

LÄÄKETIETEELLISTEN ALOJEN VALINTAKOE
24.5.2013

VASTAUSANALYYSI

Vastausanalyysi julkaistaan välittömästi valintakokeen päätyttyä. Vastausanalyysin tavoitteena on antaa valintakokeeseen osallistuville yleisluonteinen kuvaus kunkin valintakoetehtävän osalta arvostelun perusteena käytettävistä keskeisimmistä asiasisällöistä. Analyysi on suuntaa antava, ei täydellinen mallivastaus. Lääketieteelliset tiedekunnat varaavat oikeuden täsmentää pisteytystä ja pisteytykseen vaikuttavia yksityiskohtia.

TEHTÄVÄKOHTAISET MAKSIMIPISTEET:

| | | | | | | | | |
|----|------|----|------|----|------|----|----------|-------|
| 1 | 22 p | 2 | 12 p | 3 | 11 p | 4 | 4 p | |
| 5 | 5 p | 6 | 5 p | 7 | 6 p | 8 | 9 p | |
| 9 | 15 p | 10 | 9 p | 11 | 10 p | 12 | 12 p | |
| 13 | 7 p | 14 | 8 p | 15 | 10 p | 16 | 11 p | |
| | | | | | | | Yhteensä | 156 p |


Lääketieteellisten alojen valintakoe 24.5.2013
VASTAUSLOMAKE, TEHTÄVÄT 1-6

Tummenna lyijykynällä (●) selkeästi vastauslomakkeesta oikeana pitämäsi vaihtoehto. Mikäli haluat vaihtaa tai poistaa jo tummentamasi vastausvaihtoehdon, tee se **pyyhukumilla**. Tee merkinnät huolellisesti.

Epäselvät tai tulkinnanvaraiset merkinnät tulkitaan vastaamattomiksi kohdiksi. Vastauslomake käsitellään optisella lukulaitteella, joten on erittäin tärkeää, että merkittiset vastauksesi ohjeiden mukaisesti. Vastauslomakkeita ei saa lisä, vaan niitä on ainoastaan yksi kpl/hakija.

Vastausmalli: merkitse vastauksesi näin: ●

HENKILÖTUNNUS:

| pv | kk | vv | tunnusosa |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 2 |
| 3 | 0 | 0 | 3 |
| 4 | 0 | 0 | 4 |
| 5 | 0 | 0 | 5 |
| 6 | 0 | 0 | 6 |
| 7 | 0 | 0 | 7 |
| 8 | 0 | 0 | 8 |
| 9 | 0 | 0 | 9 |

| | | |
|----------------------|---|---|
| <input type="text"/> | | |
| 0 | A | M |
| 1 | B | N |
| 2 | C | P |
| 3 | D | R |
| 4 | E | S |
| 5 | F | T |
| 6 | H | U |
| 7 | J | V |
| 8 | K | W |
| 9 | L | X |
| | M | Y |

NIMI (tikkukurjaimin):

Sukunimi

Etunimet

| TEHTÄVÄ 1 | | | |
|-----------|----------|----------|----------|
| Oikein | Oikein | Oikein | Oikein |
| A | D | H | K |
| 1 | 30 | 64 | 97 |
| 2 | 31 | 65 | 98 |
| 3 | 32 | 66 | 99 |
| 4 | 33 | 67 | 100 |
| 5 | 34 | 68 | 101 |
| 6 | 35 | 69 | 102 |
| 7 | 36 | 70 | 103 |
| 8 | 37 | 71 | 104 |
| 9 | 38 | 72 | 105 |
| 10 | 39 | 73 | 106 |
| B | E | I | |
| 11 | 40 | 74 | |
| 12 | 41 | 75 | |
| 13 | 42 | 76 | |
| 14 | 43 | 77 | |
| 15 | 44 | 78 | 108 |
| 16 | 45 | 79 | 109 |
| 17 | 46 | 80 | 110 |
| 18 | 47 | 81 | 111 |
| 19 | 48 | 82 | 112 |
| 20 | 49 | 83 | 113 |
| C | F | M | |
| 21 | 50 | 84 | 114 |
| 22 | 51 | 85 | 115 |
| 23 | 52 | 86 | 116 |
| 24 | 53 | 87 | 117 |
| 25 | 54 | 88 | 118 |
| 26 | 55 | 89 | 119 |
| 27 | 56 | 90 | 120 |
| 28 | 57 | 91 | 121 |
| 29 | 58 | 92 | 122 |
| | 59 | 93 | 123 |
| | 60 | 94 | 124 |
| | 61 | 95 | 125 |
| | 62 | 96 | 126 |
| | 63 | | 127 |

| TEHTÄVÄ 2 | |
|-----------|---------|
| Tosi | Epätosi |
| O | |
| 128 | |
| 129 | |
| 130 | |
| 131 | |
| 132 | |
| P | |
| 133 | |
| 134 | |
| 135 | |
| 136 | |
| 137 | |
| 138 | |
| 139 | |
| 140 | |
| 141 | |
| 142 | |
| Q | |
| 143 | |
| 144 | |
| 145 | |
| 146 | |
| 147 | |
| 148 | |
| 149 | |
| 150 | |
| 151 | |
| 152 | |
| 153 | |
| 154 | |
| 155 | |

| TEHTÄVÄ 3 | |
|-----------|---------|
| Tosi | Epätosi |
| R | |
| 156 | |
| 157 | |
| 158 | |
| 159 | |
| 160 | |
| 161 | |
| 162 | |
| 163 | |
| 164 | |
| 165 | |
| 166 | |
| 167 | |
| 168 | |
| 169 | |
| S | |
| 170 | |
| 171 | |
| 172 | |
| 173 | |
| 174 | |
| 175 | |
| 176 | |
| T | |
| 177 | |
| 178 | |
| 179 | |
| 180 | |

| TEHTÄVÄ 4 | | | |
|-----------|----------|----------|----------|
| Vaihe A-D | | | |
| U | A | B | C |
| 181 | | | |
| 182 | | | |
| 183 | | | |
| 184 | | | |

| TEHTÄVÄ 5 | | | | | | |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lääkeaine A-F | | | | | | |
| V | A | B | C | D | E | F |
| 185 | | | | | | |
| 186 | | | | | | |
| 187 | | | | | | |
| 188 | | | | | | |
| 189 | | | | | | |
| 190 | | | | | | |
| 191 | | | | | | |
| 192 | | | | | | |
| 193 | | | | | | |
| 194 | | | | | | |
| 195 | | | | | | |
| 196 | | | | | | |

| TEHTÄVÄ 6 | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Titrauskäyrän kohta A-G | | | | | | |
| X | A | B | C | D | E | F |
| 197 | | | | | | |
| 198 | | | | | | |
| 199 | | | | | | |
| 200 | | | | | | |
| 201 | | | | | | |
| 202 | | | | | | |
| 203 | | | | | | |
| 204 | | | | | | |

| TEHTÄVÄ 6 | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Titrauskäyrän kohta A-G | | | | | | |
| Y | A | B | C | D | E | F |
| 205 | | | | | | |
| 206 | | | | | | |
| 207 | | | | | | |
| 208 | | | | | | |
| 209 | | | | | | |
| 210 | | | | | | |
| 211 | | | | | | |
| 212 | | | | | | |
| 213 | | | | | | |
| 214 | | | | | | |

Tehtävä 7**6 p****a)** (2 p)

Oikea vaihtoehto, 3. *muuttuu negatiiviseen suuntaan.*

Vastaus voidaan päätellä Nernstin yhtälön avulla. Normaalitilassa solun ulkopuolinen K^+ -pitoisuus on pienempi kuin solun sisäinen. Jos pitoisuusgradientti vielä kasvaa (solun sisä- ja ulkopuolisen liuoksen pitoisuusero kasvaa, kun solun ulkopuolista K^+ -pitoisuutta lasketaan), muuttuu K^+ -ionin tasapainojännite negatiiviseen suuntaan.

b) (2 p)

Oikea vaihtoehto, 1. *ei ole sama kuin K^+ -ionin tasapainojännite.*

Perustelu: Lepotilassa solukalvo läpäisee myös muita ioneja. Lepotilassa solukalvon läpäisevyys on suurin K^+ -ionille ja siksi lepokalvojen jännite on lähellä K^+ -ionin tasapainopotentiaalia, mutta ei sama kuin se.

c) (2 p)

Ei pidä paikkaansa. Kuten aineistotekstin luvun *Verkkokalvon keskiosan rappeutuminen (makuladgeneraatio)* viimeisellä rivillä mainitaan, gangliosolut säilyvät makuladegeneraatiossa toimintakykyisinä. Makuladegeneraatio ei siten vaikuta hermosolujen Na^+ -kanavien aukeamisen todennäköisyyteen.

Tehtävä 8

9 p

- a) (2 p)
 Hooken lain mukaan jousen puristuma (x) riippuu lineaarisesti josta kuormittavasta voimasta (F):

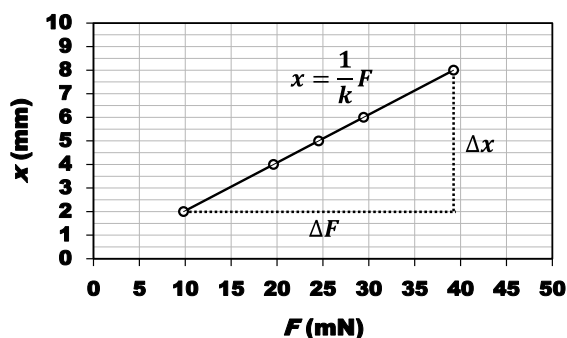
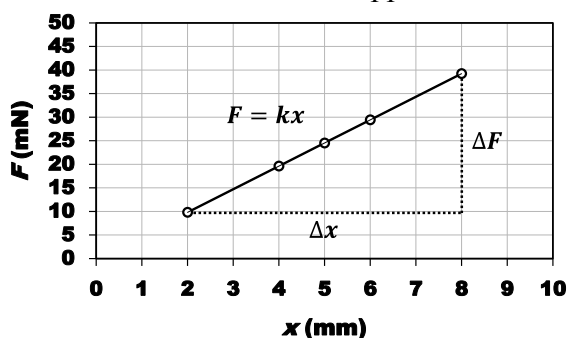
$$F = kx,$$

missä verrannollisuuskerroin k on jousivakio.

Punnuksen massa (m) aiheuttaa jouseen sen painovoiman suuruisen voiman ($F = mg$), jolloin voidaan laskea punnuksen aiheuttama voima eri massoilla:

| x (mm) | m (g) | F (N) |
|----------|---------|------------------------|
| 2,0 | 1,0 | $9,810 \cdot 10^{-3}$ |
| 4,0 | 2,0 | $19,620 \cdot 10^{-3}$ |
| 5,0 | 2,5 | $24,525 \cdot 10^{-3}$ |
| 6,0 | 3,0 | $29,430 \cdot 10^{-3}$ |
| 8,0 | 4,0 | $39,240 \cdot 10^{-3}$ |

Piirretään josta kuormittava voima (F) puristuman (x) funktiona xy -koordinaatistoon, jolloin voidaan todeta lineaarinen riippuvuus:



Eli jousi noudattaa Hooken lakia.

- b) (7 p)
 Jousivakio (k) saadaan suoraan kuvaajan kulmakertoimesta:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{(39,240 - 9,810) \cdot 10^{-3} \text{ N}}{(8,0 - 2,0) \cdot 10^{-3} \text{ m}} \approx 4,905 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Vastaavasti, jos on piirretty puristuma voiman funktiona, saadaan jousivakio kulmakertoimen käänteisluvusta.

Tonometrilla painetaan silmän pintaa sellaisella voimalla, että silmän pinta juuri ja juuri ”litistyy” tonometrin sylinterimäisen pään alle. Tonometrin halkaisija (johdantotekstistä) on 3,06 mm, jolloin silmää kuormittava pinta-ala (A) on

$$A = \pi r^2 = \pi \cdot \left(\frac{3,06 \text{ mm}}{2}\right)^2 \approx 7,3542 \text{ mm}^2 = 7,3542 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Imbert-Fickin lain mukaan tässä tilanteessa silmänpaineen aiheuttama vastavoima on yhtä suuri kuin tonometrin aiheuttama puristusvoima. Tämä voima riippuu nyt Hookeen lain mukaan jousivakiosta (k) ja jousen puristumasta (x), jolloin saadaan silmänpaineen yhtälöksi

$$p = \frac{F}{A} = \frac{kx}{A}$$

Koska jousen puristumaksi mitattiin 4,8 mm, voidaan laskea potilaan silmänpaine SI-yksiköissä:

$$p = \frac{kx}{A} = \frac{4,905 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{7,3542 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} \approx 3201,4 \text{ Pa} \approx 3,2 \text{ kPa}$$

Jotta voidaan verrata mitattua silmänpainetta johdantotekstissä annettuihin normaalirajoihin, tulee saatu silmänpaine arvo muuttaa elohopeamillimetreiksi.

Koska yksi elohopeamillimetri (mmHg) tarkoittaa yhden millimetrin korkuisen elohopeapatsaan aiheuttamaa painetta, voidaan elohopean tiheyden avulla laskea paineelle muuntokerroin:

$$1 \text{ mmHg} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho(\text{Hg}) \cdot V \cdot g}{A} = \frac{\rho(\text{Hg}) \cdot A \cdot \overset{1 \text{ mm}}{h} \cdot g}{A} = \rho(\text{Hg}) \cdot g \cdot 0,001 \text{ m},$$

missä A on elohopeaa sisältävän putken/säiliön pohjan pinta-ala (huom. pinta-ala ei vaikuta millään tavalla paineeseen mmHg-yksiköissä). Sijoittamalla yllä olevaan kaavaan elohopean tiheys ($13,534 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) sekä putoamiskiihtyvyyden ($9,81 \text{ m/s}^2$), saadaan lopullinen numeerinen muuntokaava

$$1 \text{ mmHg} = 13,534 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,001 \text{ m} \approx 132,769 \text{ Pa}$$

Muunnetaan silmänpaine mmHg-yksiköiksi:

$$p(\text{mmHg}) = \frac{p(\text{Pa})}{132,769 \frac{\text{Pa}}{\text{mmHg}}} = \frac{3201,4 \text{ Pa}}{132,769 \frac{\text{Pa}}{\text{mmHg}}} \approx 24,11 \text{ mmHg} \approx 24 \text{ mmHg}$$

Johdantotekstin mukaan normaalin silmänpaineen yläraja on 21 mmHg. Näin ollen potilaan silmänpaine ei ole normaalirajoissa, vaan se on koholla.

Tehtävä 9**15 p**

a)

(4 p)

$$P_{\text{Na}^+ - \text{max}} = \lim_{[\text{cGMP}] \rightarrow \infty} \frac{[\text{cGMP}]^{1,66} \cdot 2,00}{[\text{cGMP}]^{1,66} + (32,6 \mu\text{M})^{1,66}} = 2,00 \Rightarrow \frac{P_{\text{Na}^+ - \text{max}}}{2} = 1,00$$

$$P_{\text{Na}^+} = 1,00 = \frac{[\text{cGMP}]^{1,66} \cdot 2,00}{[\text{cGMP}]^{1,66} + (32,6 \mu\text{M})^{1,66}}$$

$$\Rightarrow 2,00 \cdot [\text{cGMP}]^{1,66} = 1,00 \cdot [\text{cGMP}]^{1,66} + 1,00 \cdot (32,6 \mu\text{M})^{1,66}$$

$$\Leftrightarrow 2,00 \cdot [\text{cGMP}]^{1,66} - 1,00 \cdot [\text{cGMP}]^{1,66} = 1,00 \cdot (32,6 \mu\text{M})^{1,66}$$

$$\Leftrightarrow 1,00 \cdot [\text{cGMP}]^{1,66} = 1,00 \cdot (32,6 \mu\text{M})^{1,66}$$

$$\Leftrightarrow [\text{cGMP}]^{1,66} = (32,6 \mu\text{M})^{1,66}$$

$$\Leftrightarrow \underline{\underline{[\text{cGMP}] = 32,6 \mu\text{M}}}$$

b)

(11 p)

10 rodopsiinia · 100,0 G_t/rodopsiini · 1 PDE/G_t
 = 1,000 · 10³ PDE-molekyyliä aktivoituu

1,000 · 10³ PDE · 100,0 cGMP-molekyyliä/PDE/s · 1,00 s
 = 1,00 · 10⁵ cGMP-molekyyliä hydrolysoidaan

n(cGMP) alkutilanteessa: 6,12 · 10⁻⁶ mol/l · 30,00 · 10⁻¹⁵ l · N_A = 1,1057 · 10⁵ (kpl)

n(cGMP) lopputilanteessa: 1,1057 · 10⁵ (kpl) - 1,00 · 10⁵ (kpl) = 1,0567 · 10⁴ (kpl)

[cGMP] lopputilanteessa: 1,0567 · 10⁴ (kpl) / N_A / 30,00 · 10⁻¹⁵ l = 0,58490 μM

P_{Na⁺} lopputilanteessa:

$$P_{\text{Na}^+} = \frac{(0,58490 \mu\text{M})^{1,66} \cdot 2,00}{(0,58490 \mu\text{M})^{1,66} + (32,6 \mu\text{M})^{1,66}} = \underline{\underline{0,0025229}}$$

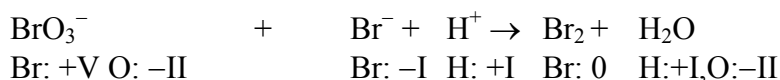
Kalvopotentiaali lopputilanteessa:

$$E_m = -\frac{RT}{F} \ln \frac{2,00 \cdot 110,0\text{mV} + 0,0025229 \cdot 20,0\text{mV}}{2,00 \cdot 5,00\text{mV} + 0,0025229 \cdot 140,0\text{mV}}$$

$$\Leftrightarrow E_m = -\frac{RT}{F} \ln \frac{220,0\text{mV} + 0,0025229 \cdot 20,0\text{mV}}{10,0\text{mV} + 0,0025229 \cdot 140,0\text{mV}} = \underline{\underline{-81,7 \text{ mV}}}$$

Tehtävä 10**9 p**

Reaktion 1 tasapainotus hapetuslukujen avulla:

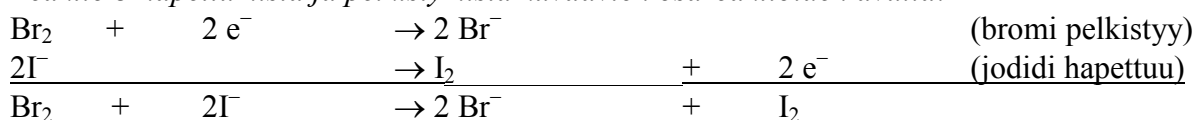


Br (+V) pelkistymiseen tarvitaan viisi elektronia \Rightarrow viiden bromidi-ionin on hapetuttava. Lopputuotteessa on tällöin kolme bromimolekyyliä ja lähtöaineissa on viisi bromidi-iona. Tasapainotetaan vety ja happi: hapetta reaktiotuotteissa on vain vesimolekyylissä, joten sen eteen liitetään kerroin 3 ja lähtöaineisiin vetyionien eteen puolestaan kerroin 6.



Reaktio 1 voidaan tasapainottaa myös osareaktioiden avulla.

Reaktio 3 hapettumista ja pelkistymistä kuvaavien osareaktioiden avulla:



Laskutehtävä

(reaktio 1)

$$n(\text{Br}_2) = 3 \cdot V(\text{KBrO}_3) \cdot c(\text{KBrO}_3) = 3 \cdot 20,00 \text{ ml} \cdot 0,01502 \text{ mol/L} = 0,9012 \text{ mmol}$$

Titratu I₂ (reaktio 4)

$$n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \frac{1}{2} \cdot 13,03 \text{ ml} \cdot 0,1013 \text{ mol/L} = 0,65996 \dots \text{ mmol}$$

(reaktio 3)

$$n(\text{I}_2) = n(\text{reagoimaton Br}_2) \Rightarrow \text{näyte kulutti Br}_2\text{:a}$$

$$(0,9012 - 0,65996 \dots) \text{ mmol} = 0,24123 \dots \text{ mmol}$$

(reaktio 2)

$$m(\text{sulfaniiliamidi}) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{Br}_2) \cdot M(\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2) = \frac{1}{2} \cdot 0,24123 \dots \text{ mmol} \cdot 172,21 \text{ g/mol} = 0,020771 \dots \text{ g}$$

$$\text{Alkuperäisessä näyteliuoksessa } m(\text{sulfaniiliamidi}) = (50,00 \text{ ml} / 10 \text{ ml}) \cdot 0,020771 \dots \text{ g} = 0,10385 \dots \text{ g}$$

$$m\text{-\% näytteessä} = (0,10385 \dots \text{ g} / 0,1562 \text{ g}) \cdot 100\% = \mathbf{66,49 \%}$$

Tehtävä 11**10 p**

a) (6 p)

Sukupu 1 edustaa suomalaista väestöä. (Suomessa avokulmaglaukooman periytyvyys väestötasolla on 10–13%; prosenttiluvut eivät ole laskettavissa esimerkkisukupuusta, koska se kuvaa glaukoomaa sairastavaa sukua.) Vanhempien (I/ 1 ja 2) jälkeläisistä 5 naista ja 3 miestä on perinyt sairauden vanhemmiltaan, mikä sopii aineistotekstissä kuvattuun suomalaiseen kaksostutkimukseen. (Henkilöllä IV/10 on kohonnut silmänpaine, mutta ei avokulmaglaukoomaa.) (1 p)

Sukupu 2 edustaa Barbadosen afrikkalaisperäistä väestöä. Vanhempien (I/ 1 ja 2) jälkeläisistä sairauden on perinyt 7 naista ja 3 miestä, mikä sopii aineistotekstin kuvaukseen sairauden yleisyydestä naisilla sekä periytyvyydestä eritoten äitien välityksellä. (Myös sairauden periytymistapa (ks. alla) vahvistaa sukupuun edustavan barbadoslaista väestöä.) (1 p)

Periytymistapa

Suomalaisessa suvussa sairauden aiheuttaa autosomaalinen dominoiva alleeli; kaikissa sukupolvissa on sairaita ~50 %. Koska I-sukupolven kantaäiti (I/2) on oireeton (terve), sairausalleeli on peritty isältä. II-sukupolvessa poika II/1 on sairastunut, joten periytyminen ei ole X-kromosomaalista. Y-kromosomaalinen periytyminen ei ole mahdollinen, koska myös tyttäret sairastuvat avokulmaglaukoomaan. Se, että I-polven isä olisi homotsygootti sairausalleelin suhteen ja äiti alleelin kantaja, ei tule kysymykseen, koska tauti periytyy IV sukupolven asti sellaisten avioliittojen kautta, joissa aina toinen aviopareista on terve. (Miesten III/5 ja IV/8 sairastuminen ei ole kyseisen alleelin aiheuttamaa; ks. kohta b). (3 p)

Barbadoslaisessa suvussa sairausalleeli on dominoiva (sairaita perillisiä ~50%) ja se on kytkeytynyt X-kromosomiin, koska se periytyy isältä I/1 vain tyttärille. Äideiltä sairaus periytyy sekä pojille että tytöille. (1 p)

b) (4 p)

Sukulaisten välisiin eroihin avokulmaglaukooman ilmaantumisessa vaikuttavat perinnölliset ja ei-perinnölliset tekijät. Glaukooma on monitekijäsairaus, jonka riskitekijä on mm. ikääntyminen. Kuten sukupuun 1 henkilöt III/5 ja IV/8 osoittavat, glaukooma voi ilmaantua myös ilman tunnistettavaa perinnöllistä (geneettistä) taustaa. Monitekijäsairauteen viittaa myös se, että kuvatuissa suvuissa sairauden taustalla on kahden eri geenin mutaatio. (2 p)

Väestöryhmien välisten erojen taustalla ovat populaatiogeneettiset syyt. Sukupu 1 edustaa eurooppalaiselle väestölle ominaista periytymistyyppiä. Avokulmaglaukooman erilainen periytymistapa Barbadosen afrikkalaisperäisessä väestössä ja toisaalta ero länsiafrikkalaiseen alkuperäisväestöön selittyy perustajavaikutuksella, pullonkaulailmiöllä ja maantieteellisellä isolaatiolla. (2 p)

Tehtävä 12**12 p**

a)

(6 p)

| Numero | Rakenneosa |
|---------------|--|
| 1 | Lasiainen |
| 2 | Müllerin solu |
| 3 | Gangliosolu (näköhermosolu) |
| 4 | Tappisolu |
| 5 | Sauvasolu |
| 6 | Pigmenttisolu |
| 7 | Suonikalvo (choroidea), suonikalvon kapillaareja |
| 8 | Perisytytti |
| 9 | Müllerin solu |
| 10 | Endoteelisoluu |
| 11 | Kapillaari, hiussuoni, (veri/suonen ontelo) |
| 12 | Tiivis soluliitos |

b)

(4 p)

Sisempi kapillaarisuonisto vastaa verkkokalvon neuraalisten kerrosten (poislukien fovea) verenkierrosta ja siinä verenvirtaus on hidasta (hermosoluille tehokas hapen- ja glukoosinsaanti). Ulompi kapillaarisuonisto vastaa pigmenttisolujen ja reseptorisolujen verenkierrosta ja 80 % koko silmän verenkierrosta; verenvirtaus siinä on nopeaa (pysyvästi korkea, >90 %, happikyllästeisyysaste). Ulomman kapillaarisuoniston tyvikalvo on aukollinen ja siten suhteellisen läpäisevä. Sisemmässä kapillaarisuonistossa veri-verkkokalvoesteen muodostavat endoteelisolujen väliset tiiviit liitokset, tyvikalvo, perisytyttisolut sekä hermosolujen, gliasolujen ja Müllerin solujen ulokkeet. Ulomman veri-verkkokalvoesteen muodostavat Bruchin kalvo, pigmenttisolut ja pigmenttisolujen väliset tiiviit soluliitokset.

c)

(2 p)

Kuivassa makuladegeneraatiossa ei tapahdu verisuonimuutoksia. Nesteisessä makuladegeneraatiossa Bruchin kalvon paksuuntuminen aiheuttaa hypoksiaa ulommassa verkkokalvon osassa, mistä seuraa VEGF:n ylituotanto pigmenttisoluissa. Tämä aiheuttaa hauraiden (vuotavien) uudisverisuonten kasvua verkkokalvon sisälle Bruchin kalvon läpi. Vuotavat verisuonet aiheuttavat kudoksen kertymistä ja veren tihkumista vauriokohtaan, mikä altistaa tulehdusreaktioille, joihin liittyy verisuonten laajeneminen ja valkosolujen kertyminen.

Tehtävä 13**7 p**

a)

(2 p)

$$\Delta U = I(R_1 + R_2) - IR_1 = \mathbf{IR_2}$$

b)

(5 p)

$$R_a = R_1 = \frac{U_a}{I} = p_a \frac{8\eta x}{\pi r_1^4 p_a} = \frac{8\eta x}{\pi r_1^4}$$

$$R_b = R_1 + R_2 = \frac{U_b}{I} = p_b \frac{8\eta x}{\pi r_2^4 p_b} = \frac{8\eta x}{\pi r_2^4}$$

$$R_2 = R_b - R_a = \frac{8\eta x}{\pi} \left(\frac{1}{r_2^4} - \frac{1}{r_1^4} \right) = \frac{8\eta x}{\pi} \left(\frac{r_1^4 - r_2^4}{r_1^4 r_2^4} \right)$$

$$\Delta U = \Delta p = IR_2 = \frac{8\eta x}{\pi} \left(\frac{r_1^4 - r_2^4}{r_1^4 r_2^4} \right) x \frac{\pi r_2^4 p_b}{8\eta x} = p_b \left(\frac{r_1^4 - r_2^4}{r_1^4} \right)$$

Tehtävä 14**8 p**

Tutkijat päättivät käyttää kolmea eri menetelmää glaukoomapotilaan mahdollisen geenivirheen selvittämiseksi. Potilaalta otettiin verinäyte, josta eristettiin DNA. Tutkimuksia varten DNA-näyte jaettiin kolmeen osaan. Ensimmäisessä tutkimuksessa sekä DNA että plasmidit pilkottiin käyttäen samoja restriktioentsyymejä, jotta saatiin sopivat liitoskohdat yhdistelmä-DNA:ta varten. Pilkotut plasmidit ja DNA:t liitettiin yhteen DNA-polymeraasin avulla, minkä jälkeen kyseinen kantasoluliuos siirrettiin bakteerisoluihin. Soluja kasvatettiin bakteerien lisääntymiselle otollisessa liuoksessa, jolloin myös solujen plasmidimäärä saatiin monistumaan. Kasvatuksen jälkeen solut levitettiin antibioottiresistenteille maljoille, jolloin saatiin selville, missä soluissa liitetty geeni sijaitsee. Halutun geenin sisältävät solut (pesäke) siirrettiin uudestaan kasvamaan sopivaan liuokseen, jossa ne tuottivat CDKN2B-AS1-proteiinia.

Toisessa tutkimuksessa eristettyä DNA:ta monistettiin polymeraasiketjureaktion (PCR) avulla käyttäen monistukseen sopivia alukkeita, nukleiinihappoja, DNA:n kahdentumisessa toimivaa entsyymiä ja vakiolämpötilaa. Monistamisen jälkeen näyte pilkottiin mutaatiokohdan emäsjärjestyksen tunnistavalla restriktioentsyymillä ja ajettiin agarosigeelielektroforeesissa, jossa näytteet liikkuvat sähkövirran avulla genomin määräämässä järjestyksessä kohti negatiivista varausta. Ajon jälkeen eripituiset DNA-palat voitiin havaita UV-valossa oranssinpunaisina juovina, kun geelin värjäämiseen oli käytetty radioaktiivista liuosta. Verrattaessa potilaan DNA:ta geelissä mukana olleisiin, tunnetun pituisiin DNA-paloihin, saatiin selville potilaan fenotyyppi.

Kolmannessa tutkimuksessa DNA:ta sekvensoitiin DNA-mikrosirutekniikalla, jotta saatiin selville aminohappojärjestys PCR-monistuksen jälkeen. Menetelmä perustuu siihen, että monistetaan suuri joukko eripituisia DNA-paloja ja kun ligaasi liittää merkkiaineella leimatun nukleotidin ketjun päähän, DNA-synteesi loppuu, koska leimatun nukleotidin sokeriosasta puuttuu karboksyyliiryhmä. Lopuksi eripituiset DNA-palat analysoidaan elektroforeettisesti joko ohuella geelillä tai automaattisella analysaattorilla kapillaarielektroforeesin avulla. Näin saadaan selville tutkittavan DNA:n massa, ja sitä voidaan verrata geenipankeissa julkaistuihin sekvensseihin.

Tulosten perusteella potilaan genotyyppiä saatiin GG, jonka tiedetään lisäävän alttiutta sairastua avokulmaglaukoomaan.

Tehtävä 15**10 p**

a)

(2 p)

Kaikki silmään absorboituva energia nostaa silmän lämpötilaa. 10,0 minuutin aikana silmän lämpötila nousee:

$$\Delta T = \frac{SAR \cdot t}{c} = \frac{0,40 \text{ W kg}^{-1} \cdot 600,0 \text{ s}}{4190 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}} = 0,05728 \text{ K}$$

Yhtälö voidaan päätellä SAR-arvon määritelmästä tai johtaa lähtien ominaislämpökapasiteetin määritelmästä:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{Pt}{mc} = \frac{SAR \cdot mt}{mc} = \frac{SAR \cdot t}{c}$$

Vastaus: Silmän lämpötila nousee 10,0 minuutin aikana **0,057 °C**.

b)

(3p)

Ratkaistaan aikavakio tehtävässä annetuilla arvoilla:

$$\tau = \frac{(0,0125 \text{ m})^2 998 \text{ kg m}^{-3} \cdot 4190 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}}{2 \cdot 0,60 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}} = 544,482 \text{ s}$$

Sijoitetaan aikavakio Pennesin biolämpöyhtälöön:

$$\Delta T = \frac{0,40 \text{ W kg}^{-1} \cdot 544,482 \text{ s}}{4190 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}} \left(1 - e^{-600 \text{ s} / 544,482 \text{ s}}\right) = 0,03471 \text{ K}$$

Kun silmän aineenvaihdunta on täysin mukautunut lämpökuormaan ($t \rightarrow \infty$):

$$\Delta T = \frac{SAR \cdot \tau}{c} = \frac{0,40 \text{ W kg}^{-1} \cdot 544,482 \text{ s}}{4190 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}} = 0,051979 \text{ K}$$

Vastaus: Silmän lämpötila nousee 10,0 minuutin aikana **0,035 °C**. Silmän lämmönnousun maksimi on **0,052 °C**.

c)

(5 p)

Lasketaan, kuinka kauan kestää ennen kuin silmän lämpötila on noussut 0,150 K

$$\Delta T = \frac{SAR \cdot \tau}{c} \left(1 - e^{-t/\tau}\right) \rightarrow 1 - \frac{\Delta T c}{SAR \cdot \tau} = e^{-t/\tau}$$

$$\rightarrow t = -\tau \ln \left(1 - \frac{\Delta T c}{SAR \cdot \tau}\right) = -544,482 \text{ s} * \ln \left(1 - \frac{0,150 \text{ K} \cdot 4190 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}}{2,0 \text{ W kg}^{-1} \cdot 544,482 \text{ s}}\right) = 468,661 \text{ s}$$

Lasketaan silmän massa, kun silmä on pallo, jonka säde on 1,25 cm:

$$m = \rho V = 998 \text{ kg m}^{-3} \cdot \frac{4}{3} \pi (0,0125 \text{ m})^3 = 8,16487 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

Lasketaan energia, joka silmään absorboituu ajassa t :

$$Q = SAR \cdot mt = 2,0 \text{ W kg}^{-1} \cdot 8,16487 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 468,661 \text{ s} = 7,653 \text{ J}$$

Vastaus: silmään absorboituva kokonaisenergia on **7,7 J**.

Tehtävä 16**11 p**

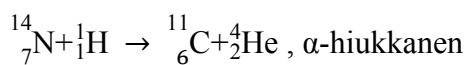
a) (2 p)

$$[X] = \frac{(As)^2 \left(\frac{Vs}{m^2}\right)^2 m^2}{kg} = \frac{(As)^2 (Vs)^2 m^2}{kg \cdot m^2 \cdot m^2} = \frac{J^2 s^2}{kg \cdot m^2} = \frac{J^2}{J} = J$$

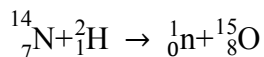
Vaihtoehtoinen tapa ratkaista (joka saadaan lukiokirjoissa olevasta kaavasta $F = qvB$)

$$[X] = \frac{c^2 T^2 m^2}{kg} = \frac{c^2 \left(\frac{N}{c \cdot m/s}\right)^2 m^2}{kg} = \frac{(kg \cdot m/s^2)^2 m^2}{kg \left(\frac{m}{s}\right)^2} = kg \left(\frac{m}{s}\right)^2 = J$$

b) (2 p)



c) (1 p)



d) (4 p)

Lasketaan suoraan aktiivisuuden muutos pullon saapumisen ja ruiskeen antamisen välillä:

Pullossa klo 8:00 $V_0 = 25 \text{ ml}$, $A_0 = 370 \text{ MBq}$ Potilaaseen klo 13:00 $A_{p,13:00} = 150 \text{ MBq}$, $V_p = ?$

$$A_{p,13:00} = A_{p,8:00} e^{-\frac{\ln 2 t}{T_{1/2}}} \Leftrightarrow A_{p,8:00} = A_{p,13:00} e^{\frac{\ln 2 t}{T_{1/2}}} = 150 \text{ MBq} \cdot e^{\frac{\ln 2 \cdot 5 \text{ h}}{6,1 \text{ h}}} \approx 264,751 \text{ MBq}$$

$$V_p = V_0 \frac{A_{p,8:00}}{A_0} \approx 25 \text{ ml} \frac{264,751 \text{ MBq}}{370 \text{ MBq}} \approx 17,889 \text{ ml} \approx \mathbf{18 \text{ ml}}$$

e) (2 p)

$$E = \sum w_R \sum w_T D_T, w_R = 1$$

$$E = 0,05 \cdot 18,0 \text{ mSv} + 0,12 \cdot 2,0 \text{ mSv} + 0,05 \cdot 4,1 \text{ mSv} + 0,78 \cdot 0,30 \text{ mSv} =$$

$$1,579 \text{ mSv} \approx \mathbf{1,6 \text{ mSv}}$$