

Eesti koolinoorte 49. bioloogiaolümpiaad

Lõppvooru küsimustik gümnaasiumile



Eesnimi :

Perekonnanimi :

Kool :

Klass :

Õpetaja :

Teie ees on valikvastustega küsimustik, milles on kokku **50** küsimust. Iga õige vastus annab sõltuvalt küsimuse raskusastmest **0,2** kuni **10** punkti. Vale vastus miinuspunkte ei anna. Kõigile küsimustele õigesti vastamine annab kokku **175 punkti**.

Enne vastama asumist märgi nii küsimustikule kui vastustelehele oma nimi, kool ja klass.

NB ! Igale küsimusele on ainult **üks õige** vastus. Küsimustele vastamisel märgi algul õige vastus ära käesoleval küsimustikul (tee õigele vastusele ring ümber). Küsimustikku täites võid teha ka parandusi ja märkmeid. **Seejärel** kanna oma lõplikud vastused tumeda pasta- või tindipliiatsiga **vastustelehele** (ära kasuta harilikku pliiatsit). **NB !** Hinnatakse ainult vastustelehele kirjutatud vastuseid. Küsimustelehele kirjutatud vastuseid ei hinnata. Seepärast varuge endale aega vastustelehe täitmiseks. **NB!** Küsimuste nr. 1, 35 (I. osa), 36 ja 41 lahtrid on vastustelehel eraldi lehel.

Enamiku küsimuste puhul tuleb tähtedega A, B, C jne. tähistatud väidete hulgast valida teie arvates õige väide ja kanda sellele väitele vastav täht vastustelehel küsimuse ruudukesse. Mõnede küsimuste korral on väited tähistatud numbritega 1, 2, 3 jne. Nendest väidetest on omakorda moodustatud kombinatsioonid tähistega A, B, C jne. Selliste küsimuste korral peate te valima teie arvates õige numbrite kombinatsiooni ja kirjutama sellele kombinatsioonile vastava tähe vastustelehe ruudukesse. Näiteks : A – 3,5,7. Veelkord – ka siin on ainult üks numbrikombinatsioon õige.

NB! Vastustelehel ei tohi teha parandusi.

Küsimustik koosneb kahest osast:

Osa A. Vastamiseks on aega 120 minutit – 10.00 kuni 12.00

Paus 12.00 kuni 12.15

Osa B. Vastamiseks on aega 105 minutit – 12.15 kuni 14.00

Kokku on vastamiseks aega **225 min.**

Jõudu tööle !

A osa

Küsimused 1 – 24

Valdkonnad :

- Botaanika**
- Biokeemia**
- Füsioloogia**
- Geneetika**

I. Botaanika ja taimeökoloogia

Küsimus 1

5 punkti

Vana botaanikaprofessor oli õpilastele koostanud praktikumis uuritava kuue liigi määramiseks lihtsa ja lühikese käsikirjalise dihhotoomse määramistabeli, kuid hommikul üsna unisena ajas ta kohvitassi ümber ja osa määramistabelis olnud tekstist läks laiali ning polnud enam loetav. Kuna praktikum oli kohe algamas polnud professoril enam aega tabelit ümber kirjutada ja õpilased said tabeli all toodud kujul, kus allajoonitud lünkadega on märgitud sõnad, mis olid paberilt maha uhutud. Praktikumis määratavad taimed on toodud alljärgneval joonisel



Võilill



Härjasilm



Valge iminõges



Põldmünt



Kõrvenõges



Raudnõges

Joonis 1

Sinu ülesandeks on määramistabel taastada teades, et:

- 1) määramistabeli abil peab olema võimalik määrata allpool oleval joonisel kujutatud kuute liiki,
- 2) igasse lünka tuleks kirjutada üks sõna või sõnapaar alltoodud loetelust,
- 3) sama sõna või sõnapaari võib olla tarvis kasutada korduvalt
- 4) kõik sõnad või sõnapaarid ei pea kasutatud saama.

Sõnad lünkade täitmiseks:

Võilill, huulhein, kõrvenõges, pääsusilm, viigikactus, põldmünt, raudnõges, valge iminõges, härjasilm, liitsarikas, korvõisik, kobar, tõlvik, terava tipuga, tõmbi tipuga, pügaldunud tipuga, odatipuga, keelõis, putkõis, liblikõis, huulõis, keeljas, putkjas, liblikjas, huuljas.

1. Õied koondunud2
- Õied ei ole koondunud3
2. Ainult _____, kollased.....
- Kollased _____ ja valged
3. Õied _____, taimed ei kõrveta.....4
- Õied ei ole _____, taimed kõrvetavad.....5
4. Õied valged.....
- Õied lillakassinised.....
5. Lehed _____
- Lehed _____

Küsimus 2**3 punkti**

Millised neist võiksid olla konvergentsi näited?

1. kaktus ja piimalill
 2. vesiroos ja vesikupp
 3. rooskapsas, brokoli, nuikapsas ja peakapsas
 4. teeleht ja võilill
- A. ainult 1
 - B. ainult 2
 - C. ainult 3
 - D. ainult 4
 - E. 1,2
 - F. 1,4
 - G. 2,4

Küsimus 3**2 punkti**

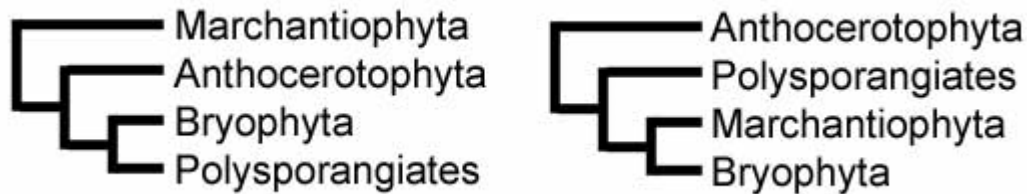
Mis on õige ühisvara tragöödia (*ingl.* tragedy of commons) teooria kohta?

1. teooria olemus on selles, et keegi käib ühise varaga ümber pillavalt, kahju kannatavad aga kõik
 2. teooria olemus on selles, et üksikisenditel on ühisvara võimatu kasutada
 3. teooria olemus on selles, et ühisvara kasutamisel tekivad alati konfliktid
 4. ühisvara tragöödia teooria kehtib ainult inimühiskonnas
 5. ühisvara tragöödia teooria võib kehtida nii taime- kui loomariigis
 6. ühisvara tragöödia kehtib ainult loomariigis
- A. 1,4
 - B. 1,5
 - C. 1,6
 - D. 2,4
 - E. 2,5
 - F. 3,5
 - G. 3,6

Küsimus 4

4 punkti

Joonisel 2 on kujutatud kaks erinevat hüpoteesi maismaataimede rühmade omavaheliste evolutsiooniliste suhete kohta. Nimetuste tähendused on järgnevad: Marchantiophyta – maksasammaltaimed, Anthocerotophyta – kõdersammaltaimed, Bryophyta – lehtsammaltaimed, Polysporangiates – mitteformaalne rühm, nn paljusporangiumilised ehk soontaimed koos arvatavate eellastega.



Joonis 2. Hüpoteesid maismaataimede rühmade evolutsiooniliste suhete kohta.

Evolutsioonilise süstemaatika kohaselt:

Monofüleetiline rühm

Rühm organisme mille hulka kuulub nende viimane ühine eellane ja selle kõik järeltulijad. Määrav ei ole sarnasus või erinevus taksonite vahel vaid ühine päritolu. Näited: imetajad, linnud, putukad, katteseemnetaimed.

Parafüleetiline rühm

Rühm organisme mille hulka kuulub nende kõigi viimane ühine eellane, aga mingi osa järglastest on põhjusel või teisel rühmast välja arvatud. Erinevalt monofüleetilisest taksonist ei kuulu siia **kõik** viimase ühise eellase järglased. Näited: selgrootud, protistid, kalad.

Polüfüleetiline rühm

Rühm organisme mille hulka ei kuulu nende viimane ühine eellane, sageli on tegu erinevat päritolu organismidega. Polüfüleetilised rühmad ei ole loomulikud ja polüfüleetilisuse selgudes rühm klassifitseeritakse ümber. Näited: vetikad, mere imetajad, lendavad selgroogsed, puud.

Sõsarrühmad

Ühe evolutsiooniharu divergeerumisel tekkinud kaks uut monofüleetilist rühma.

Ülaltoodud puudest järeldub:

1. (kõik) samblad on monofüleetiline rühm
2. (kõik) samblad on parafüleetiline rühm
3. (kõik) samblad on polüfüleetiline rühm
4. paljusporangiumiliste sõsarrühm on igal juhul lehtsamblad
5. maksasammalde sõsarrühm on igal juhul lehtsamblad
6. paljusporangiumiliste sõsarrühm on igal juhul kõdersamblad
7. maksasammalde sõsarrühm on igal juhul kõdersamblad
8. sammalde rühmade ja paljusporangiumiste omavahelised suhted ei ole selged

Vastusevariandid:

- A. 1,5,6
- B. 2,4,7
- C. 3,5
- D. 2,8
- E. 1,7

Küsimus 5**3 punkti**

Milliseid vahendeid alljärgnevatest läheb minimaalselt vaja, et uurida 1% ja 10% keedusoola lahuse ja temperatuuri (0°C, 10°C, 20°C) koosmõju herne seemnete idanemisele?

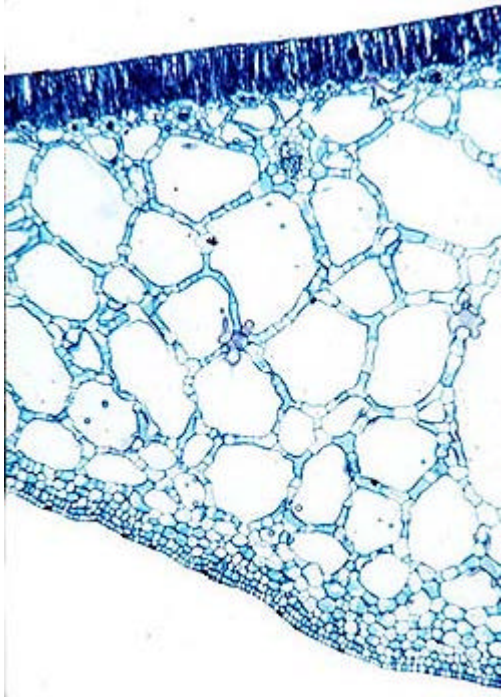
1. 1 Petri tass kuiva liivaga
2. 3 Petri tassi kuiva liivaga
3. 9 Petri tassi kuiva liivaga
4. 1 termokapp, mille temperatuuri saab muuta 0-100°C
5. 3 termokappi, mille temperatuuri saab muuta 0-100°C
6. 9 termokappi, mille temperatuuri saab muuta 0-100°C
7. 100% NaCl lahus, mõõtsilinder ja vesi
8. 100% KCl lahus, mõõtsilinder ja vesi
9. NaCl tahkel kujul, kaal, mõõtsilinder ja vesi
10. KCl tahkel kujul, kaal, mõõtsilinder ja vesi

Vastusevariandid:

- A. 1,4,7
- B. 2,5,8
- C. 2,5,9
- D. 3,6,9
- E. 3,6,10

Küsimus 6**3 punkti**

Joonisel 3 on kujutatud ühe taime lehe ristlõik mikroskoobi all. Millisesse rühma kuulub see taim?



Joonis 3. Taimelehe ristlõik

- A. kserofüüt C4 ainevahetuse ja anatoomiaga
- B. kserofüüt CAM-ainevahetuse ja anatoomiaga
- C. mesofüüt
- D. veesisene hüdrofüüt
- E. ujulehtedega hüdrofüüt

Küsimus 7**3 punkti**

Kolme liiki taimi (X, Y, Z) kasvatati täisvalguses ja kahes varjutustelgis, mis lasid läbi vastavalt 50% ja 10% täisvalgusest. Kaaluti taimede biomass (g).

Tulemused olid järgmised:

Liik	Taimede kaalumisel saadud biomasside aritmeetilised keskmised koos standardhälvetega erinevates valgustingimustes		
	100%	50%	10%
X	10,2 ($\pm 2,2$) g	24,3 ($\pm 1,7$) g	30,6 ($\pm 1,9$) g
Y	30,4 ($\pm 2,3$) g	22,1 ($\pm 1,5$) g	8,9 ($\pm 1,6$) g
Z	14,3 ($\pm 1,5$) g	23,8 ($\pm 2,0$) g	15,4 ($\pm 2,3$) g

Millised järeldused saad katsest teha?

1. 10% läbilaskvusega telgis taimedeni jõudnud valgus jääb kõigi vaadeldud liikide puhul alla nende kasvuks vajaliku valgushulga
2. Liik Y on valgusnõudlik
3. Liik Z on varjulembeline
4. Uuritavad liigid erinevad valgusnõudluselt
5. Kõigi taimeliikide jaoks optimaalne valgushulk on lähedane 50 % läbilaskvusega telgis olevaga

Õige vastus on :

- A. 1, 2, 3
- B. 2, 3, 4
- C. 3, 4, 5
- D. 1, 2, 4
- E. 2, 3, 5

Küsimus 8**2 punkti**

Kloroplastid taimerakkudes on tõenäoliselt tekkinud endosümbioosi teel tsüanobakteritest.

Järgnevalt on toodud hulk fakte kloroplastide kohta :

1. Kloroplastid võivad muunduda kromoplastideks ja vastupidi.
2. Kloroplastidel ja tsüanobakteritel on sarnased pigmendid
3. Kloroplastidel on oma DNA ja ribosoomid
4. Kloroplastid ei ole võimelised *in vitro* iseseisvalt elama ja paljunema
5. Kloroplastid kanduvad paljunemisel edasi emaliini pidi

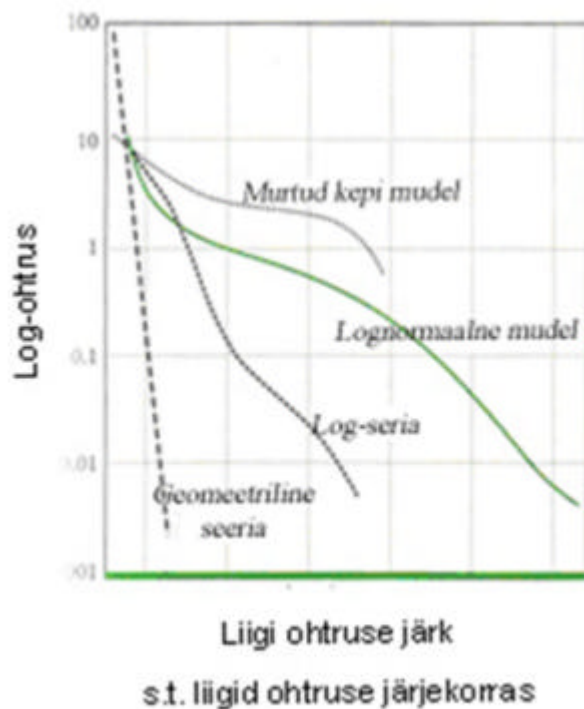
Millised neist viiest faktist on kõige veenvamaks tõestuseks selle kohta, et kloroplastid on tekkinud tsüanobakteritest

- A. 1, 2, 3
- B. 3, 5
- C. 2, 3
- D. 2,4
- E. 4,5

Küsimus 9

5 punkti

Nn. dominantsuse-diversiteedi kõver (joonis 4) on viis komplekselt graafiliselt kujutada eluskoosluse taksonoomilise mitmekesisuse erinevaid tahke – kooselavate taksonite (liikide) arvu ja liikide arvukussuhteid e. suhtelist ohtrust. Graafiku X-teljel järjestatakse liigid ohtruse järjekorras, alates kõige ohtrast. Y-telg mõõdab iga liigi ohtrust logaritmilises skaalas. Liikidele vastavate punktide ühendamisel tekib mingi kujuga graafik. Kuna dominantsuse-diversiteedi kõveral on reeglina mingi kooslustüübi jaoks üpris konstantne ja äratuntav kuju, on kõverat nimetatud ka koosluse sõrmejäljeks. Eristatakse kõvera nelja arhetüüpset kuju, mis vastavad neljale liikide arvukussuhteid genereerivale mõttelisele mudelile, mis omakorda põhinevad paaril lihtsal ning ökoloogiliselt sisukal eeldusel. Need on murtud kepi mudel, lognormaalne mudel, log-seria ning geomeetriline seeria (vastavaid kõveraid näeb allooleval joonisel).



Joonis 4. Erinevad dominantsus-diversiteedi kõverad

Kujutagem nüüd lihtsat olukorda, kus kooslus on hierarhilise struktuuriga, s.t. liigid on järjestatud konkurentsivõime alusel tugevaimast nõrgimani. Kõige tugevam liik on võimeline hõlvama proportsiooni k kõigist saadaolevatest ressurssidest, iga järgnev liik proportsiooni k nendest ressurssidest, mis on tugevamate poolt alles jätud. Seega, esimene liik võtab k , tugevuselt teine $k(1 - k)$, kolmas $k(1 - k)^2$ ja i -s liik $k(1 - k)^{i-1}$ suuruse proportsiooni koguresurssist.

Otsustage graafiku põhjal, millisega neljast mudelist (sõrmejäljest) võiks olla sellise koosluse puhul tegemist (vt. järgmine lehekülg):

Mudelid :

- A. murtud kepi mudel
- B. lognormaalne mudel
- C. log-seeria
- D. geomeetriline seeria

Küsimus 10**3 punkti**

Taimede hulgas on oluliseks elukäigutunnuseks see, kas ebasoodne aastaeg elatakse üle seemnetena või siis säilitatakse mingid vegetatiivsed struktuurid ja jätkatakse järgmisel hooajal kasvu uinud pungadest. Vastavalt on tegemist üheaastaste taimede ning püsikutega. Evolutsioon viib ühe või teise elukäiguni vastavale sellele, milline on seemneproduktatsioon, seemnete ellujäämus ja täiskasvanud taime tõenäosus elada edukalt üle ebasoodne periood.

Üheaastase taime puhul sõltub populatsiooni kasvufaktor $?_a$ (kui mitu korda kasvab populatsioonisuurus võrreldes eelmise aastaga) ühe indiviidi produtseeritud seemnete arvust B_a ja ühe seemne tõenäosusest kasvada täiskasvanud taimeks S_0 (seemnete ellujäämus)

$$?_a = B_a S_0.$$

Püsiku populatsiooni kasvufaktori puhul ($?_p$) lisandub seemnetoodangule (B_p) ja seemne tõenäosusele saada taimeks (S_0) täiskasvanud taime tõenäosus elada järgmise kasvuperioodini S_p (täiskasvanute ellujäämus):

$$?_p = B_p S_0 + S_p.$$

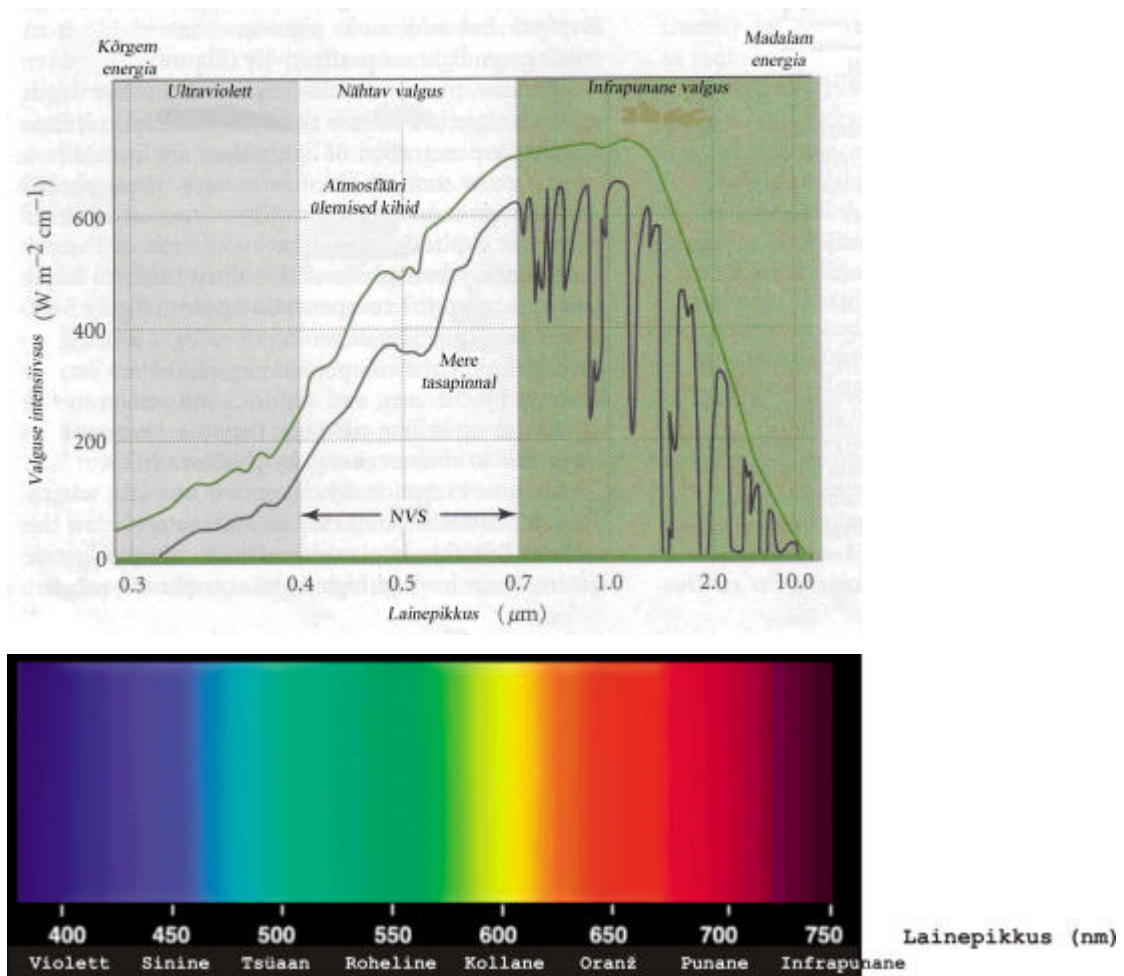
Üheaastase elukäigu suunas viib evolutsioon juhul kui üheaastase strateegia puhul ületab populatsiooni kasvufaktor mitmeaastase strateegia oma. Milline järgnevatest lausetest sõnastab õigesti tingimused, mille puhul on üheaastane elukäik eelistatud:

- A. Üheaastase taime ja mitmeaastase taime seemnetoodangu summa peab ületama täiskasvanute ellujäämuse ja seemnete ellujäämise suhte
- B. Üheaastase taime ja mitmeaastase taime seemnetoodangu vahe peab ületama täiskasvanute ellujäämuse ja seemnete ellujäämise suhte
- C. Üheaastase taime ja mitmeaastase taime seemnetoodangu jagatis peab ületama täiskasvanute ellujäämuse ja seemnete ellujäämise suhte
- D. Üheaastase taime ja mitmeaastase taime seemnetoodangu korrutis peab ületama täiskasvanute ellujäämuse ja seemnete ellujäämise suhte

Küsimus 11

3 punkti

Teatavasti on taimede fotosünteesiaparaadiga seotud pigmendid võimelised absorbeerima ja fotokeemiliselt keemiliseks energiaks konverteerima päikesekiirgust lainepikkusega 400-700 nanomeetrit (0,4-0,7 μm - kattub enam-vähem täpselt nähtava valguse spektriosaga - NVS). Alloleval joonisel näitab roheline graafik päikeselt tuleva kiirguse intensiivsust sõltuvalt lainepikkusest atmosfääri jõudmisel ja must graafik maapinnani jõudmisel.



Joonis 5. Päikesekiirguse intensiivsuse sõltuvus lainepikkusest ja nähtava valguse spekter.

Levinumad pigmendid taimedel on klorofüllid, mis absorbeerivad valdavalt punast ja violetset valgust (peegeldades rohelist ning sinist) ja karotenoidid, mis absorbeerivad sinist ja rohelist valgust (ning peegeldavad kollast ning oranži). Kui taimelehtedes on mõlemat pigменти, paistavad lehed rohelisena.

Vesi absorbeerib valgust seda intensiivsemalt, mida suurem on lainepikkus. Teisalt, vesi hajutab intensiivsemalt lühema lainepikkusega kiirgust ning seetõttu ei jõua sinine ja violetne valgus veekogudes kuigi sügavale. Milline võiks olla süvamere vetikate pigmentatsioon:

- A. ülekaalus klorofüllid
- B. ülekaalus karotenoidid
- C. rakkudes klorofülle ja karotenoide võrdselt

II. Biokeemia

Küsimus 12

2 punkti

Heksokinaas on glükolüüsiraja esimene ensüüm, mis katalüüsib glükoos-6-fosfaadi moodustumist glükoosist ja ATP-st. Vähiravis kasutatav kemikaal lonidamiin toimib heksokinaasi inhibiitorina, takistades glükoos-6-fosfaadi sünteesi heksokinaasi poolt. Lonidamiini lisamisel rakkudele, mis kasvavad süsinikuallikana üksnes glükoosi sisaldaval söötmel, toimub ATP tootmisel rakkudes üks alljärgnevatest muutustest :

- A. Rakud hakkavad ATP-d tootma tsitraaditsükli abil
- B. Rakud käivitavad ATP tootmiseks mitokondriaalse elektrontranspordiahela
- C. ATP tootmine rakkudes lakkab
- D. Rakkudes algab etanoolkäärimine
- E. ATP süntees toimub tänu mitokondriaalsele prootongradiendile, mis moodustub heksokinaasist sõltumatult

Küsimus 13

10 punkti

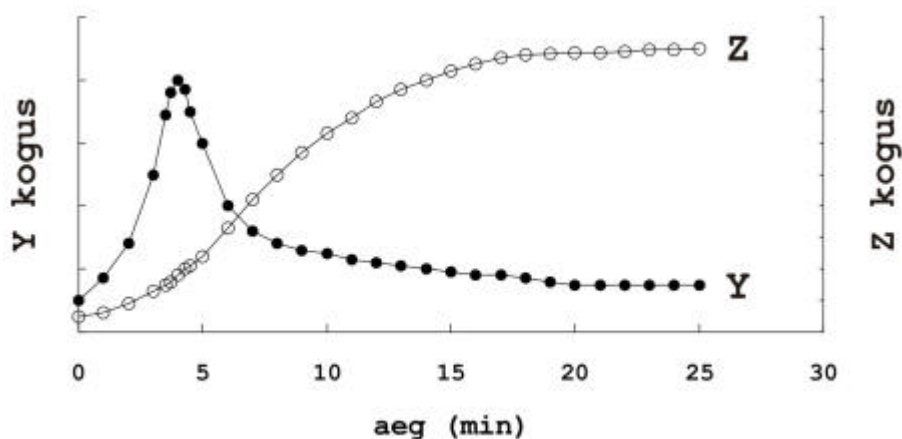
Süsivesikute ainevahetuse regulatsioonis osalevad väga erinevad keemilised ühendid. Nendeks ühenditeks võivad olla hormoonid nagu peptiidhormoonid insuliin ja glükagoon või amiinhormoonid adrenaliin ja dopamiin, mitmed süsivesikute ainevahetuse vaheühendid nagu tsitraat ja püruvaat, samuti tsükliline adenosiinmonofosfaat (cAMP).

Alljärgnevalt on kirjeldatud viite katset ainetega X, Y ja Z roti maksrakkudes. Kõik need kolm ainet osalevad süsivesikute ainevahetuse regulatsioonis. Küsimuse lõpus on toodud 6 varianti selle kohta, mis ainetega on tegemist. Katsete 1 – 5 tulemuste põhjal peate te nende variantide hulgast välja valima ainete X, Y ja Z õige kombinatsiooni.

Katsed

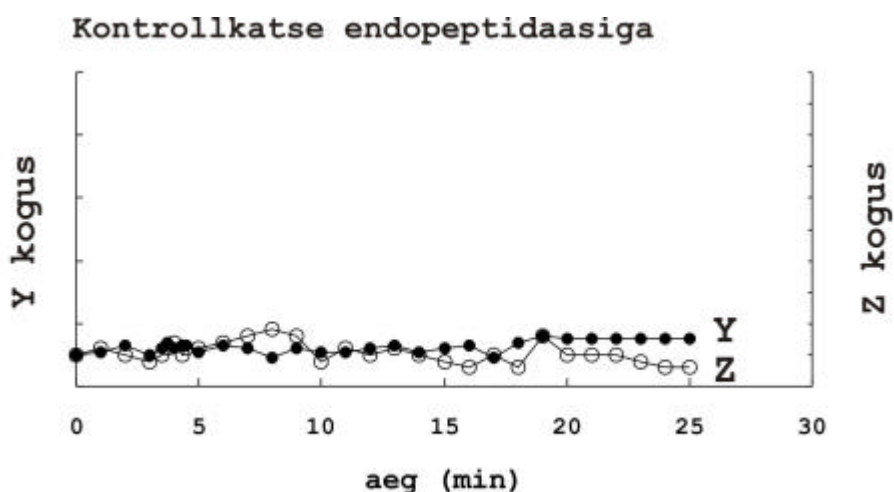
Noored naturalistid Mats MacDonald, Kalle Jermakoff, Tuuli Botik ja Ernst Ilumets uurisid teatud ühendi X toimet ainevahetusprotsessidele roti maksarakkudes. Selleks teostasid nad neli katset.

Katse 1. Isotoonilises puhverlahuses olevale maksarakkude suspensioonile lisas Ernst Ilumets ainet X lõppkontsentratsioonis 10 nmol/L. Seejärel mõõtis ta kahe maksarakkude sees oleva aine Y ja Z kontsentratsiooni muutumist 25 min ajavahemiku jooksul. Oma mõõtmistulemused tõi ta ära järgneval graafikul



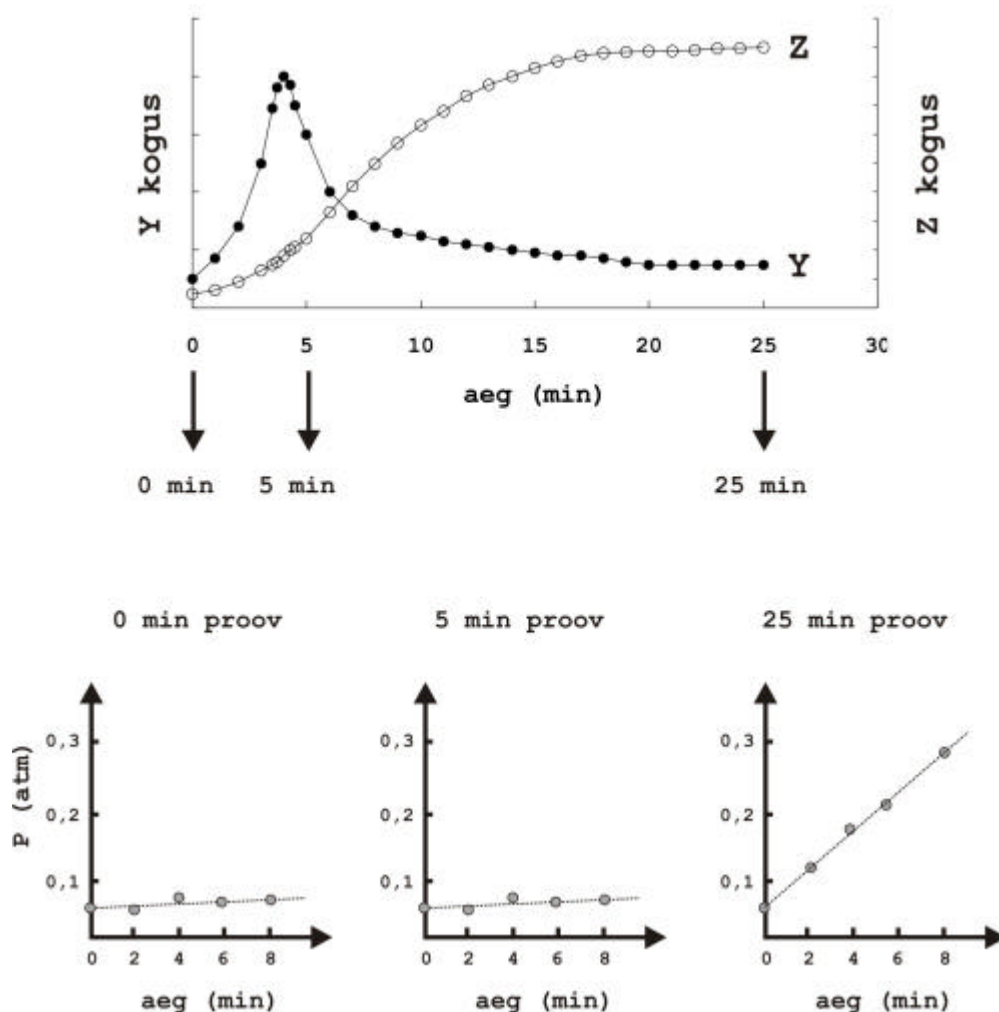
Joonis 6 Rakusiseste ühendite Y ja Z kontsentratsiooni muutumine ajas peale aine X lisamist rakususpensioonile.

Ernst tegi ka kontrollkatse. Kontrollkatses lisas Ernst ainet X sellisele maksarakkude suspensioonile, kuhu eelnevalt oli lisatud roti neerutorukestest eraldatud endopeptidaas (peptiide aminohapeteks lagundav ensüüm) neprilüsiin :



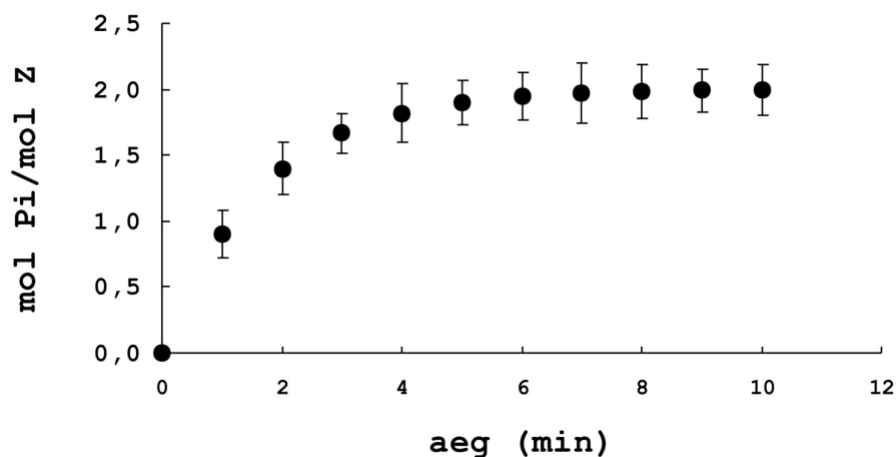
Joonis 7. Sama katse, mis joonisel 6, ainult et rakususpensioonile on enne aine X lisamist lisatud ka endopeptidaasi neprilüsiin.

Katse 2 Selle katse kavandas Tuuli Botik Ernsti katse tulemustest lähtudes. Kahes eraldi koekultuuri tuubis olid kaks identset maksrakkude suspensiooni. Mõlemale neist lisas Tuuli ainet X lõppkontsentratsioonis 10 nmol/L. Ühte neist suspensioonidest hoidis ta 37 °C juures 5 min, teist 25 min. Seejärel eraldas ta mõlema suspensiooni rakkudest tsütoplasma. Tähistame neid tsütoplasmasid "5" ja "25". Kontrollkatses eraldas ta tsütoplasma rakususpensioonist, mida polnud ainega X töödeldud. Seda tsütoplasmat tähistame "0". Tsütoplasmadele „0“, „5“ ja „25“ lisas Tuuli võrdse mahu tsütoplasmat, mis pärines **ainega X töötlemata maksarakkudest** ning mõõtis kõigis kolmes proovis osmootset rõhku 10 min jooksul. Oma tulemused esitas ta alljärgnevatel graafikutel :



Joonis 8 Eri ajahetkedel peale X lisamist maksarakkudest eraldatud tsütoplasma võime muuta osmootset rõhku ainega X mittetöödeldud rakkudest pärit tsütoplasmas

Katse 3. Mats Macdonalt eraldas tsütoplastmast kromatograafia abil puhtal kujul aine Z. Ainete Z töötles ta seejärel ensüümiga fosfataas ja mõõtis fosfataasi poolt toodetud ortofosforhappe (PO_4^{3-} ehk Pi) hulka moolides ühe mooli aine Z kohta. Tulemused olid järgnevad :

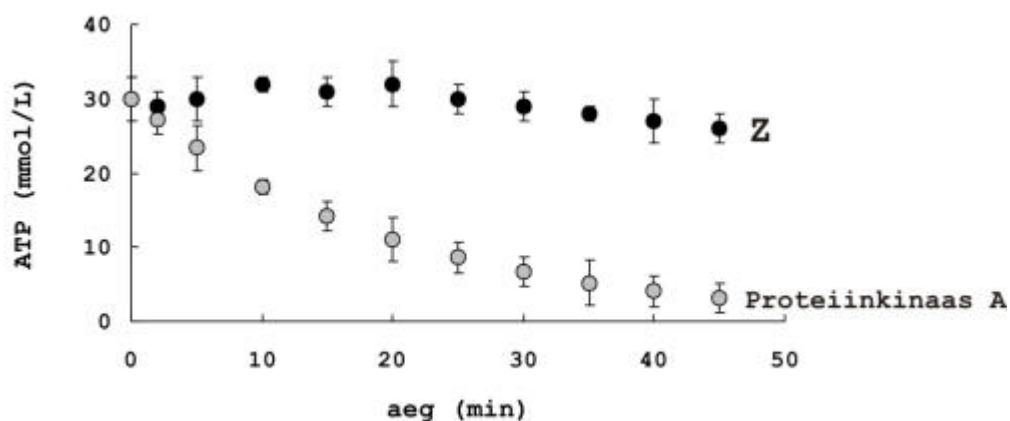


Joonis 9. Ortofosforhappe vabanemine aine Z töötlemisel fosfataasiga.

Katse 4. Tuuli segas 50 mM Tris-HCl puhvriss (pH 7.6) kokku :

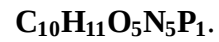
- i) Matsi poolt puhtal kujul eraldatud aine Z
- ii) ATP
- iii) Peptiidi järjestusega MQASRRLYTAPARESST

ning mõõtis ATP kadumist reaktsioonisegust 37°C juures. Kontrollkatses lisas Tuuli reaktsioonisegusse aine Z asemel proteiinkinaasi A :



Joonis 10. ATP kadumine reaktsioonisegust aine Z ja peptiidi juuresolekul. Kontrollkatses on Z asemel kasutatud proteiinkinaasi A-d.

Katse 5. Kalle Jermakoffi teostatud elementanalüüs näitas, et aine Y omab järgmist brutovalemit :



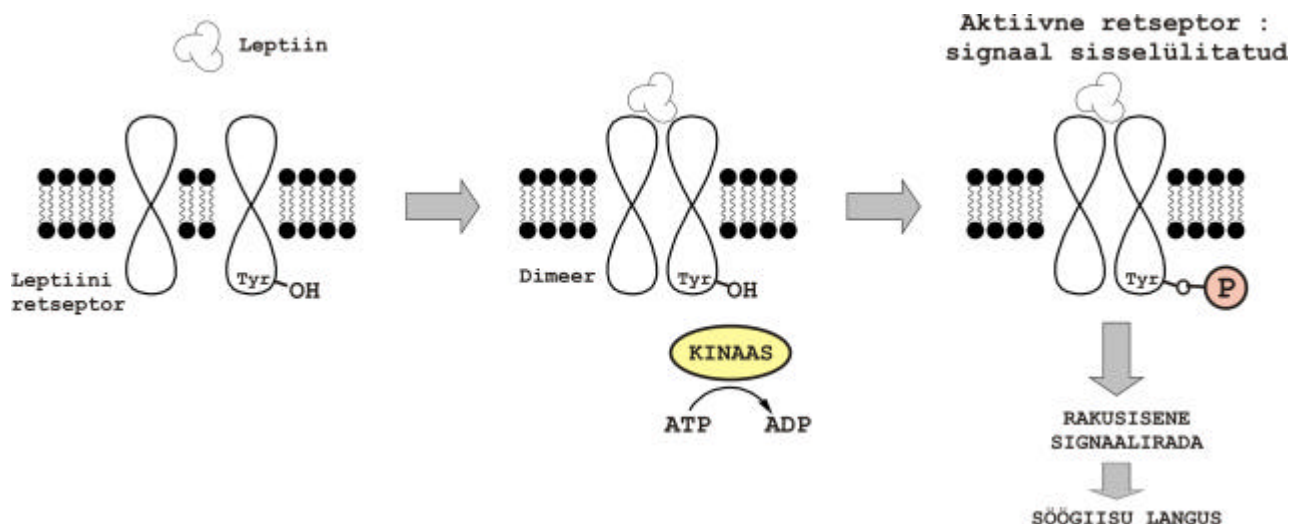
Ained X, Y ja Z olid :

- A. Dopamiin, püruvaat, insuliin
- B. Dopamiin, cAMP, glükogeeni fosforülaas (fosforüleeritud vorm)
- C. Glükagoon, cAMP, glükogeeni fosforülaas (fosforüleeritud vorm)
- D. Glükagoon, cAMP, glükogeeni fosforülaas (fosforüleerimata vorm)
- E. Adrenaliin, cAMP, proteiinkinaas A (fosforüleerimata vorm)
- F. Adrenaliin, tsitraat, proteiinkinaas A (fosforüleerimata vorm)

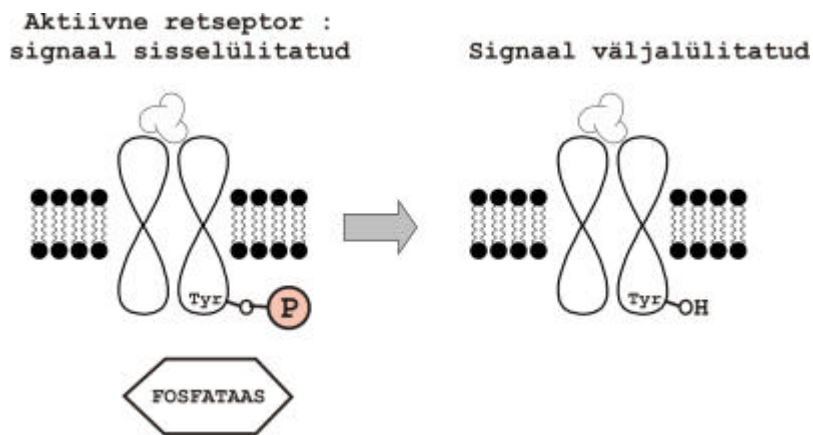
Küsimus 14

10 punkti

Peptiidhormoonid leptiin ja insuliin mängivad olulist rolli organismi energiatasakaalu ja rasvade ladestamise kontrollis. Häired nende hormoonide toimimises võivad viia tõsiste tervisehäireteni nagu rasvumine. Leptiini toodetakse adipotsüütides (rasvkoe rakud), insuliini aga pankrease β -rakkudes. Mõlemad hormoonid signaliseerivad organismile, et ta on piisavalt energiaga varustatud ja et toidu manustamise võib sestap lõpetada. Leptiin ja insuliin avaldavad oma toimet läbi vastavate retseptorvalkude, mis asuvad maksas ja hüpotaalamuses. Leptiin näiteks seondub oma retseptorvalguga ja kutsub sellega esile retseptorvalgu dimeriseerumise. S.t. peale leptiini seondumist ühinevad kaks retseptorvalgu molekuli (monomeeri) kahest molekulist koosnevaks dimeeriks. Dimeriseerunud retseptorvalgus aga fosforüleeritakse üks tsütoplasmapoolne türosiini jääk teatud kinaasi (JAK ehk Janus Kinaas) poolt (joonis 11). See fosforüleerimissündmus viib järgnevalt rakusiseste valkude fosforüleerimisele ning käivitab signaaliraja, mille tulemusena pärsitakse toidu manustamine organismi poolt. Leptiin-käivitatud signaaliraja lõpetamiseks eemaldab ensüüm fosfataas leptiini retseptori Tyr jäägi külge lisatud fosforhappejäägi (joonis 12). Häired 1) leptiini/insuliini tootmises, 2) kummagi hormooni seondumises oma retseptoriga, 3) retseptori dimeriseerumises või 4) dimeriseerumisele järgnevas signaalirajas viivad häiretele toidu manustamises ja võivad seetõttu põhjustada ülekaalulisust.

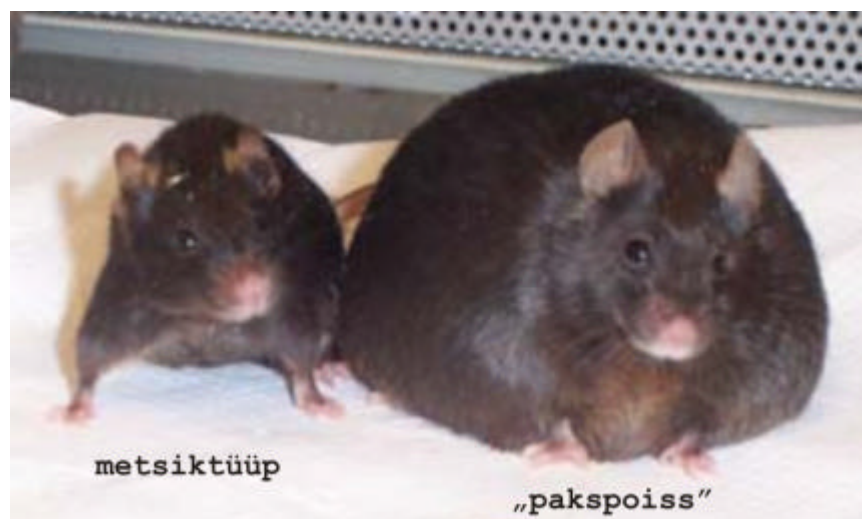


Joonis 11. Leptiin-käivitatav signaaliülekanne. Leptiini seondumine oma retseptorvalguga põhjustab kahe retseptorvalgu molekuli ühinemise dimeeriks. Retseptorite dimeeri tunneb ära JAK perekonna kinaas, mis kannab ATP molekulist retseptori ühe Tyr jäägi külge fosforhappe molekuli (fosforüülib). Fosforüülitatud retseptorite dimeer on aktiivne – ta käivitab mitmete teiste tsütoplasma valkude fosforüülimise, viies lõpuks füsioloogilise vastuseni, milleks on söögiisu langus.



Joonis 12. Leptiin-käivitatud signaali väljalülitamine. Leptiini poolt käivitatud signaali väljalülitamiseks eemaldab ensüüm fosfataas retseptori dimeeri Tyr jäägi küljest fosfaatrühma. Nüüd on retseptor inaktiivne ja signaal katkestatud.

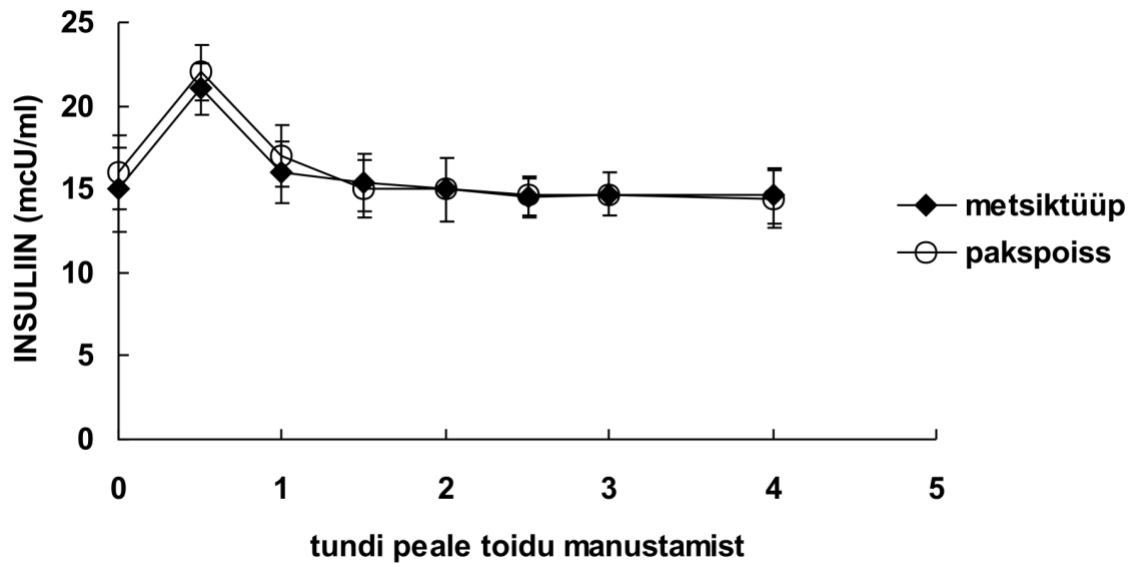
Minnesotas asuva Rotschildi nimelise Rasvumise Teadusliku Uurimise Instituudi teadlastel õnnestus luua uus hiireliin nimega „paksipoiss” (pp). Selle hiireliini isendite toitumiskäitumine ja füsioloogia sarnanesid ka piisava toitumise korral pidevas näljaseisundis oleva metsiktüüpi hiire käitumise ja füsioloogiaga. Näiteks oli „paksipoiss” hiirtel pidevalt kõrge seerumi kortisooli tase, neil oli probleeme kehatemperatuuri hoidmisega ja neil oli pidev söögiisu. Sellest tulenevalt olid need hiired märgatavalt ülekaalulised – nende kehakaal ületas metsiktüüpi hiire oma kuni neljakordselt (joonis 13).



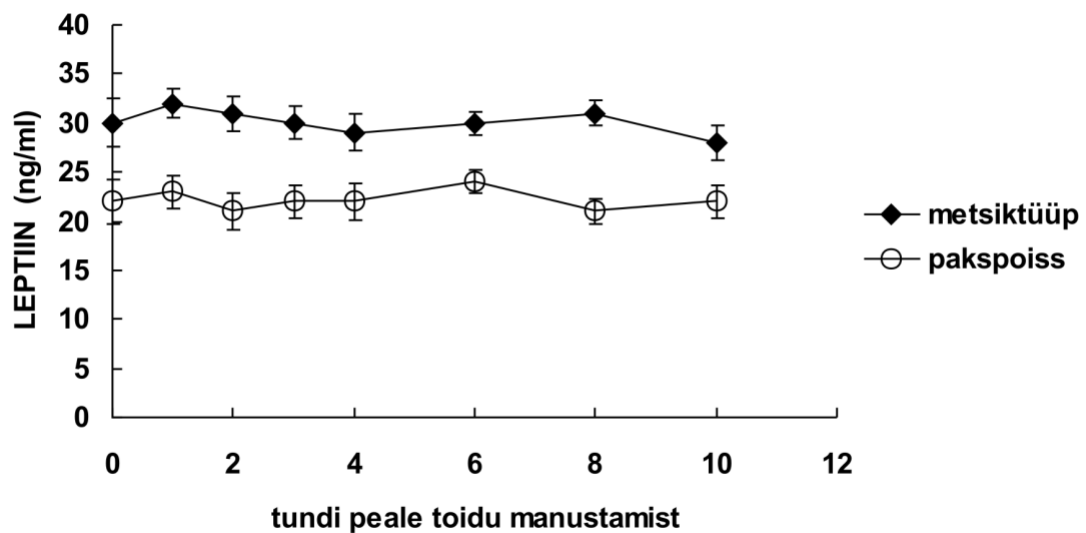
Joonis 13. „Paksipoiss” hiire ja metsiktüüpi hiire võrdlus.

Teadlased viisid läbi rea *in vivo* (elusorganismi tasemel) ja *in vitro* (katseklaasis) katseid metsiktüüpi ja „paksipoiss” hiirtega „paksipoiss” hiirte ülekaalulisuse molekulaarse põhjuse leidmiseks. Nende katsete tulemused on kokku võetud järgnevatel graafikutel :

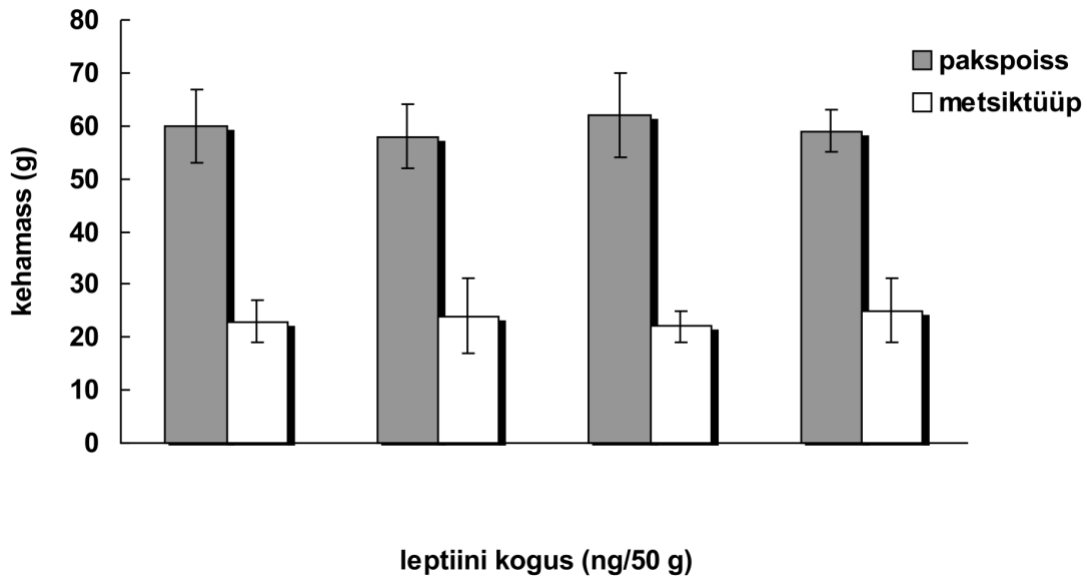
1) vere insuliinitase



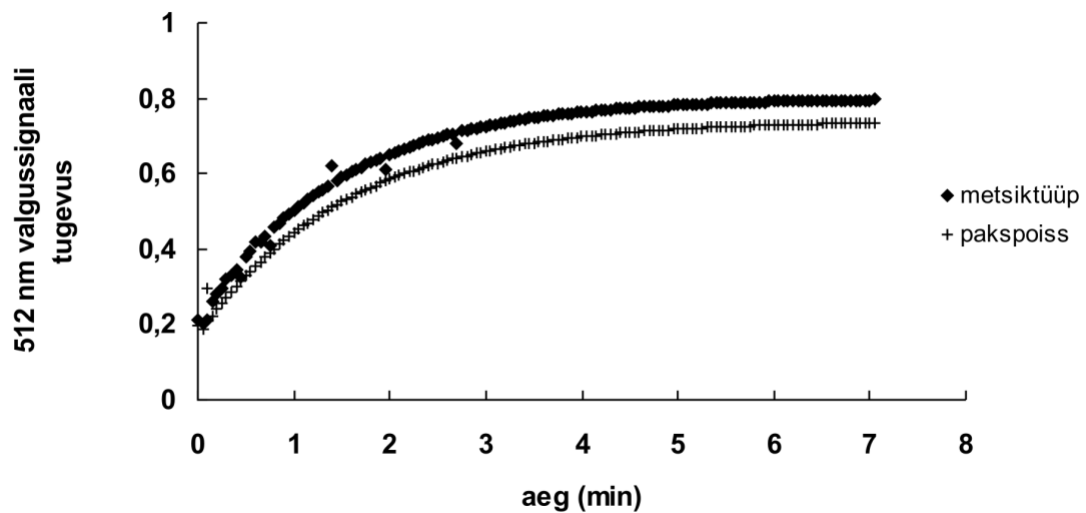
2) vere leptiinitase



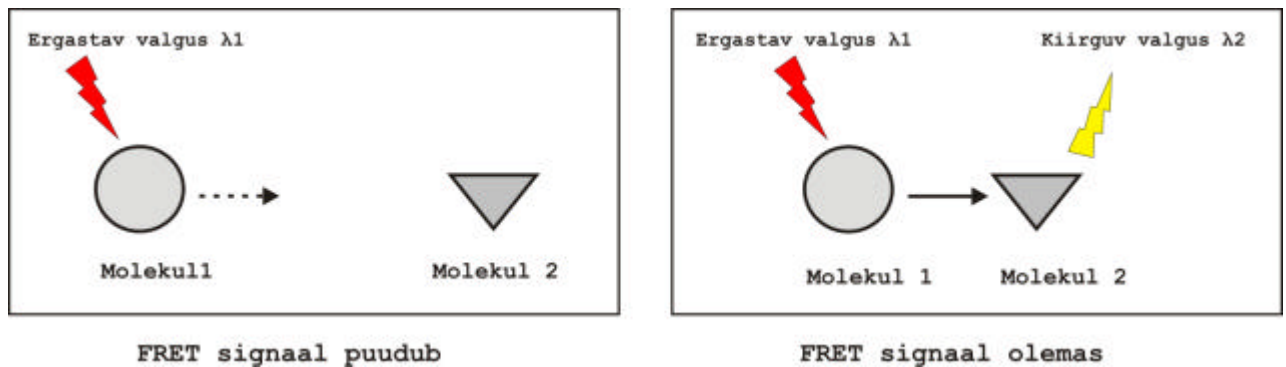
- 3) „pakspois” hiirte kehamassi muutus pärast kahe nädalast erinevate leptiinkoguste intravenoosset (veenisisest) manustamist



- 4) Leptiini retseptori dimeriseerumine leptiini seondumise tulemusena. Retseptori dimeriseerumist mõõdeti FRET-iks nimetatava tehnikaga.



FRET-i põhimõte on esitatud järgneval joonisel :

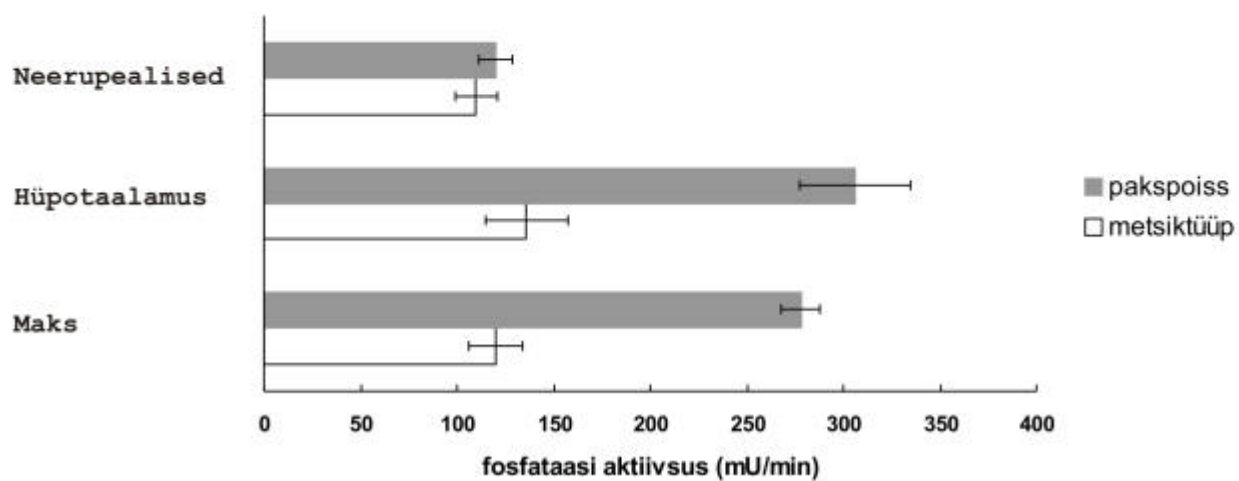
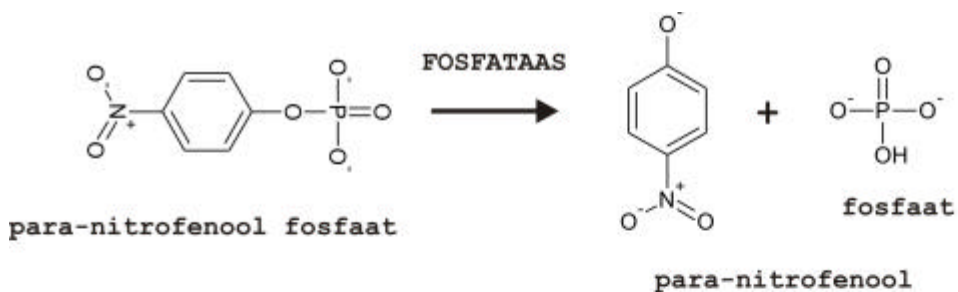


Joonis 14. FRET (reseonantsil põhineva fluorestsentsenergia ülekande) põhimõte. Fluorestseeruvat molekuli 1 (nn. doonor) kiiritatakse laseri abil kindla lainepikkusega λ_1 valgusega. Molekul 1 neelab talle langeva valguse ja kiirgab välja natukene pikemalainelist valgust, mida neelab molekul 2 (nn. aktseptor). Valguse neeldumise järel molekulis 2 kiirgab molekul 2 omakorda välja valgust lainepikkusega λ_2 , mille tugevust on võimalik mõõta (siinjuures $\lambda_2 > \lambda_1$). FRET-i puhul on oluline, et molekulid 1 ja 2 paikneksid üksteisele lähedal (alla 6 nm), vastasel juhul ei jõua ergastav kiirgus molekulist 1 molekulini 2 ning molekul 2 valgust lainepikkusega λ_2 välja ei kiirga.

FRET-i mõõtmiseks panid teadlased ühe retseptori molekuli külge aine nimega fluorestseiin (**F**), teise retseptori molekuli külge aga aine tetrametüülrodamiin (**T**). Kui fluorestseiini valgustada 494 nm valgusega, kiirgab fluorestseiin välja pisut pikema lainepikkusega valgust, mis omakorda ergastab tetrametüülrodamiini. Tetrametüülrodamiini kiirgab välja 512 nm lainepikkusega valgust, mida on vastava aparatuuriga võimalik mõõta. Eelkirjeldatud valguse ülekanne ühest retseptori molekulist teise toimub tingimusel, et fluorestseiini ja tetrametüülrodamiin paikneksid üksteisele piisavalt lähedal (alla 6 nm).

F ja **T** molekulidega märgitud retseptorid lülitusid kunstlikesse rakumembraanidesse (nn. liposoomidesse). Retseptormolekulide dimeriseerumine käivitati leptiini lisamisega liposoomidele. Reaktsioonisegu valgustati 494 nm valgusega ning mõõdeti 512 nm valguse kiirgumist reaktsioonisegust.

- 5) Tsütoplasmaatilise türosiinfosfataasi aktiivsus. Fosfataasi aktiivsust mõõdeti purustatud maksarakkude suspensioonis, jälgides paranitrofenüülfosfaadi hüdrolüüsi 37⁰ C ja pH 7 juures.



Kõiki esitatud andmeid arvesse võttes, siis milline hüpotees kirjeldab kõige tõenäolisemalt „paksupoiss” hiirte ülekaalulisuse põhjust

- A. „paksupoiss” hiirte kehamassi kasvu põhjuseks on metsiktüübiga võrreldes madalam leptiini tase. „Paksupoiss” hiirtes ei ole lihtsalt nii palju leptiini, et saata ajule signaal, et hiir on piisavalt toidetud
- B. „paksupoiss” hiirte kehamassi kasvu põhjuseks on mutatsioon leptiini retseptoris. See mutatsioon takistab retseptori dimeriseerumist ja järelikut täiskõhutundeni viiv signaalirada ei käivitu. See on ka põhjuseks miks leptiini süstimine „paksupoiss” hiirtele nende kehakaalu ei vähendanud
- C. „paksupoiss” hiirte kehamassi kasvu põhjuseks on rakusisese türosiini fosfataasi suurenenud aktiivsus (näit. mutatsiooni tulemusel). Fosfataas defosforüleerib fosforüleeritud leptiini retseptori ning täiskõhutundele viiv signaalirada ei käivitu
- D. „paksupoiss” hiirte ülekaalulisus on seotud insuliiniga. Nimelt oli „paksupoiss” hiirte vere insuliinitase võrdne metsiktüübi omaga, kehamass aga kuni neli korda kõrgem. Seega oli insuliini kogus kehamassi ühiku kohta „paksupoiss” hiirtes madalam kui metsiktüübis ning seetõttu ei saa „paksupoiste” aju signaali, et kõht on täis
- E. „paksupoiss” hiirte ülekaalulisus ei ole seotud ei insuliini ega leptiini poolt käivitatava signaalirajaga. Seda seepärast, et 1) insuliini tase on sama nii „paksupoiss” kui metsiktüüpi hiirtes, 2) väike langus leptiini tasemes „paksupoiss” hiirtes ei ole statistiliselt piisavalt suur et seletada nii suurt kehakaalu tõusu „paksupoiss” hiirtes ning 3) leptiini pikaajaline süstimine „paksupoiss” hiirtesse ei põhjustanud nende kehakaalu vähenemist. Ülekaalulisus peab olema seotud mingi hoopis teise teguriga. Teadlased on seni lihtsalt raisanud maksumaksjate raha

III. Füsioloogia

Küsimus 15

3 punkti

Milline kõhunäärmeest pärit hormooni insuliini kohta käivatest väidetest on vale?

- A. Insuliini toimet suureneb glükoosi sisenemine südamelihasesse, vöötlihastesse, silelihastesse, rasvarakkudesse ja maksarakkudesse.
- B. Insuliin ei mõjuta neerudes, glükoosi sisenemist neerutorukeste epiteelirakkudesse ja peaaegu glükoosi sisenemist närvirakkudesse.
- C. Insuliin suurendab glükoosi sisenemist rakku rakumembraanis olevate retseptorite aktiveerimise kaudu.
- D. Insuliini toimet suureneb rasvhapete süntees rasvarakkudes.
- E. Insuliini toimet kudede normaalne kasv ja ka haavade paranemine pidurduvad, kuna väheneb aminohapete sisenemine rakkudesse ja valgusüntees rakus.

Küsimus 16

2 punkti

Loe tähelepanelikult järgnevaid väiteid.

1. 37°C juures on inimese arteriaalse vere pH normaalne väärtus vahemikus 7,37- 7,43
2. Kui vereplasmasse lisandub vesinikioone muutub veri happelisemaks ja vere pH hakkab tõusma.
3. Kui vereplasmasse lisandub vesinikioone muutub veri happelisemaks ja vere pH hakkab langema.
4. Happelised ained, mis loovutavad vesinikioone ja alused on ained, mis seovad vesinikioone
5. Happelised ained, mis seovad lahusest vesinikioone ja alused on ained, mis seovad lahusest hüdroksiidioone.

Vali õige vastus.

- A. Õiged on väited 3 ja 5
- B. Õiged on väited 1, 3, ja 4.
- C. Õiged on väited 1, 3 ja 5
- D. Õiged on väited 1, 2 ja 4
- E. Õiged on väited 1, 2 ja 5

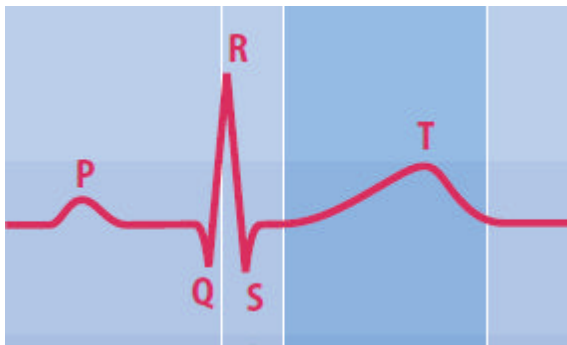
Küsimus 17**2 punkti**

Joonisel 14 on kujutatud inimese elektrokardiogrammi (EKG). Ma väidan selle kohta.

1. P sakk EKG kõveral näitab erutuse teket ja levikut südame kodades.
2. T sakk näitab erutuse teket ja levikut kodades
3. QRS sakkide kompleks kirjeldab erutuse teket ja levikut südame vatsakestes
4. T sakk näitab et südamelihase on lõõgastunud
5. P sakk näitab erutuse vaibumist südame vatsakeste müokardis.
6. Elektrokardiogramm näitab ja mõõdab südamelihase kokkutõmmete sagedust.

Vali õige vastus:

- A. Õiged on väited 1, 3 ja 6
- B. Õiged on väited 2, 3 ja 6
- C. Õiged on väited 2, 3 ja 5
- D. Õiged on väited 1 ja 3
- E. Õiged on väited 1, 3, ja 4



Joonis 15. Elektrokardiogramm

Küsimus 18**4 punkti**

Tetrodotoksiin on ülimürgine aine, mida produtseerivad *Pseudoalteromonas tetraodonis*, nimelisse liiki kuuluvad bakterid. Neid baktereid leidub mõnede soojade merede kalade ja loomade organismis. Tetrodotoksiin blokeerib närviraku membraanis pingest sõltuvad kiirelt reageerivad Na^+ - kanalid. Selle tagajärjeks on ... Vali õige.

- A. Närviraku muutumine mitte-erutuvaks, kuna pingest sõltuvad kiirelt reageerivad Na^+ - kanalid ei avane ja rakumembraan depolariseerub
- B. Närviraku muutumine üli-erutuvaks, kuna pingest sõltuvad kiirelt reageerivad Na^+ - kanalid ei avane ja rakumembraan hüperpolariseerub
- C. Närviraku muutumine mitte-erutuvaks, kuna pingest sõltuvad kiirelt reageerivad Na^+ - kanalid ei avane ja rakumembraan on kaotanud võime depolariseeruda
- D. Närviraku muutumine mitte-erutuvaks, kuna pingest sõltuvad kiirelt reageerivad Na^+ - kanalid avanevad spontaanselt ja rakumembraan hüperpolariseerub
- E. Närviraku muutumine üli-erutuvaks, kuna pingest sõltuvate kiirelt reageerivad Na^+ - kanalite mitte-avanemise tõttu avanevad K^+ kanalid, membraan depolariseerub ning vallandub aktsioonipotentsiaal.

Küsimus 19**4 punkti**

Loe järgnevaid väiteid.

1. Lühinägevuse korral on inimese silmamuna nägemistelje suunal lühem, kui normaalsetel nägijatel. See tõttu võib kauguses seisvatest objektidest tekkinud kujutis projitseeruda silma võrkkesta taha ning inimene näeb neid objekte hägusalt.
 2. Lühinägevuse korral on inimese silmamuna nägemistelje suunal pikem, kui normaalsetel nägijatel. See tõttu võib kauguses seisvatest objektidest tekkinud kujutis projitseeruda silma võrkkesta ette ning inimene näeb neid objekte hägusalt.
 3. Kaugnägevuse korral on inimese silmamuna nägemistelje suunal lühem, kui normaalsetel nägijatel. See tõttu võib lähedal seisvatest objektidest tekkinud kujutis projitseeruda silma võrkkesta taha ning inimene näeb neid objekte hägusalt.
 4. Kaugnägevuse korral on inimese silmamuna nägemistelje suunal pikem, kui normaalsetel nägijatel. See tõttu võib lähedal seisvatest objektidest tekkinud kujutis projitseeruda silma võrkkesta ette ning inimene näeb neid objekte hägusalt.
 5. Lühinägevust korrigeeritakse kumerläätsuga ja kaugnägemist nõgusläätsuga
 6. Lühinägevust korrigeeritakse nõgusläätsuga ja kaugnägemist kumerläätsuga
- Vali õige vastus.

- A. Õiged on väited 1, 4 ja 6
- B. Õiged on väited 1, 4 ja 5
- C. Õiged on väited 2, 3 ja 5
- D. Õiged on väited 2, 3 ja 6
- E. Ainus õige väide on 6

Küsimus 20

4 punkti

Hingamisel väljahingamise maht (V_E) koosneb kahest osast: üks osa pärineb surnud ruumist (V_D), teine osa alveolaar ruumist. Nende ruumide mahtu on võimalik funktsionaalsetel uuringutel kaudselt määrata. Hingamisel pärineb väljahingamise koguses hingamisteedest väljutatud õhk anatoomilisest surnud ruumist, väljahingamise lõpus aga alveolaar ruumist. Kui jagada väljahingamine kaheks faasiks, mõõta nendes faasides väljahingatavas õhus hingamisgaaside fraktsioonid ja hingamise maht ning arvestada, et gaasi hulka võib kujutada mahu (V) ja fraktsiooni (F) korrutisena, siis kehtib iga hingamisgaasi kohta valem :

$$V_E \times F_E = V_D \times F_I + V_A \times F_A$$

V_E – Ekspiratoorne hingamismaht

F_E – Gaasi fraktsioon väljahingatud õhus

V_D – Surnud ruumi maht

F_I – Gaasi fraktsioon sissehingatud õhus

V_A – Alveolaarruumi maht

F_A – Gaasi fraktsioon alveolaarruumis

Pärast V_A asendamist $(V_E - V_D)$ 'ga ja teisendamist saadakse valem:

$$\frac{V_D}{V_E} = \frac{F_E - F_A}{F_I - F_A}$$

Eelnevat arutelu ja valemeid kasutades leia, kui suure protsendi moodustab surnud ruumi õhk väljahingatud õhu ruumalast. Arvesta, et gaasianalüüsi abil määrati hingamisgaasides CO_2 fraktsioon.

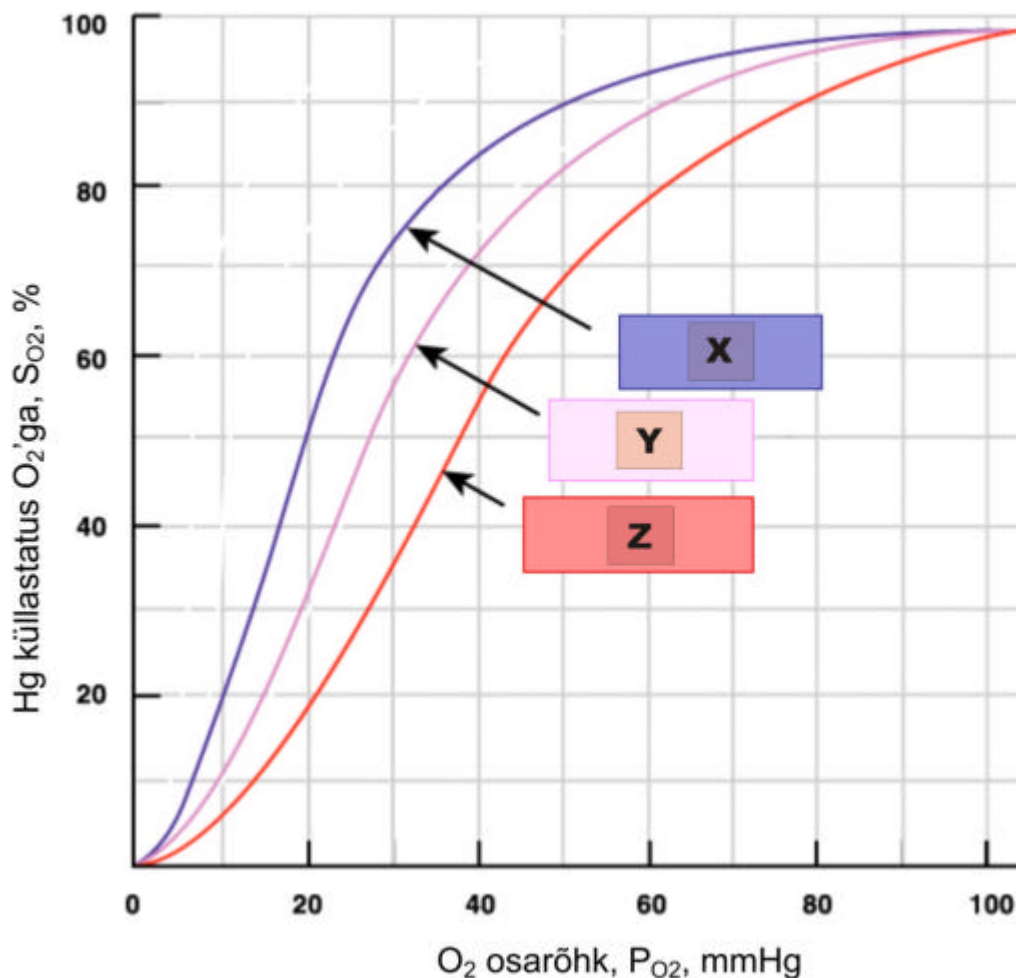
$F_{\text{ICO}_2} = 0 \text{ ml/1ml gaasisegu kohta}$

$F_{\text{ACO}_2} = 0,056 \text{ ml/1ml gaasisegu kohta}$

$F_{\text{ECO}_2} = 0,04 \text{ ml/1ml gaasisegu kohta}$

Küsimus 21

4 punkti



Joonis 16. Hemoglobiini O_2 siduvuskõverate sõltuvus vere CO_2 osarõhust

Joonisel 16. on kujutatud hemoglobiini O_2 siduvuskõveraid erinevate CO_2 osarõhkude juures.

Milline kõver vastab millisele osarõhule?

Vali õige vastus:

- A. $X - P_{CO_2} = 80$ mmHg; $Y - P_{CO_2} = 20$ mmHg; $Z - P_{CO_2} = 40$ mmHg
- B. $X - P_{CO_2} = 40$ mmHg; $Y - P_{CO_2} = 20$ mmHg; $Z - P_{CO_2} = 80$ mmHg
- C. $X - P_{CO_2} = 40$ mmHg; $Y - P_{CO_2} = 80$ mmHg; $Z - P_{CO_2} = 20$ mmHg
- D. $X - P_{CO_2} = 20$ mmHg; $Y - P_{CO_2} = 40$ mmHg; $Z - P_{CO_2} = 80$ mmHg
- E. $X - P_{CO_2} = 80$ mmHg; $Y - P_{CO_2} = 40$ mmHg; $Z - P_{CO_2} = 20$ mmHg

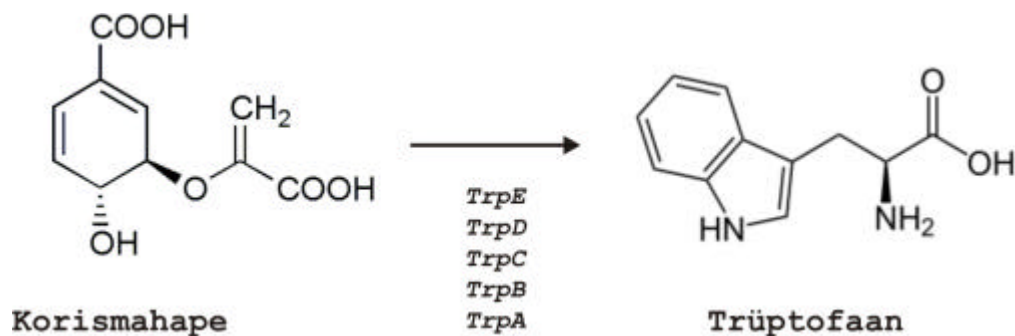
V. Geneetika

Küsimus 22

6 punkti

Järgnev tekst kirjeldab aminohappe **trüptofaan** biosünteesi reguleerimise mehhanisme bakterirakus. Loe teksti hoolikalt, uuri jooniseid ja vali teksti lõpus oleva viie variandi A – E hulgast välja õige variant.

Trüptofaani biosünteesil korismahapest osalevad viis ensüümi, mida kodeerivad viis järjestikku paiknevat geeni (joonis 17). Need geenid on organiseeritud nn. operoni – transkriptsiooni käigus sünteesib RNA polümeraas neile geenidele vastava mRNA nii, et kõik viis geeni paiknevad ühes ja samas mRNA molekulis (joonis 18). Seetõttu sünteesitakse sellise mRNA pealt viite trüptofaani biosünteesi ensüümi võrdsetes kogustes.



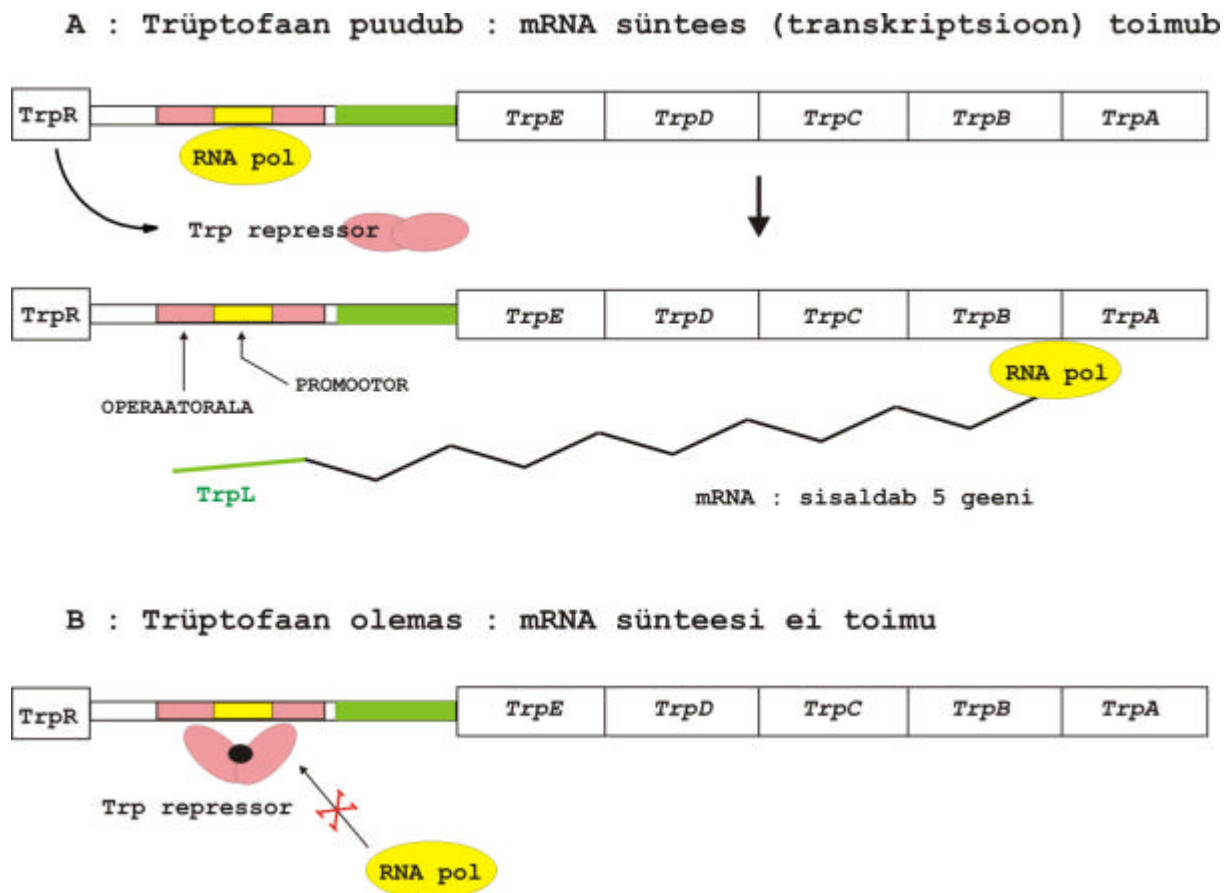
Joonis 17. Korismahape kui trüptofaani biosünteesi lähteühend ja trüptofaani biosünteesil korismahapest osalevad ensüümid.

Trüptofaani operoni *trp* avaldumine (s.t. kas RNA polümeraas sünteesib vastava mRNA või mitte) on reguleeritud 1) transkriptsiooni initsiatsiooni (=alustamise) repressiooni ja 2) transkriptsiooni enneaegse terminatsiooni kaudu.

Juhtum 1 : *trp* operoni transkriptsiooni täielik mahasurumine

Trüptofaani operoni lähedal paikneb geen *trpR*, mis kodeerib *trp* operoni repressorvalku. See valk takistab *trp* operoni transkriptsiooni. Trüptofaani (korepressori) puudumisel seondub RNA polümeraas promootorregiooni ja algatab *trp* geenide transkriptsiooni (joonis 18). Trüptofaani olemasolul rakkudes seondub trüptofaan repressorvalguga, trüptofaan-repressor kompleks seondub promootoralaga kattuvale operaatoralale ja takistab RNA polümeraasi seondumist operoni ees oleva promootoralaga.

mRNA süntees ei saa seetõttu toimuda ja trüptofaani biosünteesi ensüüme ei sünteesita (joonis 18).



Joonis 18. Trüptofaani biosünteesi ensüüme kodeeriva viie geeni ekspressiooni regulatsioon transkriptsiooni tasemel sõltuvalt trüptofaani olemasolust rakus. Kollase värviga on tähistatud operoni ees paiknev promootorala, kuhu seondub transkriptsiooni alguses RNA polümeraas. Roosa värv tähistab operaatorala, kuhu seondub Trp repressor. Roheline osa trp operoni mRNA-s on nn. liiderjärjestus, mille pealt ei sünteesita ühtegi valku, kuid mis on oluline operoni ekspressiooni reguleerimiseks

Juhtum 2 : trp operoni transkriptsiooni osaline mahasurumine (attenuatsioon)

Kui trüptofaani on rakus palju, on seal palju ka trüptofanüül-tRNA-d ($\text{Trp-tRNA}^{\text{Trp}}$). Ja vastupidi – kui on vähe trüptofaani, on vähe ka trüptofanüül-tRNA-d. Trüptofanüül-tRNA tase rakus mõjutab Trp operoni transkriptsiooni. See on võimalik tänu asjaolule, et bakteris on mRNA süntees ja translatsioon sellelt mRNA-lt samaaegsed – s.t. RNA polümeraasi poolt sünteesitava mRNA-ga seonduvad kohe ribosoomid ja hakkavad selle mRNA pealt valku sünteesima. Kui $\text{Trp-tRNA}^{\text{Trp}}$ -d on vähe, on valgusüntees trp operoni mRNA-lt aeglane. Seetõttu saab moodustuda eriline mRNA struktuur – nn. antiterminaator -, mis takistab

mRNA sünteesi enneaegset lõppemist. Kui Trp-tRNA^{Trp}-d on palju, on valgusüntees vastupidi kiire ja antiterminaator ei moodustu. Seetõttu katkeb *trp* operoni transkriptsioon enneaegselt (sünteesitakse ainult 140 nukleotiidi pikk RNA). Antiterminaator järjestus paikneb *trp* operoni mRNA-s viie geeni ees ja teda tähistatakse *trpL* (nn. liiderjärjestus, ingl *leader*).

Milline järgnevatest väidetest on tõene?

- A. Trüptofaani kodeeritakse *trp* operonilt 5 geeni abil
- B. Kui trüptofaani promootorala panna mõne teise geeni ette, siis saaks selle geeni ekspressiooni *trpR* geeni produktiga represseerida
- C. *trpL* geeniprodukt võib operoni liiderjärjestusel seonduda Trp-tRNA^{Trp}-ga ja see termineerib transkriptsiooni liiderjärjestuselt
- D. Trüptofaani biosünteesi rada tagab trüptofaani tootmise olukorras, kus trüptofaani rakus ei ole ja repressor-kompleks seondub promootoralale
- E. 140 nt pikkuse RNA molekuli pealt on võimalik kodeerida valku, mis aitab kaasa korismahapest trüptofaani tootmisele

Küsimus 23

2 punkti

Millise tõenäosusega saavad vanemad haige lapse, kui i) tegemist on x-liitelise dominantse avalduva haigusega, ii) ema on vastavas lookuses heterosügoot ja iii) isa kannatab selle haiguse käes?

- A. 1
- B. 1/2
- C. 3/4
- D. 1/3
- E. 0

Küsimus 24**3 punkti**

Mis iseloomustab joonisel 19 kujutatud protsessi?



Joonis 19. Elusorganismide jaoks ülioluline bioloogiline protsess

1. On semikonservatiivne
2. Sünteesitakse komplementaarne RNA ahel
3. Parandatakse DNA ahelas tekkinud vead
4. Reaktsiooni viib läbi DNA polümeraas(id)
5. Reaktsiooni viib läbi RNA polümeraas
6. Reaktsioon lõpeb kui ribosoom jõuab stoppkoodonini
7. Toimub 5' → 3' suunas
8. Toimub 3' → 5' suunas
9. Evolutsiooniliselt konserveerunud: toimub sarnaselt nii *Escherichia coli* kui ka imetaja rakus
10. Toimub ainult sugurakkudes
11. Toimub enne rakujagunemist
12. Protsessi tulemusena saadakse tRNA, mRNA ja rRNA
13. Protsess algab geeni promootoralal, kuhu seonduvad transkriptsioonifaktorid

Variandid:

- A. 1, 4, 7, 9, 11
- B. 2, 5, 7, 12, 13
- C. 1, 3, 8, 9, 10
- D. 2, 6, 7, 12, 13
- E. 1, 4, 9, 10, 11

A osa lõpp