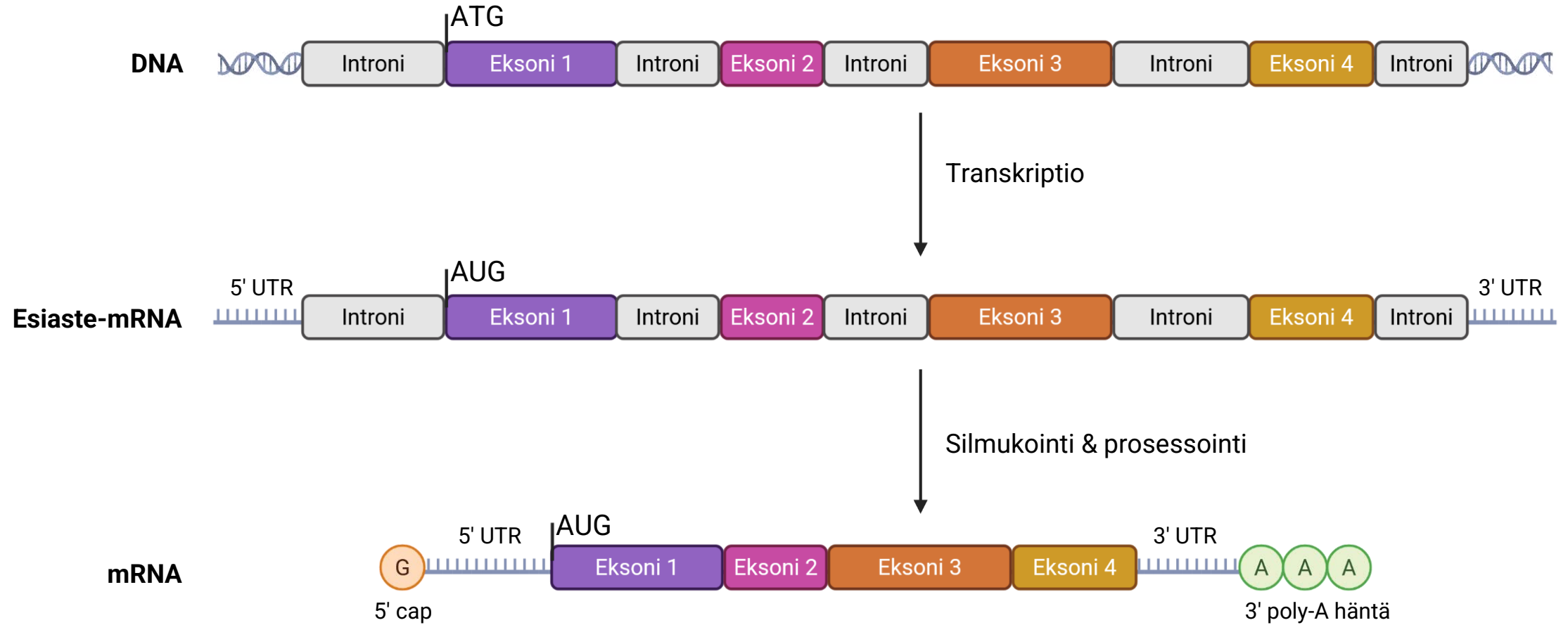
Transkriptio

- RNA-polymeraasi muuttaa DNA:n RNA:ksi
 - DNA:n koodaava juoste vastaa RNA:n sekvenssiä (T → U), RNA:n emäkset sitoutuvat mallijuosteeseen
- mRNA-synteesissä Esiaste-mRNA käsitellään valmiiseen muotoon
 - Silmukointi, 5' cap, polyadeniinihäntä
- Valmis mRNA siirtyy tumahuokosten kautta tumasta solulimaan

Transkriptio



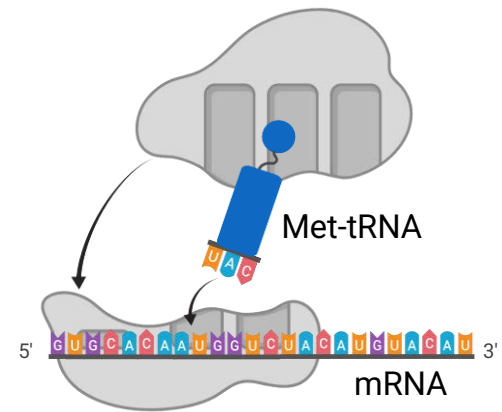
Transkriptio



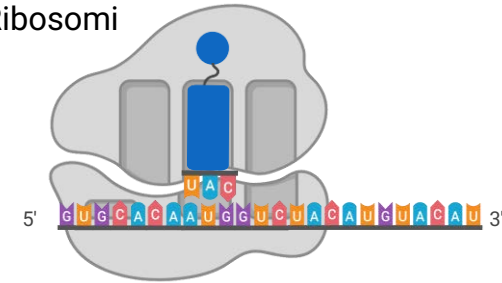
Translaatio

- mRNA:n sekvenssi luetaan proteiiniksi soluliman tai karkean solulimakalvoston ribosomeilla
- tRNA:n antikodonit tunnistavat kolme mRNA:n emästä = kodonin
- Aloituskodonin AUG aloittaa translaation
 - Ensimmäinen aminohappo aina metioniini!
 - mRNA ei kuitenkaan ala emäksillä AUG
- Lopetuskodonit UGA, UAA ja UAG päättävät translaation
 - Eivät koodaa mitään aminohappoa (paitsi poikkeustapauksissa)

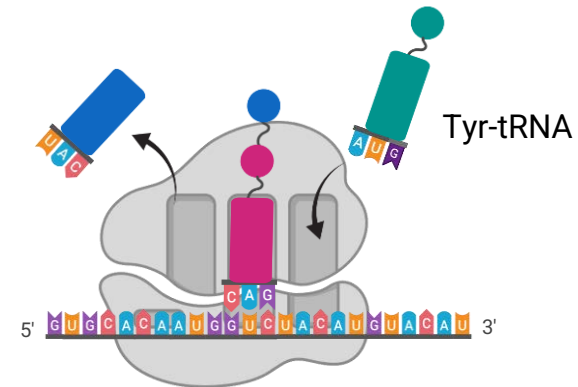
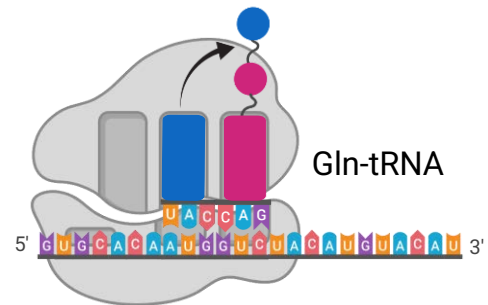
Aloitus



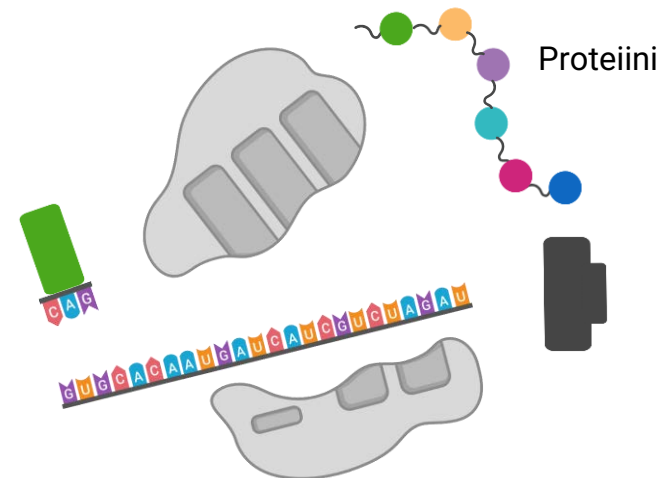
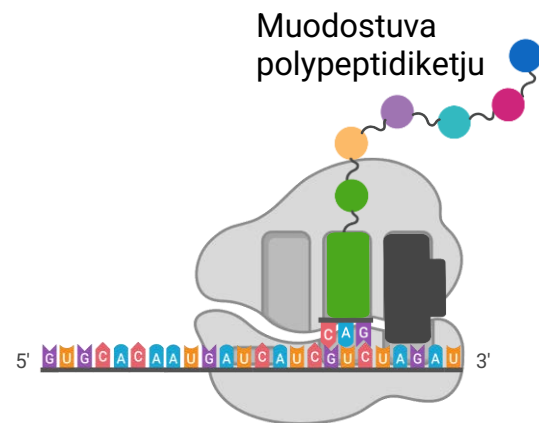
Ribosomi



Elongaatio



Lopetus



Mikä seuraavista kuvaa transkriptiota?

- a) Ribosomi syntetisoi proteiinia mRNA:n perusteella
- b) DNA kahdentuu ennen mitoosia
- c) DNA:sta muodostetaan RNA-kopio
- d) tRNA kuljettaa aminohappoja tumaan

Vastaus: C DNA:sta muodostetaan RNA-kopio

Mikä entsyymi osallistuu suoraan transkriptioon?

- a) DNA-polymeraasi
- b) RNA-polymeraasi
- c) Ligaasi
- d) tRNA-syntetaasi

Vastaus: B RNA-polymeraasi

Mikä seuraavista tapahtuu translaatiossa?

- a) DNA siirtyy tumasta ribosomeihin
- b) mRNA:n kodonien perusteella aminohappoja liitetään polypeptidiksi
- c) Esiaste-mRNA:sta poistetaan intronit
- d) Ribosomi katalysoi proteiinin muuttumista DNA:ksi

Vastaus: B mRNA:n kodonien perusteella aminohappoja liitetään polypeptidiksi

Mikä seuraavista väitteistä on oikein?

- a) RNA-molekyyleistä translaatioon liittyvät vain mRNA ja tRNA
- b) Ribosomit rakentuvat vain proteiineista
- c) Translaatio tapahtuu joko tumassa tai solulimakalvostolla
- d) Ei mikään edeltävistä

Vastaus: D Ei mikään edeltävistä

Ohessa on erään geenin ensimmäiset 24 koodaavaa nukleotidia luettuna DNA:n mallijuosteesta:
5' GAA GAG AAA CAC GAT CAA TGC CAT 3'

Mikä on yllä olevan DNA-sekvenssin perusteella muodostuvan mRNA:n sekvenssi?

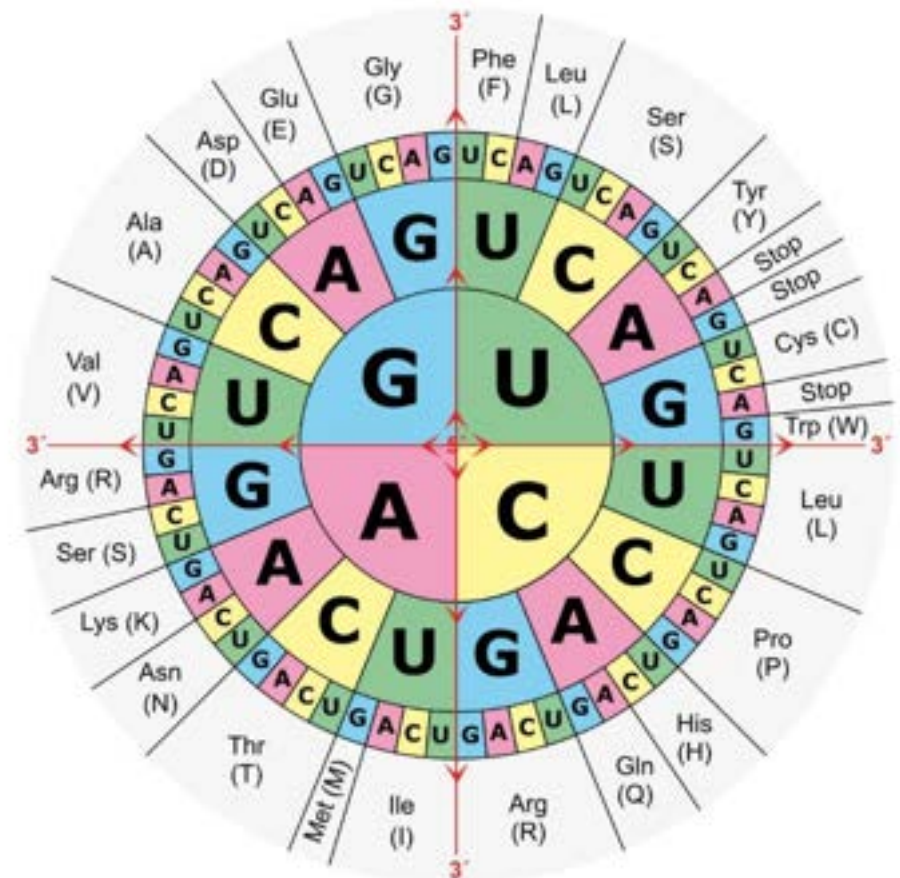
- a) CUU CUC UUU GUG CUA GUU ACG GUA
- b) UAC CGU AAC UAG CAC AAA GAG AAG
- c) GAA GAG AAA CAC GAU CAA UGC CAU
- d) AUG GCA UUG AUC GUG UUU CUC UUC

Vastaus: D AUG GCA UUG AUC GUG UUU CUC UUC

AUG GCA UUG AUC GUG UUU CUC UUC

Kirjoita polypeptidisekvenssi, jota yllä oleva mRNA koodaa.

Lähetti-RNA:n kodoneja vastaavat aminohapot
Aminosyror som motsvarar kodon i budbärar-RNA



Vastaus: Met – Ala – Leu – Ile – Val – Phe – Leu – Phe

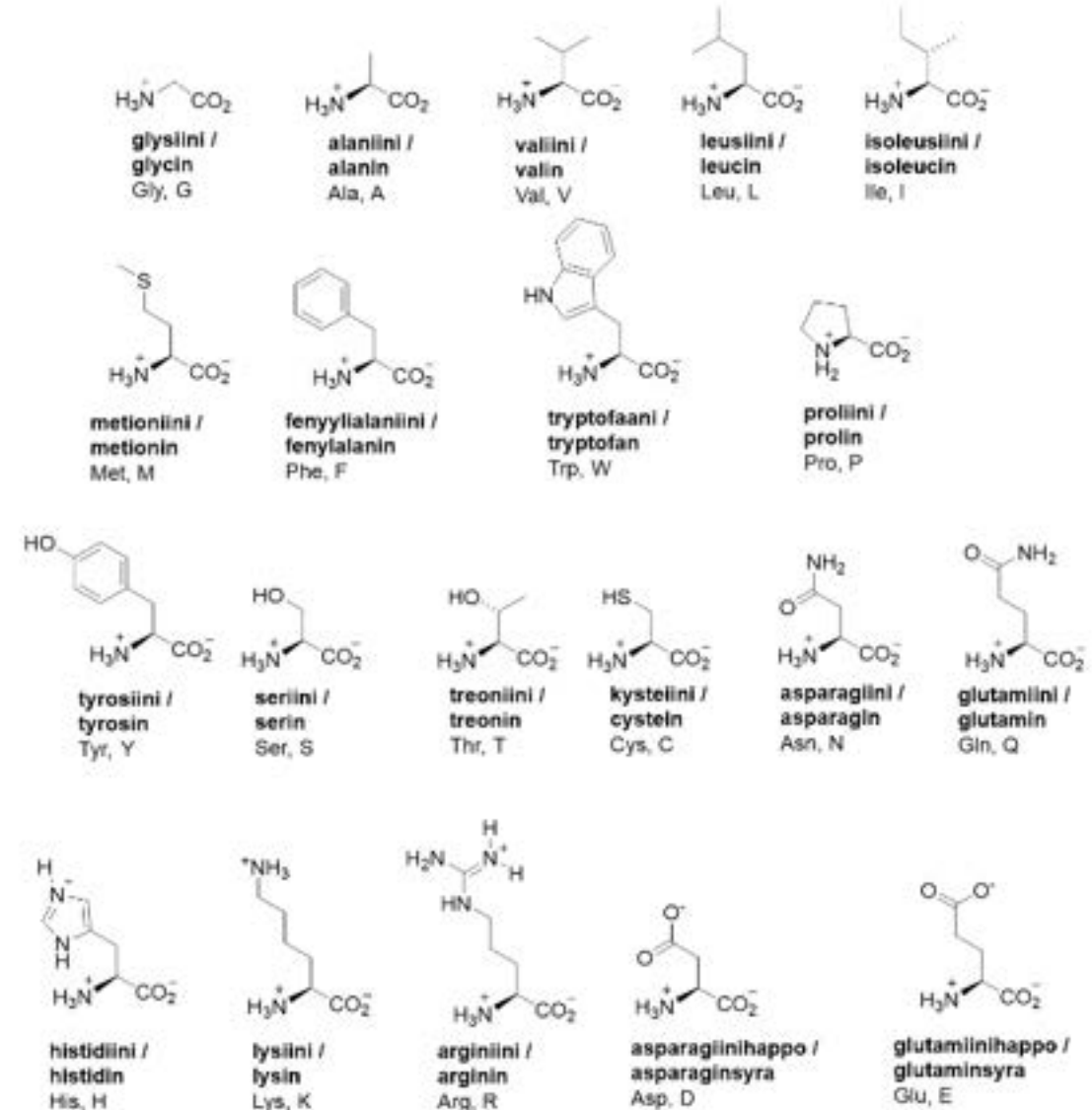
Met – Ala – Leu – Ile – Val – Phe – Leu – Phe

Mitä voit päätellä sekvenssiä tulkitsemalla muodostuvan proteiinin käyttäytymisestä solulimassa?

Vastaus: Lähes kaikki muodostuvan proteiinin aminohapot ovat sivuketjultaan poolittomia ja hydrofobisia. Muodostuva proteiini ei oletettavasti liukene vesipohjaiseen pooliseen solulimaan. Proteiini voi olla esimerkiksi kalvoproteiini, sillä solukalvo on pooliton ja hydrofobinen ympäristö.

Luonnon aminohapot / Aminosyrorna i naturen

Aminohapot on esitetty siinä muodossa, jossa ne pääosin esiintyvät fysiologisessa pH-arvossa 7,4. Aminosyrorna presenteras i den form som mest förekommer vid det fysiologiska pH-värdet 7,4.



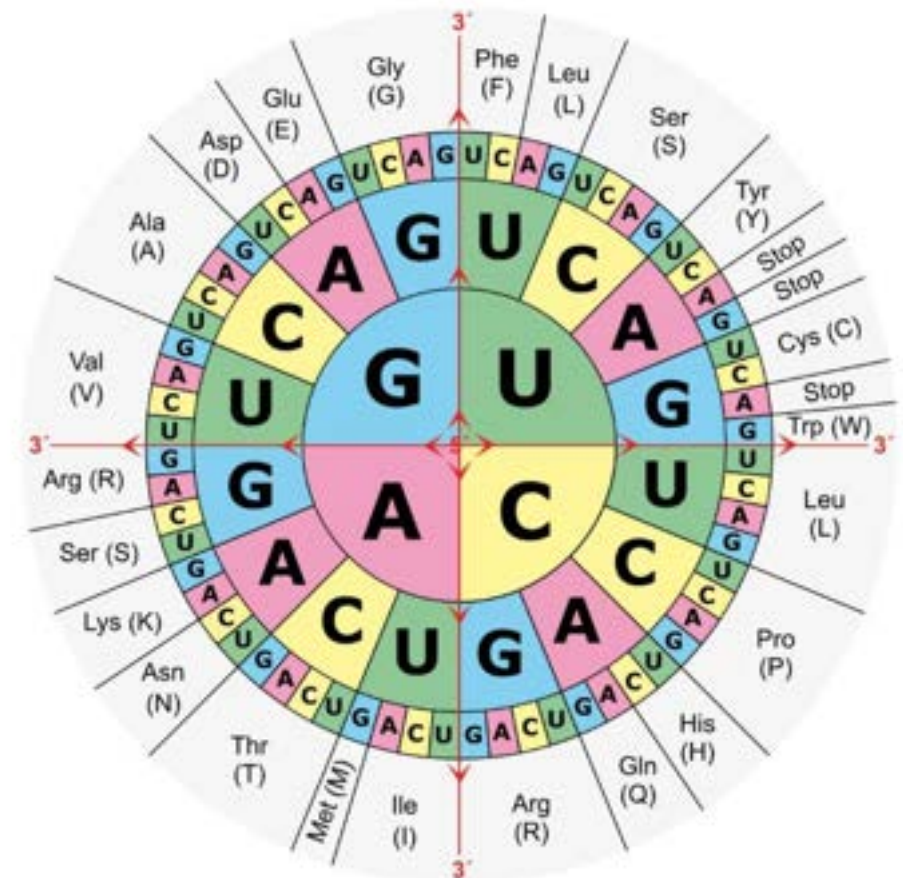
Mitä tapahtuisi todennäköisesti muodostuvalle proteiinille, jos keskeltä alkuperäistä geeniä poistettaisiin yksi emäs (deleetiomutaatio)?

AUG GCA UUG AUC GUG UUU CUC UUC

Met – Ala – Leu – Ile – Val – Phe – Leu – Phe

Vastaus: Yhden emäksen deleetiomutaatio aiheuttaisi todennäköisesti koko mRNA:n lukukehysten muutoksen (frameshift mutation). Tällöin translaatiossa muodostuva proteiini olisi sekvenssiltään aivan eri kuin alkuperäisen geenin koodaamana. Proteiini ei toimisi alkuperäisellä tavallaan ja lopetuskodoni olisi todennäköisesti eri paikassa.

Lähetä-RNA:n kodoneja vastaavat aminohapot
Aminosyror som motsvarar kodon i budbärar-RNA

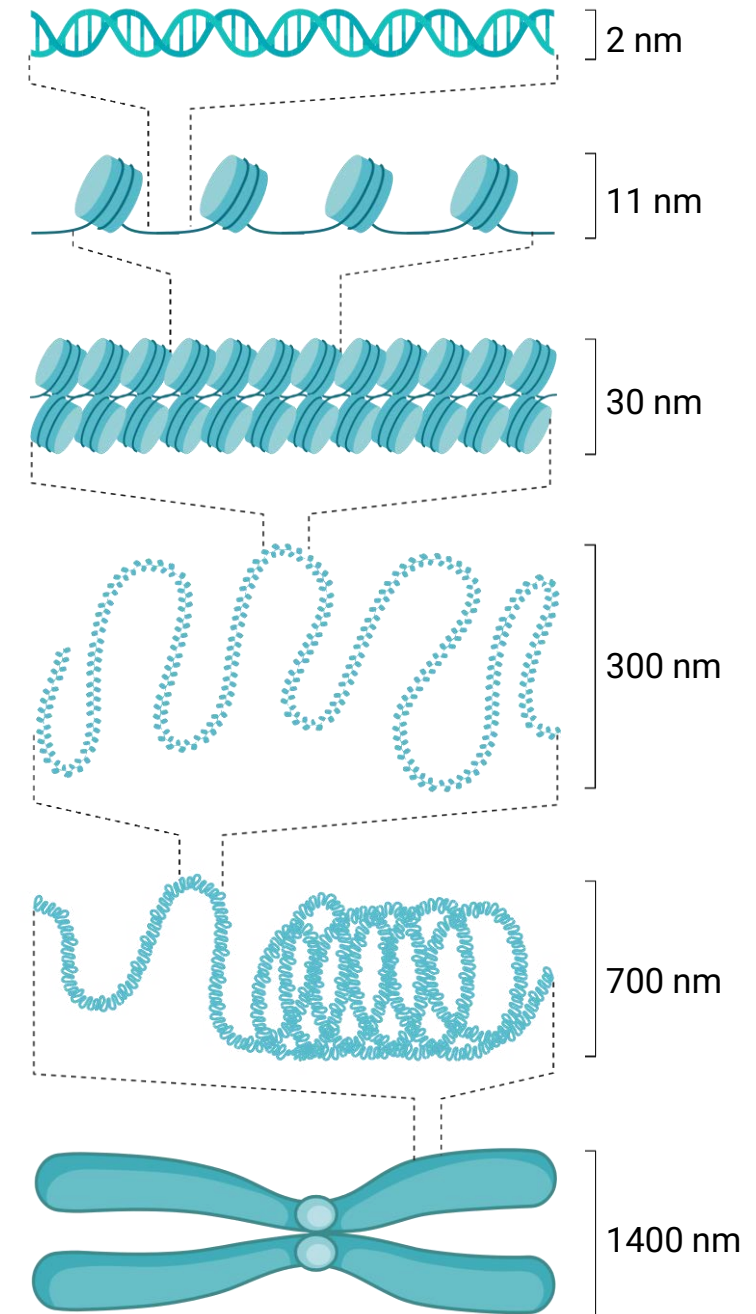


10min tauko

Kysymyksiä?

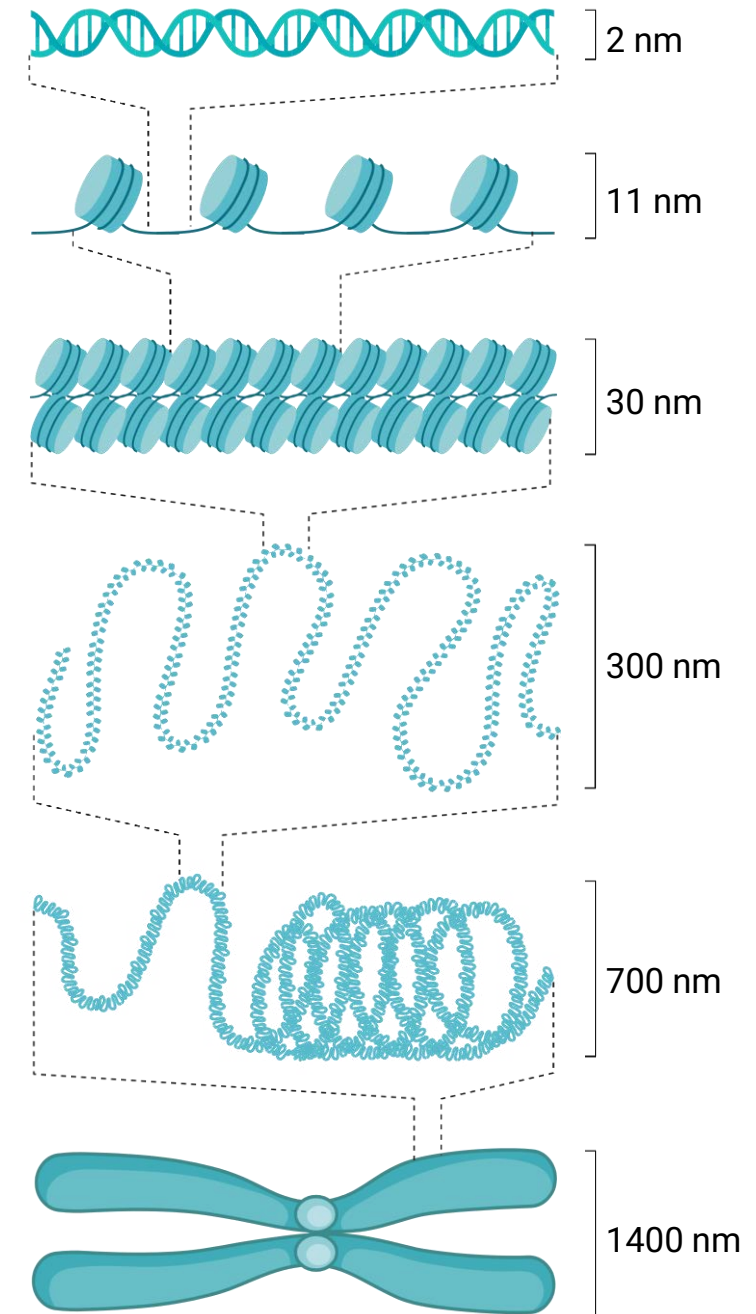
Perimän rakenne

- Ihmisellä tavallisesti 46 kromosomia
 - 23 äidiltä, 23 isältä = 23 kromosomiparia
- Kromosomit sisältävät geenejä ja geenien ulkopuolisia alueita
- Geenit koostuvat:
 - Eksoneista
 - Introneista
 - Promoottorista
 - Tehostajajaksoista



Perimän rakenne

- Vain 1-2% perimästä koodaa proteiinia
- Suurin osa perimästä (60%) on geenien ulkopuolella
 - Sentromeerit
 - Telomeerit
 - Toistojaksot
 - Transposonit
 - Sammuineet geenit
 - Virusten jäänteet
 - Tuntemattomat alueet



a) Selitä, mistä osista tumallisen solun geeni rakentuu ja mitä tehtäviä niillä on.

Vastaus: Geeni on jakso DNA:ta. Geenit koostuvat koodaavasta alueesta ja säätelyalueesta. Tumallisen eliön perimässä on proteiineja koodaavia geenejä ja RNA:ta koodaavia geenejä.

Geenin koodaava alue koostuu informaatiota sisältävistä jaksoista eli eksoneista sekä introneista, jotka eivät sisällä informaatiota. Säätelyalueeseen kuuluu promoottori, johon RNA-polymeraasi kiinnittyy ja käynnistää geenin luennan, sekä tehostajajaksoja, jotka avustavat geenin luennan aloittamisessa.

b) Kuvaile, millaisia alueita geenien ulkopuolella sijaitsee ja mikä on niiden merkitys.

Vastaus: Geenien ulkopuolisella alueella sijaitsee toistojaksoja, joissa lyhyt DNA-sekvenssi toistuu genomissa useita kertoja peräkkäin. Toistojaksoja hyödynnetään yksilöntunnistuksessa.

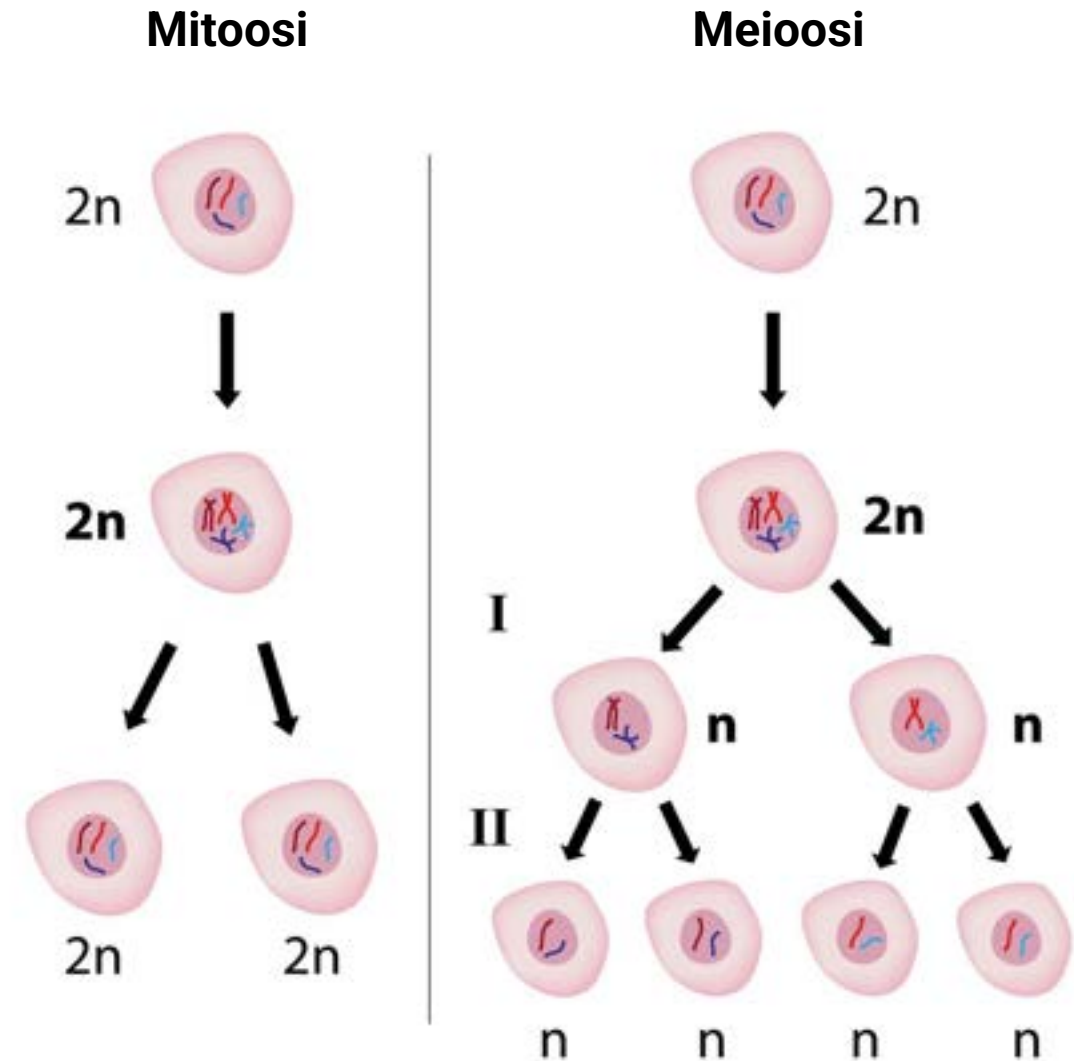
Sentromeerit ovat kromosomin keskellä olevaa aluetta, jotka liittyvät kromosomin jakautumiseen. Telomeerit ovat kromosomien päässä olevia alueita, jotka liittyvät kromosomien kahdentumiseen.

Geenien ulkopuolisella alueella on myös transposoneja, jotka voivat siirtyä genomissa yhdestä sijainnista toiseen. Transposoni voi muuttaa genomia siirtymällä toiseen kohtaan, esimerkiksi eksonin keskelle tai säätelyalueelle, ja siten vaikuttaa yksilön kelpoisuuteen. Aktivoituvia transposoneja voidaan hyödyntää markkereina syövän diagnosoimisessa, sillä jotkin transposonit voivat aktivoitua eräissä syövässä.

Geenien ulkopuolisella alueella on myös sammuneita geenejä, jotka ovat evoluution kuluessa muuttuneet toimintakyvyttömiksi. Lisäksi geenien ulkopuolisilla alueilla on DNA:ta, jonka merkitystä ei tunneta sekä virusten jäänteitä.

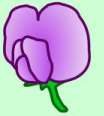
Meioosi

- Meioosin vähennysjaossa syntyville tytärsoluille päätyy vain toinen kromosomiparin kromosomeista
- Ihmisen sukusoluissa on vain 23 kromosomia
- Meioosin ansiosta vain toinen kaikista kromosomeista periytyy sattumanvaraisesti

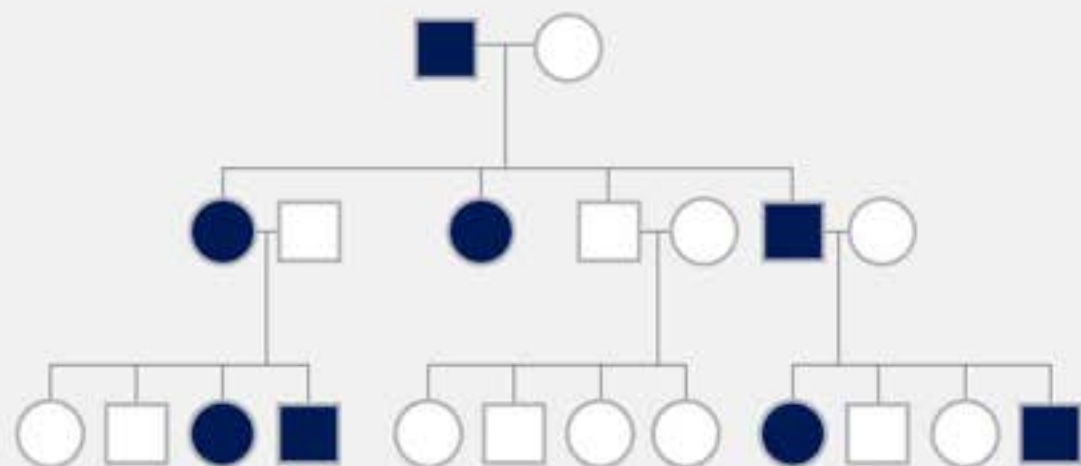


Mendeliläinen periytyminen

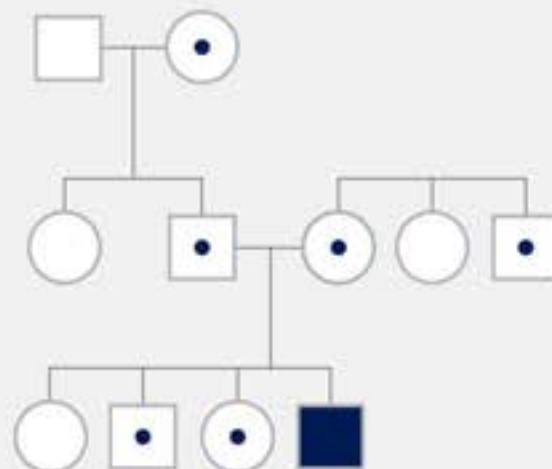
- Geeneillä on diskreettejä perittyjä muotoja (alleeli)
- Alleeli on joko dominantti tai resessiivinen
 - Dominantin alleelin vaikutus peittää alleen resessiivisen
 - Fenotypiltään resessiivinen yksilö on genotypiltään homotsygootti
 - Fenotypiltään dominantti yksilö voi olla genotypiltään heterotsygootti
- Heterotsygootin yksilön alleelit periytyvät samalla todennäköisyydellä

		 pollen ♂	
		B	b
 pistil ♀	B	 BB	 Bb
	b	 Bb	 bb

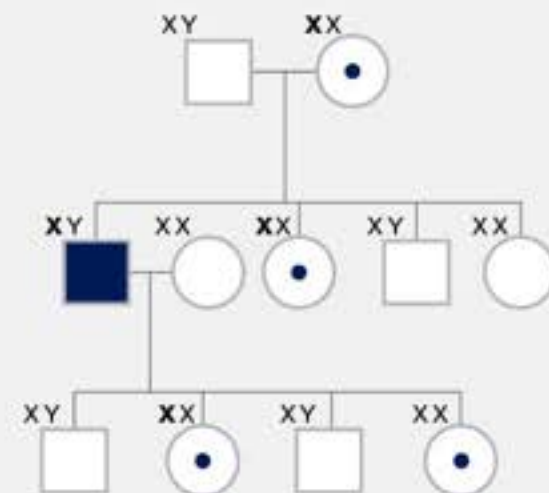
Huntington's disease
Dominant



Sickle cell anemia
Recessive

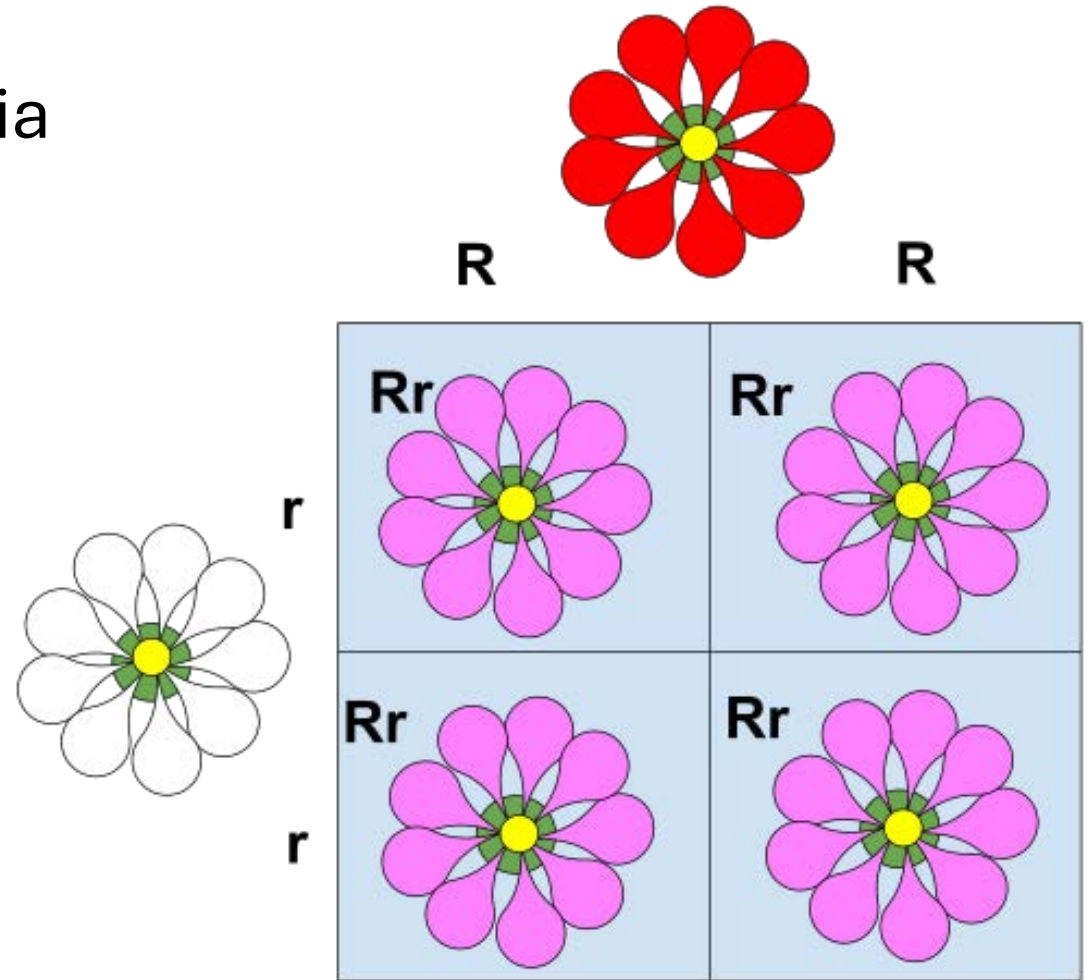


Hemophilia
X linked



Ei-mendeliläinen periytyminen

- Periytyminen ei usein noudata kaikkia Mendelin lakeja
 - Epätäydellinen dominanssi
 - Kodominanssi
 - Sukupuolikromosomien geenit
 - Mitokondrioiden geenit
 - Epigeneettinen periytyminen
- Yhden geenin alleelit eivät aina määrää fenotyyppiä
 - Epistaasi
 - Polygeeniset piirteet
 - Epigeneettinen säätely



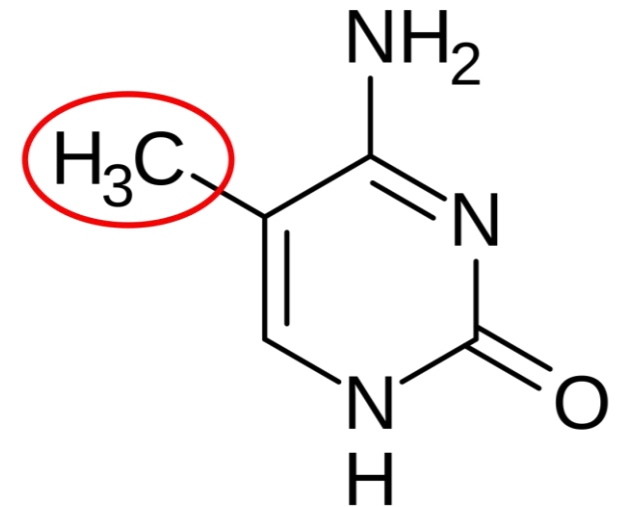
Isä/Äiti	A (I^AI^A)	A (I^Ai^O)	B (I^BI^B)	B (I^Bi^O)	AB (I^AI^B)	O (i^Oi^O)
A (I^AI^A)	A (I ^A I ^A)	A (I ^A I ^A /I ^A i ^O)	AB (I ^A I ^B)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A I ^A)	A (I ^A i ^O)
A (I^Ai^O)	A (I ^A I ^A /I ^A i ^O)	A (I ^A I ^A /I ^A i ^O) tai O (i ^O i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A I ^A /I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)	A (I ^A i ^O) tai O (i ^O i ^O)
B (I^BI^B)	AB (I ^A I ^B)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B i ^O)	B (I ^B I ^B)	B (I ^B I ^B /I ^B i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B I ^B)	B (I ^B i ^O)
B (I^Bi^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)	B (I ^B I ^B /I ^B i ^O)	B (I ^B I ^B /I ^B i ^O) tai O (i ^O i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B I ^B /I ^B i ^O) tai A (I ^A i ^O)	B (I ^B i ^O) tai O (i ^O i ^O)
AB (I^AI^B)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A I ^A)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A I ^A /I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B I ^B)	AB (I ^A I ^B) tai B (I ^B I ^B /I ^B i ^O) tai A (I ^A i ^O)	AB (I ^A I ^B) tai A (I ^A I ^A) tai B (I ^B I ^B)	A (I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)
O (i^Oi^O)	A (I ^A i ^O)	A (I ^A i ^O) tai O (i ^O i ^O)	B (I ^B i ^O)	B (I ^B i ^O) tai O (i ^O i ^O)	A (I ^A i ^O) tai B (I ^B i ^O)	O (i ^O i ^O)

Epigenetiikka

- Geenien ekspressiotasojen muutos ilman DNA:n emäsjärjestyksen muuttumista
 - DNA:n metylaatiot -> metyyliryhmän kiinnittyminen useimmiten sytosiiniemäkseen
 - Histonien muokkaus -> erinäisten kemiallisten ryhmien kiinnittyminen histoniproteiineihin
 - Ei-koodaavat RNA:t
- Välttämätöntä yksilönkehityksessä
- Ympäristöllä suuri vaikutus
- Voivat periytyä ituradan soluissa



Sytosiini



5-metyyllisytosiini

Yksi väritystä ohjaavista geeneistä monilla nisäkkäillä on agouti (A-lokus), josta tunnetaan useita alleeleita. Agoutin koodaama proteiini vaikuttaa keltaisen väriaineen (feomelaniini) muodostumiseen ihon väriaineita tuottavissa soluissa, melanosyyteissä, ja siten myös karvatupessa. Agoutiproteiinin kanssa samaan solukalvon reseptoriin sitoutumisesta kilpailee toinen proteiini, jonka vaikutuksesta melanosyyteissä tuotetaan mustaa väriainetta (eumelaniinia). Näin yksittäisestä karvasta voi tulla kokonaan keltainen, keltamusta tai kokonaan musta sen mukaan kumpaa geeniä ilmennetään.

Oheisessa kuvassa on neljä samaa rotua olevaa koiraa (A–D). Koirien agouti-alleelit ay (keltainen), aw (sudenharmaa), at (musta keltaisin merkein) ja a (musta) on merkitty kuvaan. Neljän agouti-alleelin mendelistinen periytyminen dominoivasta väistyvimpään on: ay (keltainen) > aw > at > a (musta).

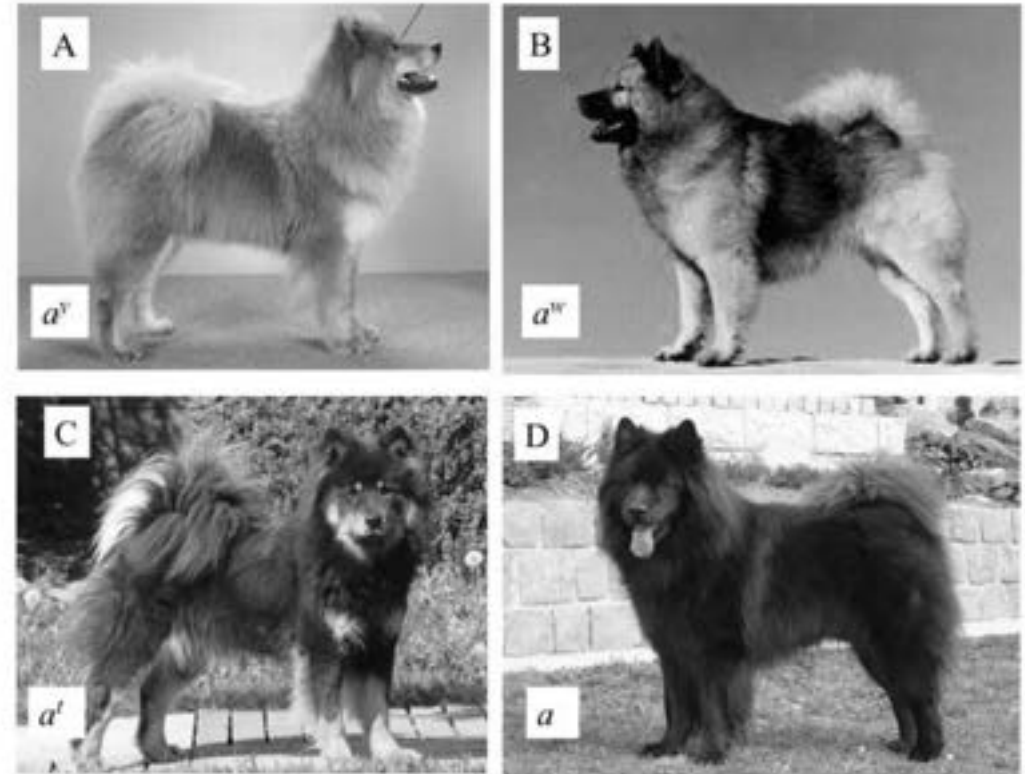
Koirilla mustan maskin tuottaa toinen geeni, dominoiva Em, jonka vaikuttaessa agoutia ei ilmennetä naamassa. Kuvan koirilla A ja C ei ole perimässään Em-alleelia (genotyyppi Em⁻). Sen sijaan koiralla B on tämän proteiinin vuoksi musta maski (genotyyppi Em⁺). Koiran D perimää ei Em-alleelin osalta tunneta.

Kaksi koiraa, jotka vastaavat väritykseltään kuvan esimerkkikoiria A (uros) ja D (narttu), paritetaan. Syntyy viisi pentua, joista neljä on väriltään koiran B kaltaisia ja yksi koiran A kaltainen.

Mitkä ovat vanhempien genotyypit?

- a) Koiria A (uros) a^y/a^w / E^{m-}/E^{m-} ja koiraa D (narttu) a/a / E^{m+}/E^{m-}
- b) Koiria A (uros) a^y/a^y / E^{m-}/E^{m-} ja koiraa D (narttu) a^w/a / E^{m+}/E^{m-}
- c) Koiria A (uros) a^y/a^w / E^{m-}/E^{m-} ja koiraa D (narttu) a/a / E^{m-}/E^{m-}
- d) Koiria A (uros) a^y/a^y / E^{m-}/E^{m-} ja koiraa D (narttu) a/a^t / E^{m-}/E^{m+}

Vastaus: A



Yksi väritystä ohjaavista geeneistä monilla nisäkkäillä on agouti (A-lokus), josta tunnetaan useita alleeleita. Agoutin koodaama proteiini vaikuttaa keltaisen väriaineen (feomelaniini) muodostumiseen ihon väriaineita tuottavissa soluissa, melanosyyteissä, ja siten myös karvatupessa. Agoutiproteiinin kanssa samaan solukalvon reseptoriin sitoutumisesta kilpailee toinen proteiini, jonka vaikutuksesta melanosyyteissä tuotetaan mustaa väriainetta (eumelaniinia). Näin yksittäisestä karvasta voi tulla kokonaan keltainen, keltamusta tai kokonaan musta sen mukaan kumpaa geeniä ilmennetään.

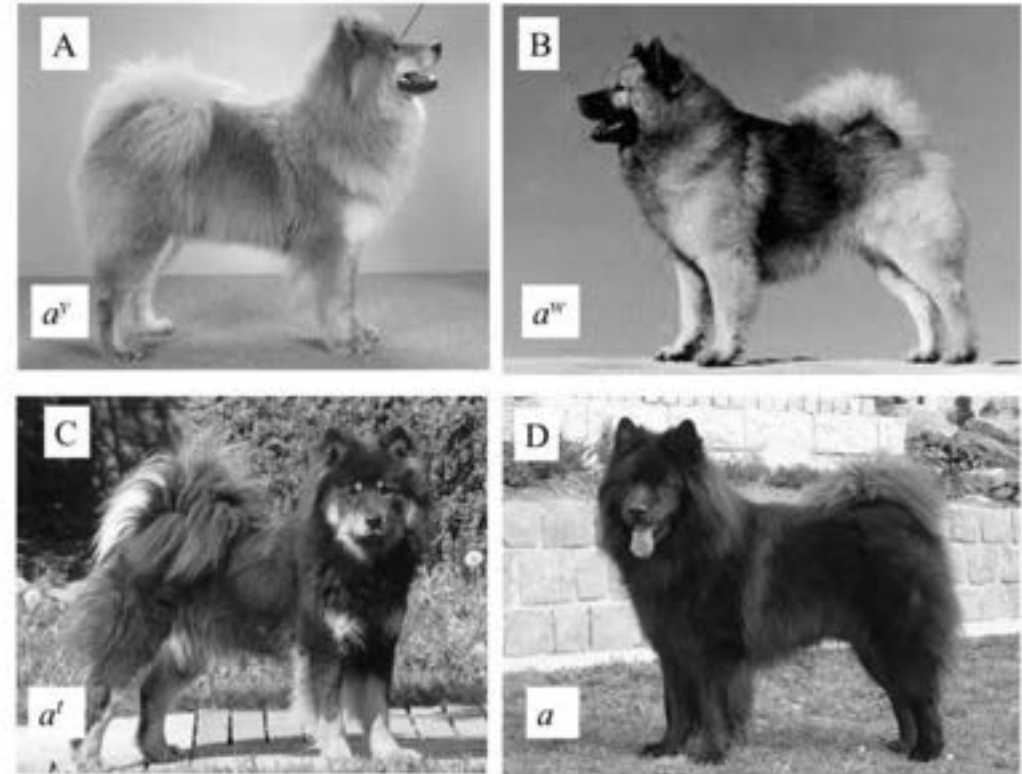
Oheisessa kuvassa on neljä samaa rotua olevaa koiraa (A–D). Koirien agouti-alleelit ay (keltainen), aw (sudenharmaa), at (musta keltaisin merkein) ja a (musta) on merkitty kuvaan. Neljän agouti-alleelin mendelistinen periytyminen dominoivasta väistyvimpään on: ay (keltainen) > aw > at > a (musta).

Koirilla mustan maskin tuottaa toinen geeni, dominoiva Em, jonka vaikuttaessa agoutia ei ilmennetä naamassa. Kuvan koirilla A ja C ei ole perimässään Em-alleelia (genotyyppi Em–). Sen sijaan koiralla B on tämän proteiinin vuoksi musta maski (genotyyppi Em+). Koiran D perimää ei Em-alleelin osalta tunneta.

Kaksi koiraa, jotka vastaavat väritykseltään kuvan esimerkkipuolueita C (uros) ja A (narttu), paritetaan. Syntyy viisi pentua. Kasvattaja kuitenkin epäilee, että koiran B kaltainen uroskoira on ensin päässyt pariutumaan pentujen emon kanssa. Hän epäilee tätä, koska kaksi pennuista on

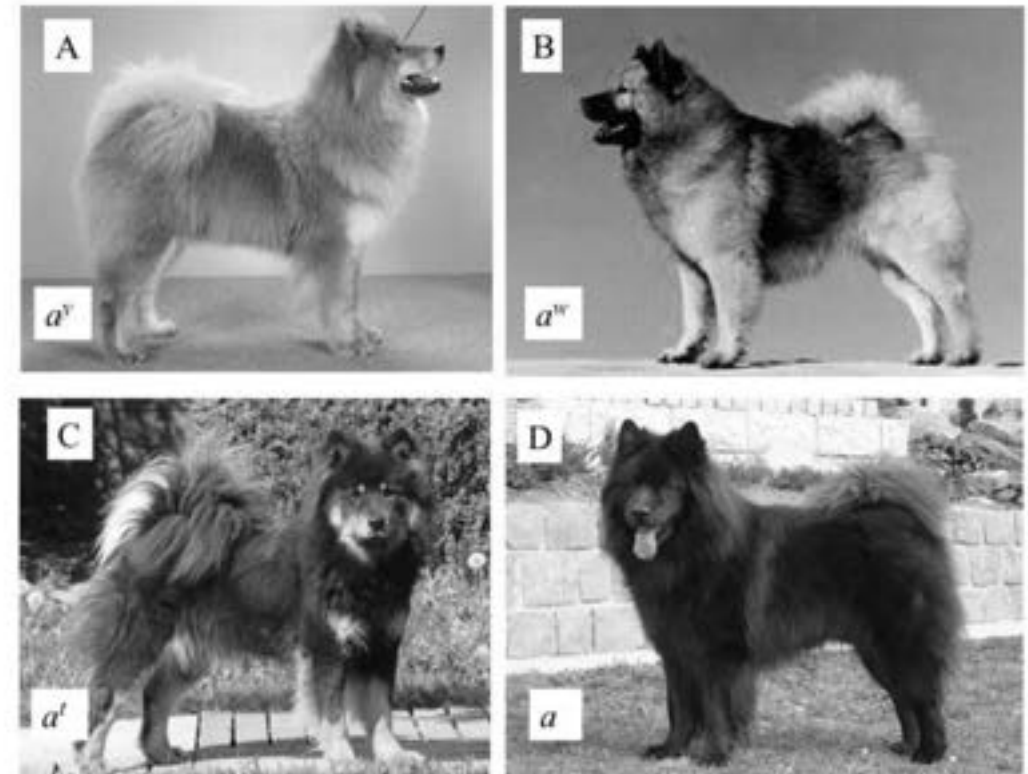
- a) keltaisia.
- b) mustia.
- c) mustia keltaisin merkein.
- d) maskiltaan mustia.

Vastaus: D



Hiirikokeissa on osoitettu, että hiiren karvapeitteestä tulee kokonaan keltainen, kun agouti-geenin dominoiva alleeli a^y aktivoituu karvatupessa. Jos hiiriemöille, joilla on tämä alleeli, syötetään kantoaikana tietynlaista ravintoa, niiden ensimmäisen ja toisen polven jälkeläiset ovat kuitenkin tummanruskeita tai lähes mustia (kuvan koiran D kaltaisia) riippumatta parituskumppanin agouti-alleelistä. Miten selität kuvatuslaisen mendelistisestä periytymisestä poikkeavan ilmiön eli fenotyypin? Miten tämä ilmiö voi tulla esille useassa sukupolvessa?

Vastaus: Kyseisessä tapauksessa epigeneettisen säätelyn ja periytymisen seurauksena dominoivan alleelin hiiriemon jälkeläiset voivat saada perimästään poikkeavan ilmiön. Tässä tapauksessa ravinto on epigeneettinen tekijä, joka voi vaikuttaa DNA:n sytosiiniemästen metylointiin ja histonien muokkaukseen. Tällöin agouti-alleelin luenta hiljennetään. Mikäli tämä säätely kohdistuu myös ituradan soluihin, voi uusi ilmiö periytyä jälkeläisille useassa sukupolvessa.



Tutkija huomasi punasilmäisten banaanikärpästensä joukossa violettisilmäisiä yksilöitä. Hän valitsi yhden violettisilmäisen naaraan ja risteytti sen punasilmäisen koiraan kanssa. Jälkeläisinä syntyi F1-sukupolvessa 484 naarasta ja 482 koirasta. Kaikki jälkeläiset olivat punasilmäisiä.

a) Päättelä, periytyykö banaanikärpäsän violettisilmäisyys autosomissa vai sukupuolikromosomissa ja onko violettisilmäisyys dominoiva vai resessiivinen ominaisuus. Perustele vastauksesi.

Vastaus: Mikäli jälkeläiset perisivät X-kromosomivälitteisesti violettisilmäisyyden naaraalta, olisi ainakin osa koiraista violettisilmäisiä. Siten violettisilmäisyyden on periydyttävä autosomissa.

Mikäli violettisilmäisyys periytyisi dominoivasti, se ilmenisi F1-sukupolvessa. Siten violettisilmäisyyden on oltava resessiivinen ominaisuus.

Tutkija huomasi punasilmäisten banaanikärpästensä joukossa violettisilmäisiä yksilöitä. Hän valitsi yhden violettisilmäisen naaraan ja risteytti sen punasilmäisen koiraan kanssa. Jälkeläisinä syntyi F1-sukupolvessa 484 naarasta ja 482 koirasta. Kaikki jälkeläiset olivat punasilmäisiä.

b) Tutkijan risteyttämä P-sukupolven punasilmäinen koiras on homotsygootti. Osoita risteytyskaavion avulla, mitkä ovat F1-sukupolven mahdolliset geno- ja fenotyypit.

Vastaus: Dominoivan ja resessiivisen alleelien merkintä: V = punasilmäisyyden alleeli, v = violettisilmäisyyden alleeli. Punasilmäinen koiras on tehtävänannon mukaan homotsygootti. Violettisilmäisen naaraan täytyy myös olla homotsygootti, koska kyseinen alleeli on resessiivinen. Vanhempien genotyypit ovat siten: naaras vv ja koiras VV.

Risteytetään resessiivinen homotsygootti naaras dominoivan homotsygootin koiraan kanssa:

	siittiösolu	
munasolu	V	V
	Vv	Vv
	Vv	Vv

Koska koiras on homotsygootti, kaikkien jälkeläisten genotyyppi on Vv. Kaikki jälkeläiset ovat siten fenotyyppiltään punasilmäisiä.

Tutkija jatkoi risteytyskoetta F2-sukupolveen valitsemalla F1-sukupolven yksilöistä yhden koiraan ja yhden naaraan. Niille syntyi jälkeläisiä seuraavasti:

	Punasilmäinen	Violettisilmäinen
Koiras	363	119
Naaras	374	120

c) Päättelä risteytyskaaviota käyttäen, vastaako risteytyskokeen tulos sellaista F2-sukupolven yksilöiden fenotyyppien lukusuhdetta, joka perustuu aiempaan päättelyyn violettisilmäisyyden alleelien periytymistavasta ja F1-sukupolveen kuuluvien vanhempien genotyypistä.

Vastaus: Kaikki F1-sukupolven yksilöt ovat heterotsygootteja, jolloin risteytetään heterotsygootti naaras heterotsygootin koiraan kanssa:

	siittiösolu	
munasolu	V	v
V	VV	Vv
v	Vv	vv

Punasilmäisiä ja violettisilmäisiä syntyy lukusuhteessa 3:1. Tehtävänannossa punasilmäisiä syntyi $363 + 374 = 737$ yksilöä ja violettisilmäisiä $119 + 120 = 239$ yksilöä. Tämä vastaa risteytyskaavion lukusuhteita 3:1.

Kiitos osallistumisesta,
tsemppiä opiskeluun!