



## BIOLOGIAN KOE 18.9.2017 HYVÄN VASTAUKSEN PIIRTEITÄ

Tutkintoaineen sensorikokous on hyväksynyt seuraavat hyvän vastauksen piirteet.

Biologia on luonnontiede, joka tutkii biosfäärin elollisen luonnon rakennetta, toimintaa ja vuorovaikutussuhteita ulottuen molekyyli- ja solutasolle. Keskeisellä sijalla on myös ihmisen biologiaan liittyvien asioiden ja ilmiöiden ymmärtäminen. Biologialle tieteenä on ominaista havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuva tiedonhankinta. Biotieteet ovat nopeasti kehittyviä tiedonaloja, joiden sovelluksia hyödynnetään laajasti yhteiskunnassa. Biologia tuo esille uutta tietoa elollisen luonnon monimuotoisuudesta ja huomioi ihmisen toiminnan merkityksen ympäristössä, luonnon monimuotoisuuden turvaamisessa ja kestävän kehityksen edistämisessä.

Biologian ylioppilaskokeessa arvioidaan kokelaan biologisen ajattelun ja tietämyksen kehittyneisyyttä, kykyä esittää vaadittavat asiat jäsennellysti ja oikealla tavalla asiayhteyteen sidottuna. Kokeessa arvioidaan kokelaan kykyä tarkastella ilmiöiden vuorovaikutus- ja syy-seuraussuhteita. Peruskäsitteiden ja -ilmiöiden hallinnan lisäksi arvioidaan kokelaan taitoa tulkita kuvia, kuvaajia, tilastoja ja ajankohtaista tietoa sekä perustella vastauksensa. Hyvä vastaus tarkastelee ilmiöitä monipuolisesti ja havainnollistaa niitä esimerkein. Hyvä vastaus perustuu faktoihin, ei perustelemattomiin mielipiteisiin. Hyvässä vastauksessa taulukot, kuvaajat ja piirrokset on esitetty selkeästi.

## Tehtävä 1

6 p.

a) 3 p.

Solusta löytyvät kaikki solun toiminnalle tärkeät soluelimet ja rakenteet: soluseinä, solukalvo, solulimakalvosto, tuma, ribosomit, viherhiukkaset, mitokondriot, vakuoli, Golgin laite, mikroputket/mikrosäikeet ja soluseinän huokokset.

b) 3 p.

Vastauksessa on selitetty kunnolla solun toiminnan kannalta jokin seuraavista: soluseinän rakenne ja merkitys, vakuolin rakenne ja merkitys tai viherhiukkasen rakenne ja merkitys.

## Tehtävä 2

6 p.

a–5: Geneettisellä rekombinaatiolla tarkoitetaan uusien ominaisuusyhdistelmien syntymistä suvullisessa lisääntymisessä. Rekombinaatiota aiheuttaa meioosin vähennysjakautuminen ja sukusolujen (siittiö, munasolu) sattumanvarainen yhdistyminen hedelmöityksessä.

b–4: Koevoluutio tarkoittaa kahden (tai useamman) lajin vaikutusta toistensa evoluutioon. Tähtikämmekän kukassa on huomattavan pitkä kannus, ja kyseistä lajia pystyy pölyttämään vain tietty pitkäkärsäinen kiitäjälaaji. Pitkän kannuksen ja kärsän ajatellaan kehittyneen koevoluution kautta.

c–6: Muovautumismuuntelulla tarkoitetaan ympäristötekijöiden vaikutuksesta aiheutuvaa yksilön fenotyyppin vaihtelua genotyyppin asettamissa rajoissa. Tehtävän esimerkissä kaksosten välinen huomattava painoero johtuu todennäköisesti ravitsemuksen (ja mahdollisesti myös liikunnan) eroista.

d–1: Risteytysjalostuksessa luodaan uusia perintötekijöiden yhdistelmiä risteyttämällä keskenään eri lajeja tai saman lajin eri lajikkeita tai rotuja. Ruisvehnä on esimerkki kahden lajin (ruis, vehnä) välisestä risteymästä, jossa on molempien kantalajien hyviä ominaisuuksia.

e–2: Suvuton lisääntyminen tarkoittaa eliön lisääntymistä siten että muodostuu geneettisesti identtinen kopio (klooni) emoeliöstä. Näin tapahtuu esimerkiksi, kun mansikka muodostaa rönkyjen avulla uusia lehtiruusukkeita.

f–3: Valintajalostus perustuu fenotyyppin (ilmiasun) perusteella tehtävään valintaan, minkä seurauksena haluttuja ominaisuuksia aiheuttavat alleelit yleistyvät populaatiossa. Ihminen on jalostanut sudesta tuhansien vuosien aikana toisistaan huomattavasti poikkeavia koirarotuja.

### Tehtävä 3

6 p.

Kunta \ Rakenne tai piirre	Eläimet	Kasvit	Sienet	Alkueliöt	Arkit	Bakteerit
autotrofi		x		x	x	x
biologinen typensidonta					(x)	x
fotosynteesi		x		x	(x)	x
kemosynteesi					x	x
mitokondrio	x	x	x	x		
rengasmaisen kromosomi					x	x
ribosomi	x	x	x	x	x	x
tumakotelo	x	x	x	x		

Sulkeissa olevia rasteja ei vaadita vastauksessa.

### Tehtävä 4

6 p.

a) 4 p.

Hemoglobiini koostuu kahdesta alfa-globiini- ja kahdesta beeta-globiini- alayksiköstä. Alayksiköitä koodaavien geenien emäsjärjestykset eroavat toisistaan hieman, joten transkriptiossa niille syntyy erilaiset lähetti-RNA:t ja translaatiossa aminohappokoostumukseltaan toisistaan eroavat proteiinien ketjumaiset primaarirakenteet. Translaation jälkeen ketjurakenteet kiertävät tai laskostuvat vetysidosten (vetysiltojen) ohjaamina sekundaarirakenteiksi. Nämä puolestaan muodostavat (kysteini-aminohappojen välisten) rikkisiltojen avulla proteiinin kolmiulotteisen tertiaarirakenteen, joihin hemimolekyylit liittyvät. Neljä globiinirakennetta liittyy toisiinsa ja muodostaa toimivan, neliosaisen hemoglobiinimolekyylin kvartaarirakenteen.

b) 2 p.

Anemiassa veren hemoglobiinipitoisuus on normaalia pienempi ja hapensitomiskyky siten normaalia heikompi. Yleisimpiä anemiaan johtavia tekijöitä ovat seuraavat:

- Raudanpuute (raudanpuuteanemia) heikentää veren hapensitomiskykyä, ja sen pääasiällisin syy on ravinnon kautta saatavan raudan puute.
- Verenvuodon aiheuttama verenhukka (vuotoanemia) vähentää punasolujen määrää.
- Ravinnosta saatavan B12-vitamiinin (foolihapon) puute hidastaa punasolujen ja hemoglobiinin muodostusta.
- Punasolujen lisääntynyt hajoaminen johtaa anemiaan (hemolyyttinen anemia) silloin, kun luuydin ei pysty tuottamaan riittävästi punasoluja hajoaneiden tilalle.
- Pitkäaikaisiin sairauksiin liittyy usein punasolujen tai hemoglobiinin muodostuksen häiriöitä.

## Tehtävä 5

6 p.

Synteettisessä evoluutioteoriassa yhdistyvät

- Gregor Mendelin risteytymiskokeista saadut tulokset ominaisuuksien periytymisestä
- Charles Darwinin käsitykset luonnonvalinnasta ja eliölajien vähittäisestä kehittymisestä
- 1900-luvulla saatu tieto geeneistä ominaisuuksien takana ja niissä tapahtuvista mutaatioista.

Kirahvipopulaatioissa tapahtuneet evolutiiviset muutokset perustuvat

- perinnöllisiin muutoksiin (rekombinaatio, mutaatiot) kaulan pituuteen vaikuttaneissa geeneissä
- luonnonvalintaan
- sattumaan.

Synteettisen evoluutioteorian mukaan kirahvin esi-isien populaatioissa tapahtui valintaa, niin että populaation pidempikaulaiset vanhemmat saivat enemmän elinkykyisiä jälkeläisiä kuin lyhytkaulaiset, jotka eivät kyenneet hyödyntämään puiden latvaosia kuivuvassa ilmastossa. (Kirahvien kaulan pitenemisessä suurin muutos tapahtui n. 7 miljoonaa vuotta sitten.) Evoluutio johti kirahvipopulaatioiden parempaan sopeutumiseen ympäristöönsä.

Mioseenikauden monista kirahvilajeista lyhytkaulaisimmat kuolivat sukupuuttoon. (Okapin tapauksessa valinta on kuitenkin johtanut kaulan lyhenemiseen.) Sukupolvien ajan jatkunut valinta johti alleelisuhteiden muutoksiin, jolloin kaulan (kaulanikamien) pituutta lisäävät alleelit yleistyivät. Joidenkin tutkimusten mukaan myös sukupuolivalinnalla voi olla merkitystä, jos naarat ovat valinneet pitkäkaulaisia koiraita. Populaatioiden muutokset johtivat vähitellen uuden lajin kehittymiseen.

## Tehtävä 6

6 p.

Syanobakteerit ovat bakteereita, jotka kykenevät yhteyttämään ja tuottamaan happea. Syanobakteereita on Suomen eliömaailmassa useita lajeja (n. 100 lajia).

Syanobakteerit viihtyvät erityisesti lämpimissä ja ravinteikkaissa vesissä. Siksi ne voivat lisääntyä nopeasti Itämeressä kesällä, kun vedet lämpenevät.

Koska syanobakteerit pystyvät sitomaan ilmakehän typpikaasua orgaanisiin molekyyleihin, ne eivät ole riippuvaisia epäorgaanisista typpiravinteista, ja siten veden runsas typpipitoisuus ei yksinään johda leväkukintoihin.

Rehevöityneissä vesissä erityisesti fosforiyhdisteet suosivat syanobakteerien kasvua. Kesällä Itämeren syvistä kerroksista kumpuava fosforipitoinen vesi ravitsee syanobakteereita, ja mikäli kesä on lämmin, fosforiravinteet meren lämpimissä pintakerroksissa voivat yhdessä luoda otolliset olosuhteet leväkukinnoille.

Syanobakteerien aiheuttamien leväkukintojen estäminen on vaikeaa. Koska syanobakteerit ovat riippuvaisia fosforiravinteista, on tärkeää, että jätevesistä poistetaan fosforiyhdisteet mahdollisimman tehokkaasti. Tämä vähentää ulkoista kuormitusta.

Samoin hajakuormitusta ja erityisesti maatalouden fosforilannoitepäästöjä pyritään pienentämään. Ne ovat merkittävä tekijä rannikkoseutujen rehevöitymisessä.

Rehevöityneissä vesissä pohjan kerrostumista voi anaerobisissa oloissa vapautua fosforisuoloja. Kyseessä on ns. sisäinen kuormitus, joka on itseään ruokkiva systeemi.

Suomenlahden ongelmana ovat suuret kaupungit ja maatalous, joiden fosforipäästöt yhdessä kesän lämpimän veden kanssa johtavat leväkukintoihin. Itämeressä leväkukintoja on enemmän Suomenlahdella ja Saaristomerellä kuin Pohjanlahdella.

## Tehtävä 7

6 p.

### a) 1 p.

Kompostiin soveltuu kaikki maatuva eli orgaaninen jäte: ruuantähteet, kananmunan kuoret, puutarhajäte ja vähäiset määrät pehmopaperia. Kompostiin tarvitaan myös kosteutta sitovaa seosainetta, esimerkiksi haketta.

### b) 3 p.

Kompostin toiminta perustuu siihen, että mikrobit ja muu maaperän eliöstö hajottavat orgaanista ainetta hapellisissa oloissa. Syntyy multaa, ja samalla vapautuu ravinteita (esim. typpi, fosfori) kasvien käyttöön. Hajotustoiminta on vilkkainta lämpimässä, kosteassa ja aerobisessa eli hapekkaassa ympäristössä.

Kompostorin seinien ja kannen lämpöeristys estää hajotustoiminnassa syntyneitä lämpöä karkaamasta, mikä edistää hajotustoimintaa. Pohjan ilmanvaihto tuo hajotustoiminnassa tarvittavaa happea (muutoin tapahtuu mätänemistä). Kansi estää haittaeläinten (linnut, jyrsijät) pääsyn kompostoriin ja kompostin liiallisen vettymisen sateella.

### c) 2 p.

Kompostointi hyödyttää kotitalouksia

- vähentämällä kaatopaikkajätteen määrää
- tuottamalla multaa istutuksille ja viljelyksille
- vähentämällä lannoitteiden tarvetta puutarhassa (ravinteiden kierrätys)
- säästämällä jätehuollon kustannuksia
- auttamalla osaltaan hillitsemään kasvihuoneilmiötä (kaatopaikalla biojätteen hajotessa hapettomissa oloissa vapautuu metaania).

## Tehtävä 8

6 p.

Kyseessä on X-kromosomissa periytyvä sairaus. Koska lapsi on poika, hän saa X-kromosominsa äidiltä. Isän sairastaminen ei siten vaikuta pojan sairastumiseen. Jotta poika voi sairastua, äidin puolestaan pitää joko olla taudin kantaja tai sairastaa sitä itse. Tehtävänanto sulkee pois jälkimmäisen vaihtoehdon. Tarkastellaan molempia pariskuntia olettaen, että äiti kantaa alleelia.

### Pariskunta A (äiti kantaja, isä terve)

P-polvi

genotyyppi	$X^T X^t$	×	$X^T Y$
sukusolut	$X^T, X^t$		$X^T, Y$

F1-polvi

		$X^T X^t$	
		$X^T$	$X^t$
$X^T Y$	$X^T$	$X^T X^T$ terve tyttö	$X^T X^t$ kantajatyttö
	$y$	$X^T Y$ terve poika	$X^t Y$ sairas poika

Pariskunta A voi siten saada tautia sairastavan pojan.

### Pariskunta B (äiti kantaja, isä sairas)

P-polvi

genotyyppi	$X^T X^t$	×	$X^t Y$
sukusolut	$X^T, X^t$		$X^t, Y$

F1-polvi

		$X^T X^t$	
		$X^T$	$X^t$
$X^t Y$	$X^T$	$X^T X^t$ kantajatyttö	$X^t X^t$ sairas tyttö
	$y$	$X^T Y$ terve poika	$X^t Y$ sairas poika

Pariskunta B voi saada sairaan pojan. (Pojan sairastumiseen vaikuttaa vain äidin perimä.)

Johtopäätös: Näiden tietojen perusteella kumpikin pariskunta voisi olla sairaan pojan vanhemmat. Risteytyskaaviot eivät viittaa lapsen vaihtumiseen sairaalassa. (Vanhemmuus olisi mahdollista varmistaa DNA-menetelmien avulla.)

## **Tehtävä 9**

**6 p.**

**a) 2 p.**

Kuvassa on verikudosta. Kuvassa on paljon punasoluja (tumaton), erilaisia valkosoluja (jyväsoluja, eosinofiili, imusoluja) ja verihiutaleita (trombosyyttejä, tumattomia).

**b) 4 p.**

Valkosoluja on olemassa useita eri tyyppisiä. Valkosolujen tehtävänä on puolustaa elimistöä haitallisilta soluilta ja mikrobeilta. Valkosolujen määrä lisääntyy, kun elimistössä on taudinaiheuttajia. Valkosolut toimivat myös kudoksissa verisuonten ulkopuolella.

Erialaisten valkosolujen reagoitua taudinaiheuttajia vastaan kutsutaan immuunivasteeksi. Jyväsolut voivat olla syöjäsoluja, jotka tuhoavat mikrobeja, eosinofiileja, jotka tuottavat loisia ja mikrobeja tuhoavia aineita, tai basofiileja, jotka toimivat allergisissa reaktioissa ja tuottavat histamiinia.

Imusolut vastaavat elimistön immuunipuolustuksesta. Ne kehittävät vasta-aineita tuottavia plasmakosoluja ja muistisoluja antigeeneille.

Isotumaiset monosyytit muuttuvat makrofageiksi eli syöjäsoluiksi ja tuhoavat elimistössä olevia haitallisia soluja ja hiukkasia.

## **Tehtävä 10**

**6 p.**

**a) 1 p.**

Maidon kuumentaminen tuhoaa siitä haitalliset mikrobit (pastöroiminen). Kuumentamisen jälkeen maitoon ympätyvät jogurttibakteerit kasvavat parhaiten lämpimässä.

**b) 3 p.**

Meijeriteollisuudessa hapanmaitotuotteita valmistetaan tiettyjen mikrobikantojen avulla. Maitoon voidaan lisätä erilaisia maitohappobakteerikantoja, jotka vaikuttavat tuotteen koostumukseen ja makuun. Maitohappobakteerien entsyymit pilkkovat esim. maidon proteiineja ja laktoosia. Samalla muodostuu maitohappoa, jolloin jogurtista tulee hapanta.

**c) 2 p.**

Funktionaaliset elintarvikkeet sisältävät terveyttä edistäviä ainesosia. Maitohappobakteerit edistävät ruuansulatusta ja parantavat immuunivastetta. Tuotteissa on mm. terveyttä edistäviä peptidejä, jotka laskevat verenpainetta. Kasvistanolit ja -sterolit vähentävät kolesterolin imeytymistä.



## Tehtävä +11

9 p.

### a) 6 p.

Kun lehmä syö muuntogeenistä ravintoa, esimerkiksi heinää, jonka soluseinät ovat muunnetun geenin takia helpommin sulavia, se saa enemmän ravintoaineita kuin tavallisesta heinästä. Heinän geenit ja pääosin myös proteiinit hajoavat lehmän elimistössä eivätkä päädy sellaisenaan maitoon. Siten maito ei eroa oleellisesti tavallista heinää syöneen lehmän maidosta. (Sen tuotto voi olla runsaampaa tai sen koostumus saattaa olla erilainen.)

Muuntogeenisestä ohrasta valmistetussa oluessa on ohrasta vapautuneita sokereita, proteiineja ja makuaineita. Todennäköisesti suuri osa ohran geneistä on hajonnut oluen tuotantoprosessin aikana, mutta niitä saattaa olla edelleen oluessa. Myös muuntogeenisen ohran proteiineja on edelleen oluessa.

Muuntogeeninen tomaatti sisältää muunnettua geenimateriaalia ja sen tuottamaa proteiinia. Siten niitä joutuu ihmisenkin ruuansulatuselimistöön, missä geneettinen materiaali ja proteiinit hajoavat nopeasti ja ne käytetään uudelleen ihmisen oman DNA:n ja RNA:n sekä proteiinien tuotannossa.

### b) 3 p.

#### Hyödyt

- Muuntogeenisten kasvien ravintoarvoa on pyritty parantamaan geenien muokkaamisella (kultainen riisi).
- Muuntogeeniset kasvit saattavat olla paremman makuisia ja tuottaa enemmän satoa.
- Rasvojen koostumusta voidaan muuttaa ihmiselle sopivammaksi.
- Proteiinien aminohappokoostumusta on mahdollista parantaa, niin että aminohappoja saadaan ravinnosta oikeassa suhteessa.
- Kasvien säilymistä voidaan parantaa, esim. pitkään säilyvä tomaatti (Flavr Savr -lajike).
- Muuntogeenisistä kasveista voidaan poistaa allergeeneja.
- Muuntogeenisen kasvin viljely saattaa vähentää torjunta-aineiden ja kasvunsäätteiden käyttöä.

#### Riskit

- Muuntogeenisten kasvien riskit liittyvät siihen, mitä genejä geenimuuntelussa on käytetty.
- Uuden geenin mukaan syntynyt proteiini voi aiheuttaa allergiaa, kuten mikä tahansa uusi proteiini.
- Mikäli muuntogeeninen kasvi sietää paremmin rikkaruohomyrkkä (esim. Roundup Ready -viljelykasvit), siinä saattaa olla rikkaruohomyrkkäjämiä.
- Rikkaruohomyrkyt sietoa parantava geeni voi siirtyä lähisukuisiin rikkaruohoihin.
- Muuntogeenisessä viljelykasvissa siirretty geeni voi olla sijoittunut perimään siten, että se vaikuttaa toisen geenin ilmentymiseen. Tällöin viljelykasvissa usea ominaisuus voi olla tahattomasti muuttunut. (Uudet geeninsiirtotekniikat mahdollistavat täsmällisen geeninsiirron (CRISPR/Cas-tekniikka)

## Tehtävä +12

9 p.

a) 6 p.

### Solunjakautumisvaihe

Munasolu alkaa jakautua, kun siittiö on hedelmöittänyt sen. Aluksi alkio ei kasva kokoa. Kuu-sitoistasolu- eli muurainasteella alkiota kutsutaan morulaksi, jonka kaikki solut ovat kaikkikykyisiä eli totipotenteja. Jakautuminen jatkuu, ja alkioon kertyy nestettä.

Syntyy alkiorakkula (blastokysta/blastula). Rakkulan sisäosan soluista kehittyy alkionysty ja ulko-osan soluista osa istukkaa sekä sikiökalvot. Alkiorakkula kiinnittyy ja uppoaa kohdun limakalvoon 6–9 vuorokauden kuluttua hedelmöitymisestä (solut toti- ja pluripotenteja). Alkionystyn soluista kehittyy alkiolevyn kolme kerrosta (gastrulaatio).

### Alkiovaihe

Solujen erilaistuessa kantasoluista kehittyy erilaisia solutyyppisiä (aikuisessa yli 200 eri solutyyppiä). Kaavoittumisessa syntyy alkion kolmiulotteinen rakenne (alkiolle kehittyy pää-häntä-, vasen-oikea- ja selkä-vatsa-suunta). Muotoutumisessa elinten ja raajasilmujen syntyä ohjaavat naapurisolujen erittämät viestiaineet. Kehitystä säätelevät kehitysgeenit. Alkioon muodostuneista eri kerroksista syntyy

- hermostolevy, josta kehittyy hermostoputki (neurulaatio) ja iho (ulkokerroksesta)
- verenkiertoelimistö, erityselimistö, sukupuolielimet, tuki- ja liikuntaelimistö ja perna (keskikerroksesta)
- hengitys- ja ruuansulatuselimistöjen epiteelit, maksa ja haima (sisäkerroksesta).

### Sikiövaihe (viikon 8 jälkeen)

Istukka ja napanuora kehittyvät, ja sikiön koko alkaa kasvaa nopeasti. Verenkiertoelimistö ja sydän kehittyvät, ja sydän alkaa sykkiä. Luuranko alkaa luutua, ja karvoitus, aistit ja keuhkot alkavat kehittyä. Viikolla 12 tärkeimmät sisäelimet ovat kehittyneet. Sikiö erittää virtsaa lapsiveteen. Noin viikosta 20 eteenpäin sikiö alkaa nukkua, sillä on tarttumisrefleksi ja äiti tuntee sikiön liikkeitä. Noin viikolla 30 karvapeite katoaa, keuhkot ovat kehittyneet ja pupillit reagoivat valoon. Viikon 28 jälkeen syntävä lapsi selviytyy nykyään todennäköisesti keskoshoidon avulla. Täysiaikainen lapsi syntyy viikolla 38.

(Eri oppikirjoissa yksilönkehityksen vaiheiden kuvaamisessa on joitakin eroja. Oleellista on, että vastauksesta muodostuu loogisesti etenevä kokonaisuus.)

b) 3 p.

Kehityshäiriöihin voivat vaikuttaa monet ulkoiset ja sisäiset tekijät.

- Suvussa periytyvät geenimutaatiot voivat aiheuttaa kehityshäiriötä. Esimerkiksi monisormisuus ja suomalaiseen tautiperintöön kuuluvat kehityshäiriöt (AGU, rustohiushypoplasia ja hydroletalusoireyhtymä/vesipäisyys) johtuvat peritystä geenimutaatiosta.
- Sukusolulinjassa tapahtuvat pistemutaatiot voivat aiheuttaa kehityshäiriötä.
- Meioosin häiriöt saattavat aiheuttaa kromosomi- ja kromosomistomutaatioita (esim. trisomia / Downin syndrooma, sukupuolikromosomien määrien poikkeamat).

- Yksilön somaattisissa soluissa esimerkiksi ionisoivan säteilyn vaikutuksesta tapahtuvat geenimutaatiot (pistemutaatiot, nukleotidin kahdentuminen tai häviäminen) aiheuttavat alkion ja sikiölle helposti kehityshäiriöitä, koska kehittyvän yksilön solut erikoistuvat ja jakautuvat nopeasti.
- Säätelogeeneissä tapahtuvat mutaatiot johtavat yleensä vakaviin kehityshäiriöihin ja keskenmenoon.
- Jotkin lääkeaineet (esim. talidomidi), ympäristömyrkyt ja alkoholi häiritsevät solujen välistä viestintää. Häiriöt solujen välisessä viestinnässä voivat johtaa kehityshäiriöihin, sillä lähekkäiset solut ja kudokset ohjaavat toistensa kehitystä (induktio).
- Virukset, esimerkiksi vihurirokkovirus ja zikavirus, voivat aiheuttaa vakavia kehityshäiriöitä.