

MALLIVASTAUKSET

Biokemian ja molekyylibiotieteiden valintakokeeseen 2021, joka pidetty

27. toukokuuta 2021

Helsingin, Oulun, Tampereen sekä Turun yliopistossa

Tehtävä 1. LIPIDIKALVOT (max. 25 p.)

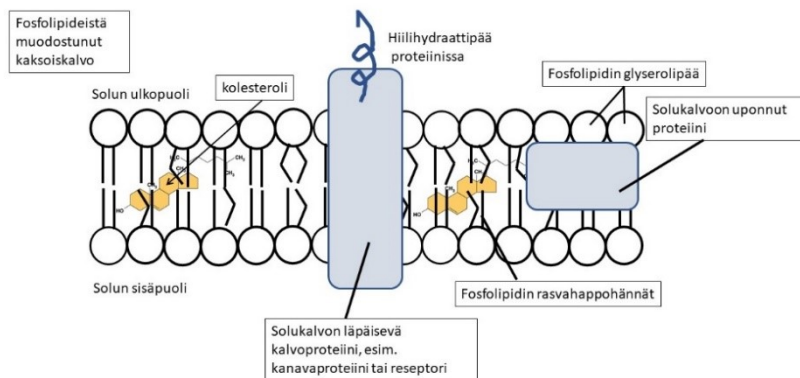
Kysymykset perustuvat lukion oppimäärään sekä valintakokeessa jaettuun aineistoon.

1.1 Minkälaisista komponenteista eläinsolun solukalvo muodostuu? Piirrä ja nimeä komponentit.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Solukalvo on piirretty siten, että seuraavat asiat ilmenevät ja ovat nimettyinä

- Fosfolipideistä (fosfolipidin rakenne: glyserolipää ja rasvahappohäntä oikein kuvattuna) muodostunut lipidikaksoiskalvo.
- Kolesterolia, kalvoon uponneena. Kolesterolista ei vaadita molekyyliä rakennetta.
- Proteiineja kalvoon uponneena ja/tai kalvon läpi.
- Proteiineissa hiilihydraattiketjuja solusta ulospäin.
- Vähintään yksi proteiini nimetty (kanavaproteiini, ionipumppu, reseptori, kuljettajaproteiini).
- Hyväksytään myös, jos solukalvon komponentit ovat erikseen piirretty ja nimetty. Fosfolipidi, fosfolipideistä muodostunut kaksoiskalvo, solukalvoproteiini, solukalvoproteiinissa oleva hiilihydraatti, kolesterolia, solukalvoproteiini, proteiinissa hiilihydraattipää.



Esimerkkikuva. Fosfolipidin rakenne (glyserolipää ja 2 rasvahappohäntää), ja fosfolipidien muodostama kaksoiskalvo. Kolesterolia on fosfolipidien keskellä, uponneena kalvoon. Kalvon läpäisevä kalvoproteiini (nimetty esim. reseptori, kanavaproteiini, ionipumppu). Proteiini voi myös olla uponnut solukalvoon. Kalvoproteiinissa hiilihydraattipää, joka osoittaa ja sijaitsee solun ulkopuolisessa tilassa.

/ 5p.

1.2 Mihin solu tarvitsee osastointia eli tiloja, jotka on erotettu toisistaan kalvoilla? Kerro useita esimerkkejä.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella suurinta osaa seuraavia asioita:

Solussa on kalvojen rajaamia osastoja, joissa on erilaiset olosuhteet ja erilaisia toimintoja (biokemiallisia reaktioita).

Esimerkkejä solun osastoinnista ja niiden toiminnoista (useita esimerkkejä vaaditaan):

- Mitokondriot, energiantuotanto
- Tuma, geneettisen materiaalin varastointi ja geeniluenta
- Lysosomeissa on hajottavia entsyymejä, toimivat solun kierrätyskeskuksina
- Kalvorakkulat solun sisäisinä kuljettajina mm. siirtäen proteiineja
- Solulimakalvosto, aineiden synteesi (proteiinit ja lipidit)
- Golgi, Proteiinien muokkaus ja lähetys solun eri osiin
- Kasvisolujen vakuolit (mekaaninen tuki ja aineiden hajotus) ja
- Viherhiukkaset (energian sitominen/fotosynteesi).

/ 5 p.

1.3 Kerro mikä on nestemosaiikkimalli, ja miten se vaikuttaa solukalvon toimintaan?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Nestemosaiikkimalli kuvaa lipidien ja proteiinien sijoittumisen toistensa suhteen. Fosfolipidit koostuvat glyserolista ja kahdesta rasvahappohännästä. Glyserolipää on vesihakuinen ja rasvahappohäntä on vesipakoinen.

Fosfolipidit kiinnittyvät sivusuunnassa löyhästi toisiinsa, ja ne voivat liikkua toistensa ohi ja voivat olla jatkuvasti pienessä liikkeessä.

Eläinsoluissa kolesteroli kalvoon uponneena tuo kalvoon jäykkyyttä.

Kalvoproteiinit ovat solukalvoon uppoutuneena, kalvoproteiinit voivat liikkua kalvon tasossa.

Vain pienimolekyyliset, varauksettomat aineet voivat siirtyä kalvon läpi.

/ 5 p.

1.4 Miten aktiivinen ja passiivinen kuljetus eroavat toisistaan?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Passiivinen kuljetus ei tarvitse ulkoista energiaa ATP:n muodossa. Aktiivinen kuljetus tarvitsee energiaa.

Passiivinen kuljetus on yleensä hitaampaa kuin aktiivinen kuljetus.

Passiivisessa kuljetuksessa aineet siirtyvät suuremmasta konsentraatiosta pienempään. Aktiivisessa kuljetuksessa aineiden siirtyminen tapahtuu konsentraatiogradientin vastaisesti pienemmästä pitoisuudesta suurempaan.

Diffuusion avulla kalvojen läpi kulkeutuvat molekyylit ovat kaasuja, pieniä molekyylejä, vesi (avustettu diffuusio) tai rasvaliukoisia molekyylejä.

Suuremmat molekyylit voivat siirtyä passiivisesti kanavaproteiinien kautta.

Aktiivinen kuljetus tapahtuu kuljettajaproteiinien tai ionipumppujen avulla.

/ 5 p.

1.5 Miten muiden aineiden kuljetuksessa voidaan hyödyntää Na⁺ kulkeutumista solukalvon läpi konsentraatiogradienttinsa mukaisesti?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Solun ulkopuolella on enemmän Na⁺ kuin solun sisäpuolella, (tätä eroa pitää yllä Na⁺-K⁺-pumppu).

Na⁺ kulkeutuu solun sisälle konsentraatiogradientin mukaisesti, suuresta pitoisuudesta pienempään.

Na⁺-konsentraatiogradientin sisältämää energiaa hyödynnetään muiden aineiden kuljetuksessa.

Na⁺-gradientin rinnalla voidaan kuljettaa ravintoaineita.

Na⁺-gradientti säätelee solun sisäistä pH:ta ja osmoottista tasapainoa.

/ 5 p.

Tehtävä 2. LIPIDIKALVOT (max. 25 p.)

Kysymykset perustuvat lukion oppimäärään sekä valintakokeessa jaettuun aineistoon.

2.1 Ouabain on inhibiittori, joka estää Na⁺ -K⁺ -pumpun toimintaa.

a) Mikä on inhibiittorin toimintaperiaate?

Vastauksessa tulee ilmaista riittävällä tarkkuudella seuraavat asiat:

Ouabain kilpailee samasta sitoutumiskohdasta K⁺-ionin kanssa

/ 2 p.

b) Mihin kohtaan (numero) kuvassa 1 Ouabain pysäyttää Na⁺ -K⁺ -pumpun toiminnan?

Vastauksessa tulee ilmetä numero:

4.

/ 1 p.

c) Mitä solussa tapahtuu, jos Na⁺ -K⁺ -pumpun toiminta estetään?

Vastauksessa tulee ilmetä riittävällä tarkkuudella seuraavat asiat:

Natrium (Na⁺) vuotaa solun sisään ja kalium (K⁺) ulos. TAI: Solu depolarisoituu.

/ 1 p.

2.2 Merkitse rastilla (X) ruudukkoon oikea vaihtoehto koskien glukoosin kuljetusta solukalvon läpi (väärä vastaus -1p)

Glukoosimolekyylä pääsee diffundoitumaan nopeasti solukalvon lipidikalvoiskerroksen läpi.	<input type="checkbox"/>
Glukoosi kulkeutuu solukalvon läpi solukalvolla olevan proteiinin muodostaman kanavan läpi.	<input checked="" type="checkbox"/>
Glukoosin kuljettaminen solukalvon läpi vaatii aina ATP:tä.	<input type="checkbox"/>
Glukoosi siirtyy solukalvon läpi siten, että samalla kuljetetaan vastakkaiseen suuntaan K ⁺ -ioneja.	<input type="checkbox"/>

/ 2 p.

2.3 Merkitse rastilla (X) ruudukkoon, mitkä Na⁺ - K⁺ -pumpun toimintaa koskevista väittämistä ovat väärin.

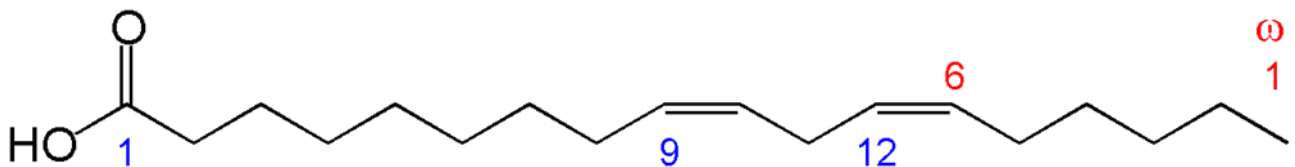
Na ⁺ - sitoutuminen ja ATP:n fosforylaatio solukalvon sytoplasman puolella saavat aikaan Na ⁺ - K ⁺ - pumpun rakenteessa muutoksen, jonka johdosta Na ⁺ siirretään solun ulkopuolelle.	
Na ⁺ - K ⁺ - pumpun toiminta on riippuvainen sen autofosforylaatiosta.	
K ⁺ -ioni sitoutuu soluliman puolella proteiinipumppuun ja fosforylaatio saa aikaan proteiinipumpun rakenteessa muutoksen, joka saa aikaan K ⁺ kuljetuksen solun ulkopuolelle.	X
Na ⁺ - K ⁺ -pumppu siirtää solun sisään 3 K ⁺ ja solun ulkopuolelle 2 Na ⁺ .	X

/ 3 p.

2.4 Piirrä linolihapon eli oktadeka-9,12-dieeni hapon rakennekaava (vetyjä ei tarvitse merkitä) ja laske sen molekyyliaino (atomimassat ovat: vety = 1,01; hiili = 12,01; typpi = 14,01; happi = 16,00; fosfori = 30,97). Esitä myös laskutehtävän tärkeimmät välivaiheet alla annetussa tilassa.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Piirroksessa linolihapon rakennekaava, johon myös merkitty hiilet, happoryhmät sekä kaksoissidokset oikein. Saa olla trans-konfiguraatio. Numeroita ei tarvitse merkitä.



Linolihapon molekyylikaavasta, C₁₈H₃₂O₂, saadaan laskettua molekyyliainoksi 280,5 g/mol

/ 6 p.

2.5 Esitä seuraavien laskutehtävien tärkeimmät välivaiheet laskun alla annetussa tilassa.

a) Naisen munasolu on noin 100 mikrometriä halkaisijaltaan. Olettaen, että keskimääräisen lipidimolekyylin pinta-ala on 10^{-14} cm^2 , kuinka monta lipidimolekyyliä on munasolun pinnalla, jos pinnasta 25 % koostuu proteiineista?

Pallon pinta-ala lasketaan kaavalla $4\pi R^2$ ja $\pi=3,14$.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Munasolun pinta-ala on $4\pi 50^2 \mu\text{m}^2 = 31400 \mu\text{m}^2$.

Tuloksen voi antaa myös muodossa $3,14 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ tai muussa pinta-alan yksikössä.

Lipidimolekyylin pinta-ala samassa yksikössä on $10^{-6} \mu\text{m}^2$.

Kun pinta-ala jaetaan tällä, saadaan $3,14 \times 10^{10}$ lipidimolekyyliä.

Koska pinnasta 75 % on lipidiä, saadaan $2,355 \times 10^{10}$ molekyyliä,

Tuloksen voi antaa myös pienemmällä tarkkuudella. Tuloksen voi antaa kaksinkertaisena, jos ajattelee lipidikaksoiskalvoa.

/ 3 p.

b) Jokainen hedelmöittynyt munasolu jakautuu 30 kertaa tuottaakseen kaikki munasolut, joita tyttö tarvitsee elinaikanaan. Jos lipidejä ei koskaan hajotettaisi, montako isoäidiltäsi peräisin olevaa lipidimolekyyliä sinä olet perinyt? Kaikkien munasolun lipidien oletetaan ottavan osaa alkion muodostumiseen.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Isoäitisi munasolun kaikki lipidit ovat periytyneet äidillesi.

Munasolun jakautuessa oletetaan lipidien jakautuvan tasan tytärsolujen kesken.

30:n jakautumisen jälkeen äitisi munasolussa on $1/2^{30}$ alkuperäisistä lipideistä.

2^{30} voi laskea esim. niin, että $2^{10} = 1024$, jolloin $2^{30} = 1024^3 = 1,074 \times 10^9$.

Mikäli tuloksen tekee vain arvioimalla, saa tulokseksi 10^9 .

Kun 10^9 tuloksella jaetaan a-kohdan tulos, saadaan äitisi munasoluun 22 lipidimolekyyliä, jotka olet perinyt isoäidiltäsi. Tuloksen voi antaa kaksinkertaisena, jos ajattelee lipidikaksoiskalvoa.

Approksimoidulla tuloksella, josta ei voi saada täysiä pisteitä, saadaan äitisi munasoluun 23-24 molekyyliä, jotka olet perinyt isoäidiltäsi.

/ 7 p.

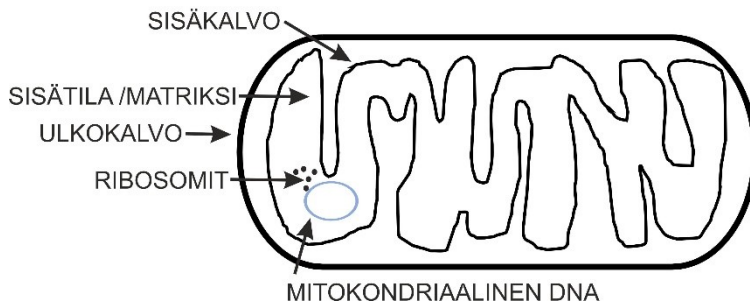
Tehtävä 3. MITOKONDRIO (max. 25 p.)

Kysymykset perustuvat lukion oppimäärään sekä valintakokeessa jaettuun aineistoon.

3.1 Piirrä mitokondrio, ja nimeä piirtämäsi rakenteet.

Vastauksessa tulee ilmetä riittäväällä tarkkuudella seuraavat asiat:

MITOKONDRION RAKENNE



Mitokondriokuva, johon on selkeästi merkittynä seuraavat osat:

- ulkokalvo eli kaikkein ulommais in kalvo, johon nuoli osoittaa
- sisäkalvo eli sisempi kiemurainen kalvo, johon nuoli osoittaa,
- sisätila/ matriksi, eli kiemuraisen kalvo, jonka sisäosaan nuoli osoittaa
- mitokondriaalinen DNA, joka on rengasmaisen, ja sijoittuu sisäkalvon / matriksin keskelle, nuoli tähän rakenteeseen

ribosomi / ribosomit eli pyöreitä pistemäisiä rakenteita, jotka sijoittuvat sisäkalvon / matriksin keskelle, nuoli tähän rakenteeseen

/ 5 p.

3.2 Jos happea on saatavilla, niin miten glukoosi prosessoidaan solulimassa?

Vastauksessa tulee käsitellä riittäväällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Glukoosimolekyyli pilkkoutuu glykolyysi-reaktiossa kahdeksi pyruvaatiksi.

Reaktiossa vapautuu energiaa/ $ADP \rightarrow ATP$

/ 3 p.

3.3 Mitä glukoosista muodostuu lihaksissa hapettomissa olosuhteissa?

Vastauksessa tulee käsitellä riittäväällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Tapahtuu maitohappokäymistä, eli glykolyysissä muodostuneisiin pyruvaatteihin sitoutuu vetyä/ NADH hapettuu / pyruvaatti pelkistyy, ja syntyy maitohappoa / laktaattia.

/ 3 p.

3.4 Miten elektronit sitruunahappokierrosta eli Krebsin syklistä siirtyvät hengitysketjuun?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

NADH:n pitää diffundoitua / kulkeutua diffuusiolla elektroninsiirtoketjuun.

Sukkinaatti dehydrogenaasi eli entsyymi, joka katalysoi FAD:n pelkistymistä

FADH₂:ksi on itse osa Krebsin sykliä.

/ 4 p.

3.5 Hengitysketju ei ole täydellinen, joten protoneja ja elektroneja voi vuotaa elektroninsiirtoketjun ohi. Millaisia seurauksia tästä voi olla?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Protonien ohivuoto synnyttää lämpöä.

Seurauksena alhaisempi kalvojännite.

Jonka seurauksena syntyy vähemmän ATP:tä, eli energiantuotanto häiriintyy

Elektronien vuoto johtaa superoksidien syntyyn, jolloin vapaat elektronit siirtyvät suoraan hapelle.

Superoksidi on vahingollista soluille, ja voi edesauttaa syövän syntyä tai edistää ikääntymistä.

/ 5 p.

3.6 Kun kipulääke demerolia lisätään aktiivisesti toimivia mitokondrioita sisältävään suspensioon, suhteet NADH/NAD⁺ sekä Q/QH₂ kasvavat. Mitä elektroninsiirtoketjun kompleksia demeroli estää? Perustelee vastauksesi lyhyesti.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Demeroli estää elektroninsiirron NADH:lta Q:lle. NADH:n konsentraatio lisääntyy, koska sitä ei hapeteta NAD⁺:ksi kompleksissa I.

Q:n konsentraatio kasvaa, koska sitä ei pelkistetä kompleksissa I. Q ei luovuta elektroneja / elektronien luovutus koentsyymi Q:lle häiriintyy.

/ 5 p.

Tehtävä 4: MITOKONDRIO (max. 25 p.)

Kysymykset perustuvat lukion oppimäärään sekä valintakokeessa jaettuun aineistoon.

4.1. Merkitse rastilla (X) ruudukkoon mitkä elektroninsiirtoketjun proteiineista vastaavat protonien siirtämisestä mitokondrion sisäkalvon ja ulkokalvon väliseen tilaan? (väärä vastaus -1p)

kompleksit II ja V	
kompleksit I, III, IV	X
kompleksit II, III ja V	
kompleksit I, III ja V	

/ 2 p.

4.2. Merkitse numeroin 1–4 ruudukkoon elektronien oikea kulkeutumisjärjestys mitokondrion elektroninsiirtoketjun proteiinien läpi. (väärä vastaus -1p)

Koentsyymi Q-sytokromi c redukaasi välittää elektronit sytokromi c:lle.	3
Koentsyymi Q luovuttaa elektroninsa kompleksi III:lle.	2
Sytokromioksidaasi katalysoi hapen pelkistymisen vedeksi.	4
Sukkinaatti - kompleksi II:n ja NADH:n läpi ja kompleksi I:n kautta - luovuttaa elektronit koentsyymi Q:lle.	1

/ 2 p.

4.3. Merkitse rastilla (X) ruudukkoon millaisia kemiallisia ominaisuuksia elektroninsiirtoketjun kompleksi II:n ulkopinnan aminohapoilla on syytä olla mitokondrion membraanin kohdalla? (väärä vastaus -1p)

Hydrofobisia	X
Hydrofiilisiä	
Polaarisia	
Positiivisia varauksia	

/ 2 p.

4.4. Merkitse rastilla (X) ruudukkoon oikea vastaus: Elektroninsiirtoketjussa elektronit ottaa viimeisenä vastaan (väärä vastaus -1p)

NAD+	<input type="checkbox"/>
Pyruvaatti	<input type="checkbox"/>
ADP	<input type="checkbox"/>
Happi	<input checked="" type="checkbox"/>

/ 2 p.

4.5. Kerro mitokondriaalisesta DNA:sta, sen sisältämistä geneista ja periytymisestä. Kerro myös mitokondriaalisesti periytyvien haitallisten alleelien fenotyypeistä.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:
Mitokondriolla on oma rengasmainen DNA, joka jakautuu itsenäisesti.
Mitokondrioiden DNA sisältää vain muutamia kymmeniä geenejä.
Mitokondriaalisen DNA:n mutaationopeus on kymmenkertainen kromosomaaliseen DNA:han verrattuna.
Lapsi perii mitokondriot äidiltänsä.
Jokaisessa munasolussa on useita mitokondrioita, joten mitokondriaalisesti periytyneiden mutanttialleelien määrä vaihtelee.
Koska haitallisten alleelien vaikutus riippuu niiden määrästä, on samasta sairaudesta usein monenasteisia fenotyyppejä.
Mitokondriaaliset geenit ovat soluhengityksen kannalta tärkeitä.
Pisteen saa myös, jos kuvailee mitokondrion geenivirheen aiheuttamien sairauksien piirteitä (esim. silmäoireiden yleisyys), kertoo äitilinjan merkityksestä periytymistutkimuksissa, mainitsee mitokondrion DNA:n ja endosymbioositeorian yhteyden tai tietää jonkin mitokondrion DNA:n tai genomien erityispiirteen kuten intronien puuttumisen.

/ 7 p.

4.6. Esitä seuraavien laskutehtävien tärkeimmät välivaiheet laskun alla annetussa tilassa.

- a) Laske protoneja mitokondrion sisämembraanin läpi liikuttava voima 25 °C lämpötilassa, kun sähköinen potentiaaliero on -0,18 V eli -0,18 J/C, pH ulkopuolella on 6,7 ja sisäpuolella 7,4. Käytä seuraavaa kaavaa tämän voiman (Gibbsin vapaan energian) laskemiseen: $\Delta G = F\Delta\Psi - 2,303RT\Delta\text{pH}$, jossa Faradayn vakio $F = 96500 \text{ C/mol}$ ja kaasuvakio $R = 8,314 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Ensimmäinen termi $F\Delta\Psi$ on -17370 J/mol (tai -17,37 kJ/mol)

Toiseen termiin sijoitetaan $T=298 \text{ K}$ sekä pH-ero (0,7).

Täten toisen termin summaksi saadaan -3994 J/mol.

Yhteensä -21364 J/mol.

ΔG on negatiivinen mahdolliselle reaktiolle, mutta voima pitäisi ilmoittaa positiivisena lukuna eli 21 kJ/mol (tämän seikan puuttumisesta ei vähennetä pisteitä).

/ 7 p.

- b) Mitkä prosenttiosuudet energiasta ovat varausgradientin ja pH-gradientin aiheuttamia?

Vastauksessa tulee käsitellä riittävällä tarkkuudella seuraavia asioita:

Varausgradienttia edustaa ensimmäinen termi ja pH-gradienttia toinen termi.

Prosenttilaskulla näiden osuuksiksi saadaan 81,3% ja 18,7 %.

/ 3 p.

