

IMMUUNSÜSTEEM

Immuunsüsteemi arengust...

- Immuunsüsteemi arengu algus
- Esmane ülesanne oli kaitsta enda rakke teiste liigikaaslaste rakkude eest
- Parasiidid on peremehe keskkonna lahutamatu osa
- Kaitsemehhanismid on olemas kõigis loomarühmades

Evolutsiooni aste	Imm. ülesanne
Ainuraksed	Äratundmine/eristamine
Hulkuraksed	Koesobivus/äratund./mälu
Mesoderm ja ringeelundkond, toitumine ja kaitse eraldi	Vabalt ringlevad, eritüübilised vererakud, rakuline immuunsus ja erütrotsüüdid
Pikaealisuse ja organismi kompleksusega kaasnevad vähk ja viirushaigused	Oma rakkude jälgimine tabamaks nakatunud või vähirakke
Protovertebraatide eellased	Suuremad äratundmise ja eristamise oskused?
Alamad selgroogsed: suuremad kehamõõtmed, pikem eluiga ja väiksem järglaste arv võrreldes selgrootutega	Lümfotsüüdid, lümfoidne kude ja antikehade produktsioon (IgM), pikaajaline mälu
Maismaa asustamine, eksponeeritus kiirgusele ja kõrgema vererõhuga ringesüsteemi areng	Luuüdi, enam antikehade klasse, T ja B lümfotsüüdid, keerulisemad lümfoidsed organid
Amniodid (reptiilid, linnud, imetajad), kellel puudub vabalt elav vastsevorm	Immuunvastusega seotud rakkude keerukamaks muutumine, mis võimaldab efektiivsemat immuunsüsteemi tööd
Endotermia, mis pakub patogeenidele paremad elutingimused	Suureneb immuunsüsteemi efektiivsus, integreeritud rakuline ja humoraalne vastus, tootmiskeskused sekundaarsetes lümfoidses organites, lümfisõlmed
Vivipaarsus, ema-loote interaktsioon	Veelgi suurem immuunsüsteemi keerukuse aste, vältimaks loote äratõukereaktsiooni

Peremehe kaitsesüsteem...

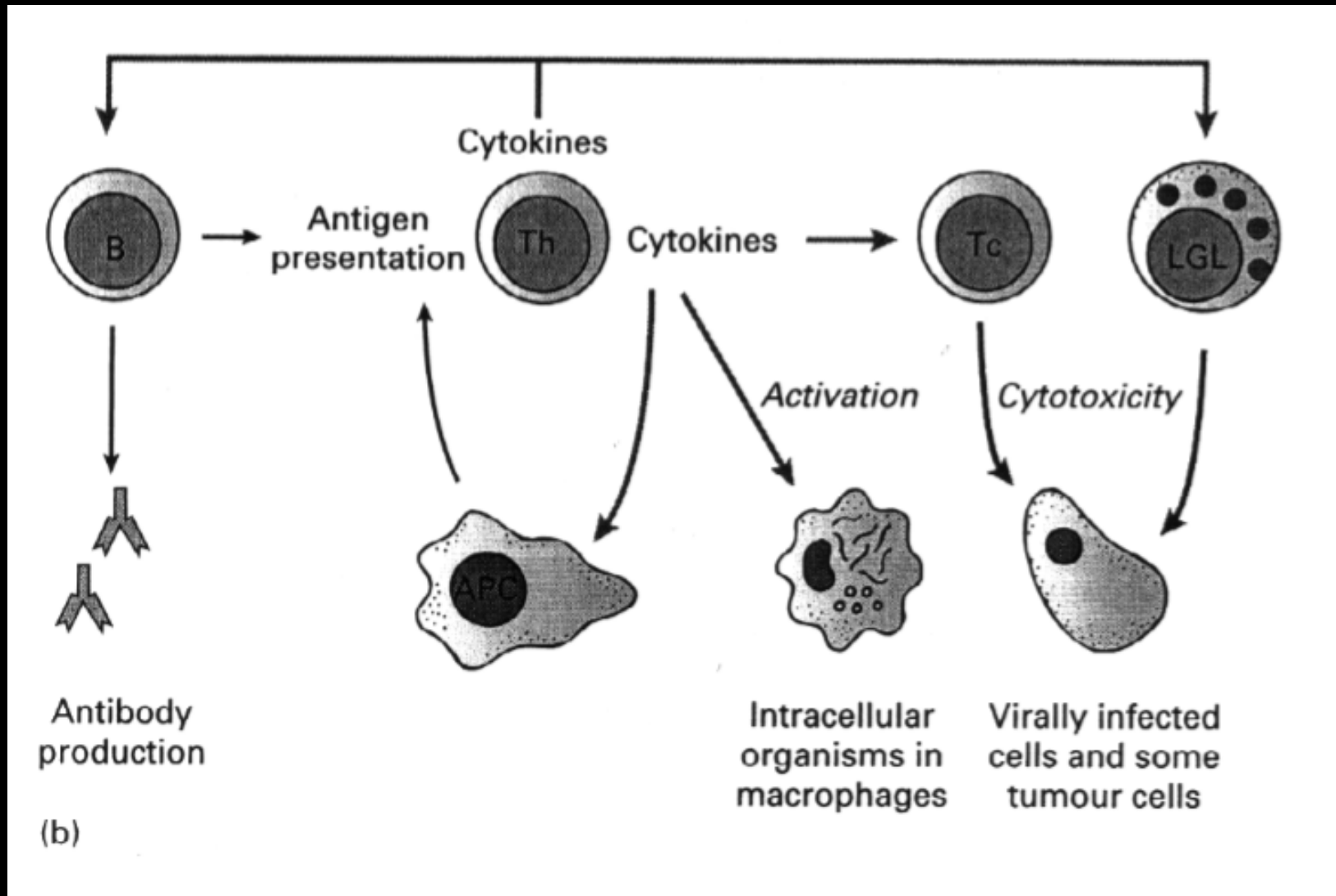
- Immuunvastuse algatamine
 - Äratundmine
 - Rakkude pinnastruktuurid
 - MHC
 - MHC1 ja MHC2
 - Immuunvastus
 - Humoraalne
 - Rakuline

Peremehe kaitsesüsteem...

- Rakkudevaheline signaliseerimine
- Valgelibled kontrollivad kaitserakkude käitumist
- Lokaalne immuunvastus
- Signaliseerivad ühendid

- Tsütokiinid – polüpetiidid mis vabastatakse immuunaktivatsiooni korral

Tsütokiinide mõju...



● Tsütokiinid – polüpetiidid mis

vabastatakse immuunaktivatsiooni korral

Tüüp

Funktsioon

Interferoonid

Keha kaitsmine viiruste vastu

Interleukiinid

Juhivad teiste rakkude jagunemist või diferentseerumist

Kolooniad stimuleerivad faktorid

Rakuliste protsesside võimendamine ja pärssimine
Luuüdi jagunemine ja diferentseerumine, määravad erinevate valgete vereliblede taseme

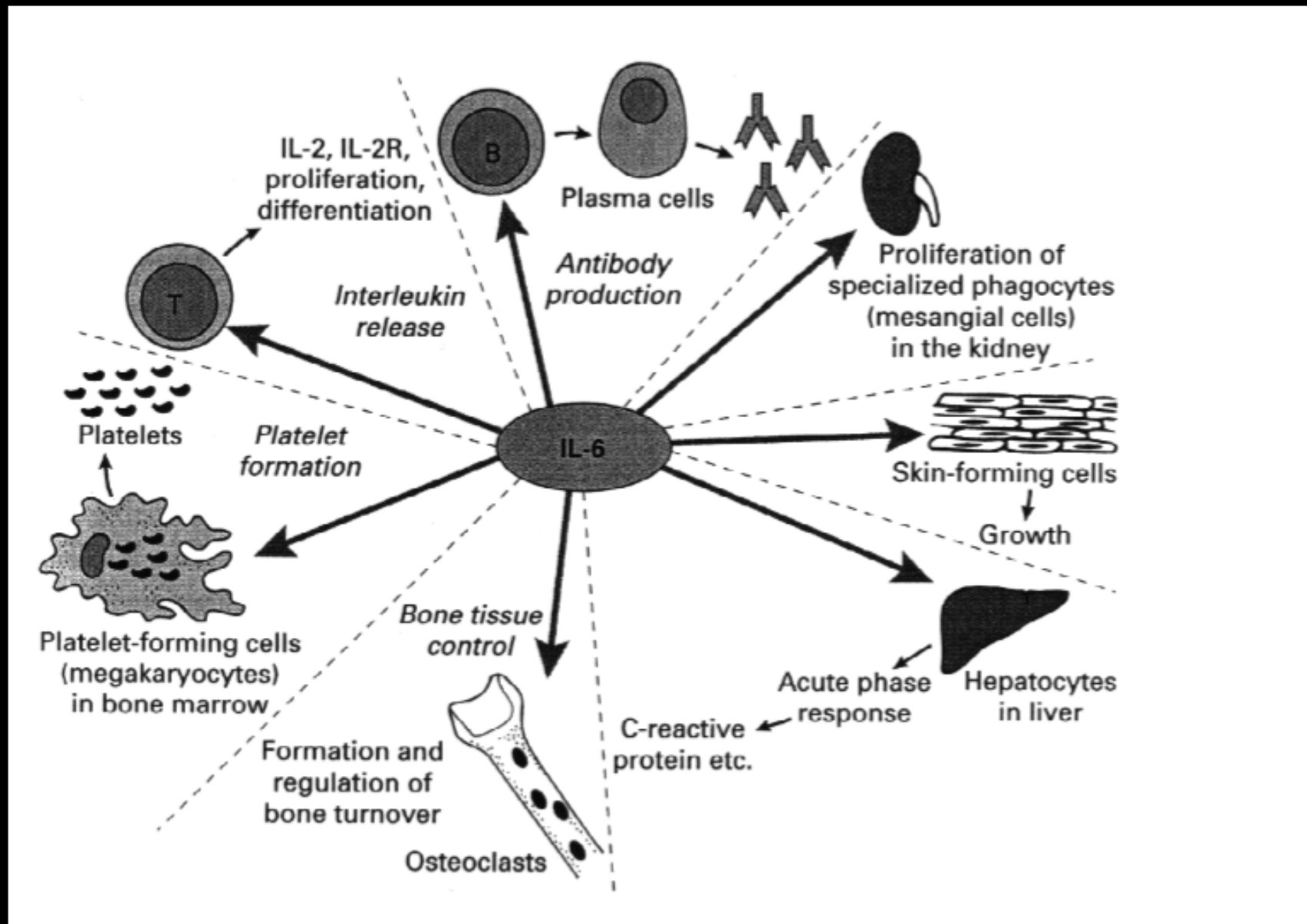
Kasvaja nekroosifaktorid ja kasvufaktorid

Vahendavad põletikuprotsessi ja tsütokiinide vastuseid

● IL-1 selgrootutel

- Stimuleerib fagotsütoosi ja hemotsüütide proliferatsiooni
- Hemotsüütide agregatsiooni – kapseldamine
- Tsütotoksilisus
- Soonte permeaablus

Interleukiin 6 mõju...



- Teised keemilised ühendid
 - Hormoonid
 - Steroidid, adrenaliin, noradrenaliin, endorfiin, enkefaliin jne
- Interaktsioon tsütokiinide ja hormoonide vahel

Kaitstesüsteem...

- Kaitsereaktsioonid jaotatakse:
 - Innaatne
 - Adaptiivne
- Adaptiivne immuunvastus omane vaid selgroogsetele

Innaatne immuunvastus...

- Nii humoraalne kui rakuline osa
- Rakuline:
 - Fagotsütoos – rakk liigub võõra raku suunas ja “seedib” selle ära
 - Makrofaagid – vabastavad tsütotoksiine
 - Kapseldamine – võõrad rakud kaetakse immuunrakkude kihiga

- Humoraalne:

- Toksiinid – olemas mõnede loomade kudedes
- Valgud – aglutiniinid, lektiinid
- Ensüümid – lüsotsüüm

Adaptiivne immuunvastus...

- Spetsiifiline antigeeni suhtes
- Pikaajaline mälu
- Omane selgroogsetele
- Näiteks rott +

Nippostrongylus brasiliensis

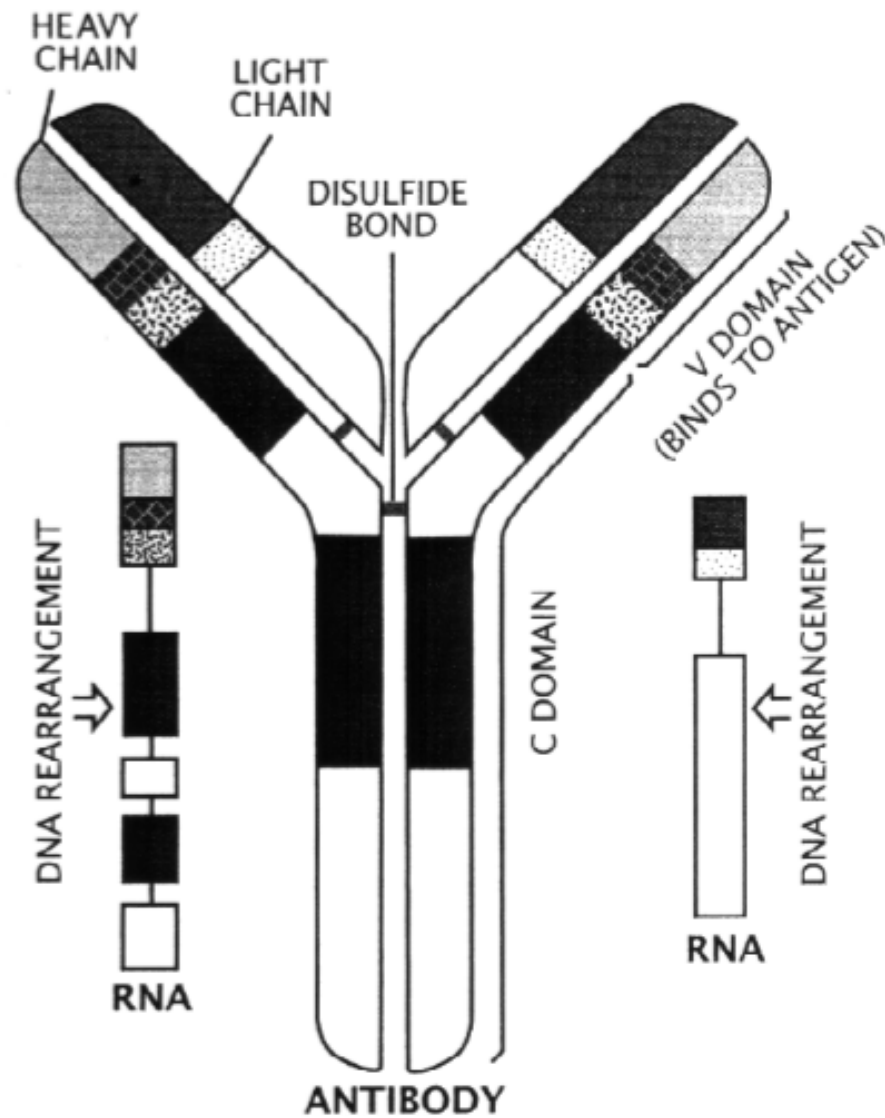
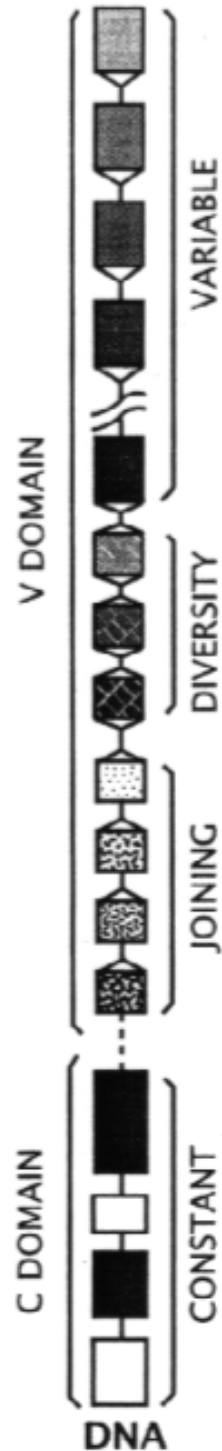


Leukotsüütide mitmekesisus...

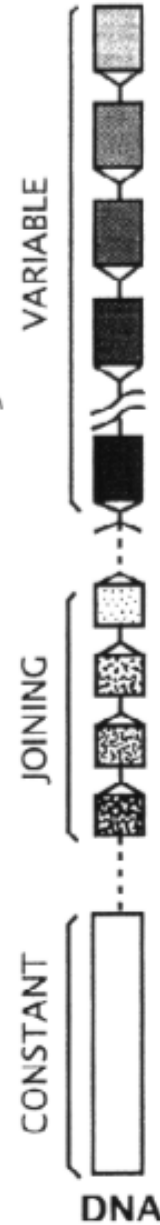
- Monotsüüdid – paiknevad erinevates kudedes, neist arenevad kudede makrofaagid. Tunnevad ära MHC allkirja, kui see ei ole vastavuses, käivitab immuunreaktsiooni. Vabastavad tsütotoksilisi ensüüme.
- Reaktiivsed hapniku- ja lämmastikuühendid
- Neutrofiilid – lühiealised, surevad pärast võõrkeha fagotsüteerimist. Vabastavda tsütotoksilisi ühendeid.
- Eosinofiilid – tunnevad ära suuri rakuväliseid parasiite, sünteesivad nende vastu toksilisi ühendeid.

- Lümfootsüüdid – vastutavad antigeenide spetsiifilise äratundmise eest. B- ja T-rakud. B- rakud toodavad antikehasid.
- Antikehad – immuunuglobuliinsed (Ig) valgud, koosnevad neljast osast

HEAVY CHAIN

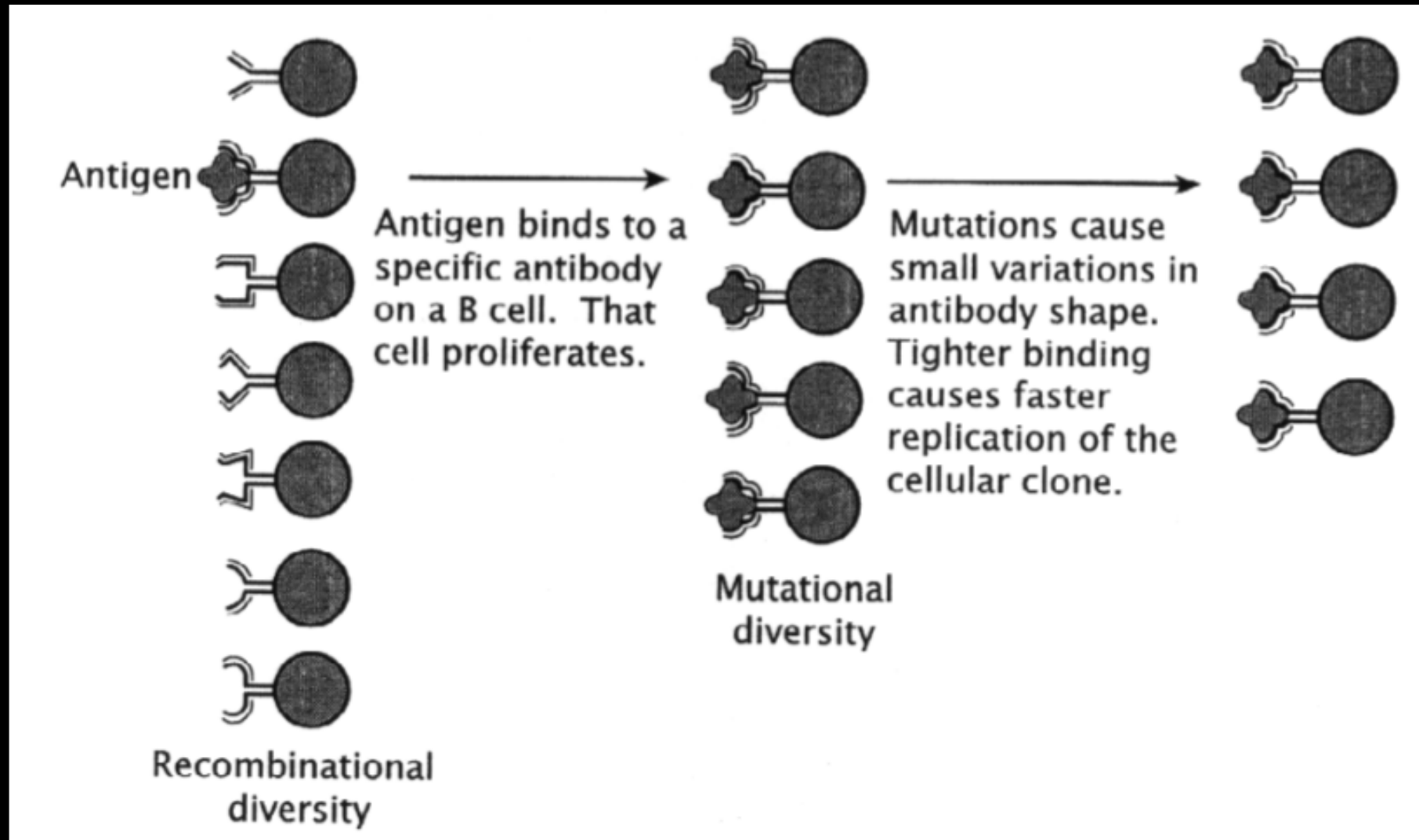


LIGHT CHAIN



- Antikehade tüübid –
 - IgM esimene immuunoglobuliin, mis toodetakse vastusena nakkusele, stimuleerib fagotsütoosi
 - IgG – vahetab 4 – 5 päeva pärast välja IgM-id. Aktiveerivad immuunrakke
 - IgA – produtseeritakse kehavedelike poolt
 - IgE – seotud mastirakkudega, põhjustab neist keemiliste ühendite vabastamise. Histamiin. Kudede permeaablus.

Antigeeni-antikeha sobivus...



- Antikehade tüübid –
 - IgM esimene immuunoglobuliin, mis toodetakse vastusena nakkusele, stimuleerib fagotsütoosi
 - IgG – vahetab 4 – 5 päeva pärast välja IgM-id. Aktiveerivad immuunrakke
 - IgA – produtseeritakse kehavedelike poolt
 - IgE – seotud mastirakkudega, põhjustab neist keemiliste ühendite vabastamise. Histamiin. Kudede permeaablus.
- Vaktsineerimine

Selgrootute immuunsüsteem...

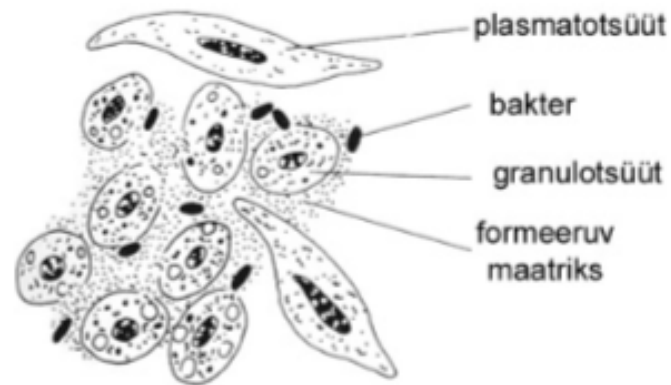
- Peamine erinevus selgroogsete immuunsüsteemist on mälu ja sellega seoses olevate antikehade puudumine
- MHC puudumine, seega saab võtta jäseme ühelt loomalt ja implanteerida liigikaaslasele
- Oskab vahet teha enda ja võõraste rakkude vahel
- Immuunvastus jagatakse kaheks osaks: humoraalne ja rakuline immuunvastus

Selgrootute immuunsüsteem...

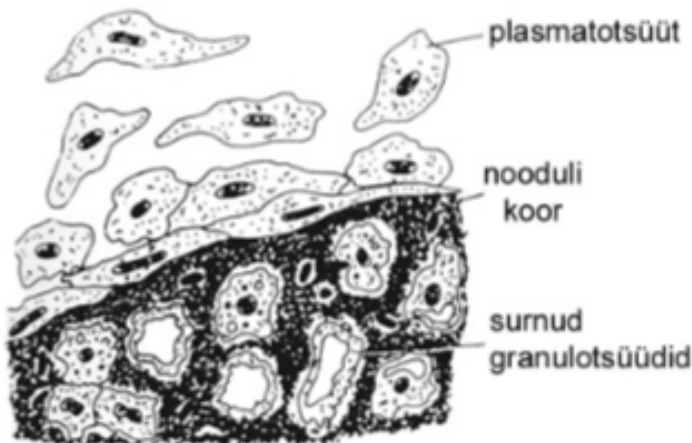
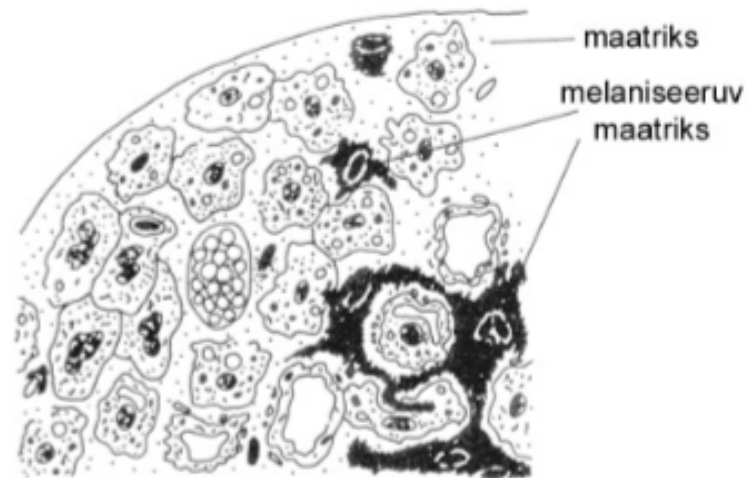
- Võõrkehade äratundmises olulised pinnastruktuurid
 - Peremehe poolt hemotsüütidel paiknevad aglutiniinid
 - Parasiidi poolt
 - Lipopolüsahhariidid
 - Beeta – 1,3 – glükaanid
- Rakuline kaistemehhanism – hemolümfis ringlevad hemotsüüdid
 - Bakterid, viirused, seened, hulkraksed organismid
 - Fagotsütoos
 - Kapslid, noodulid
 - Melaniin

Nooduli moodustumine...

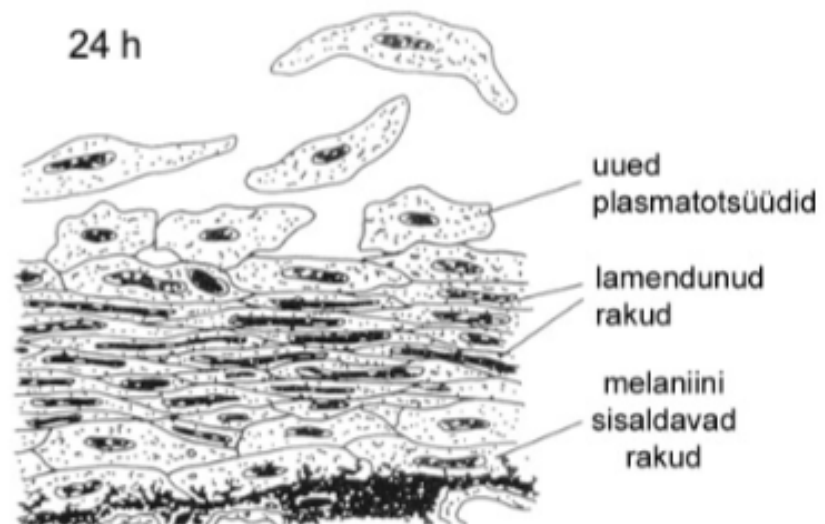
1 min



30 min

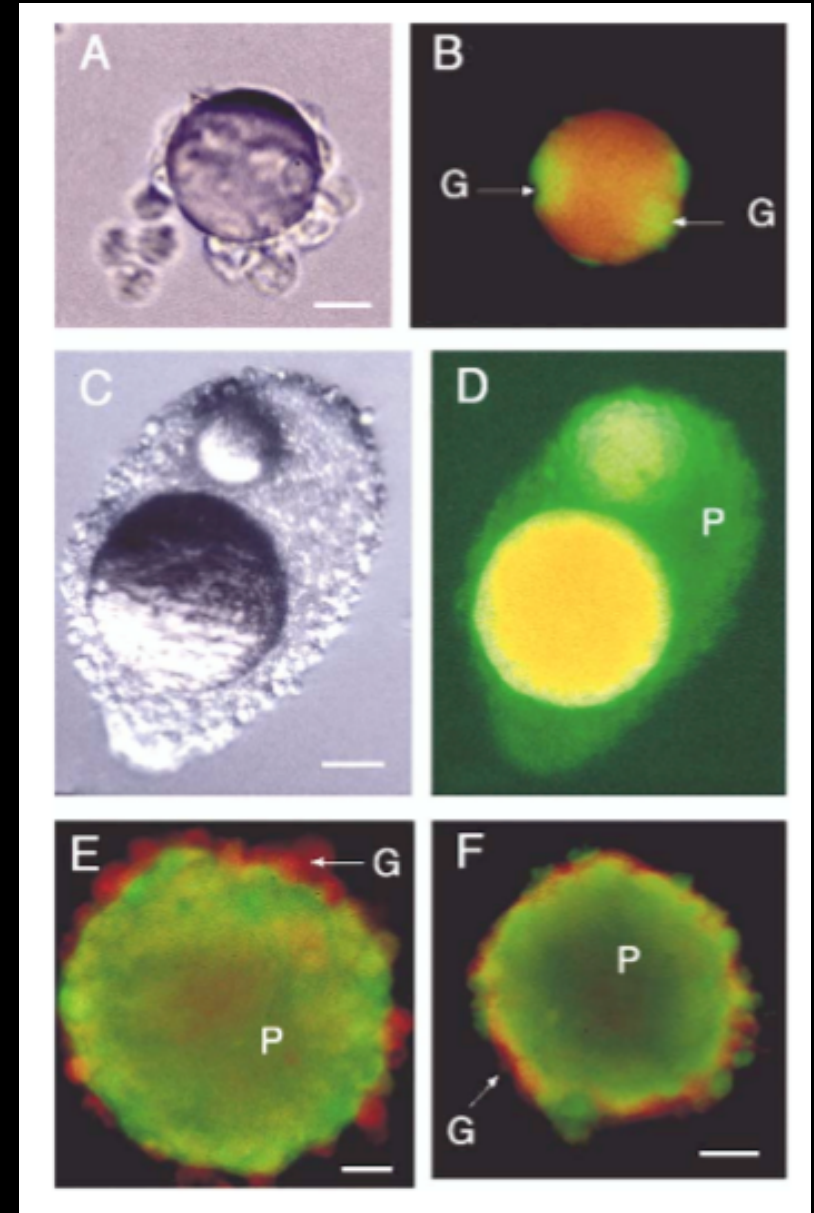


24 h

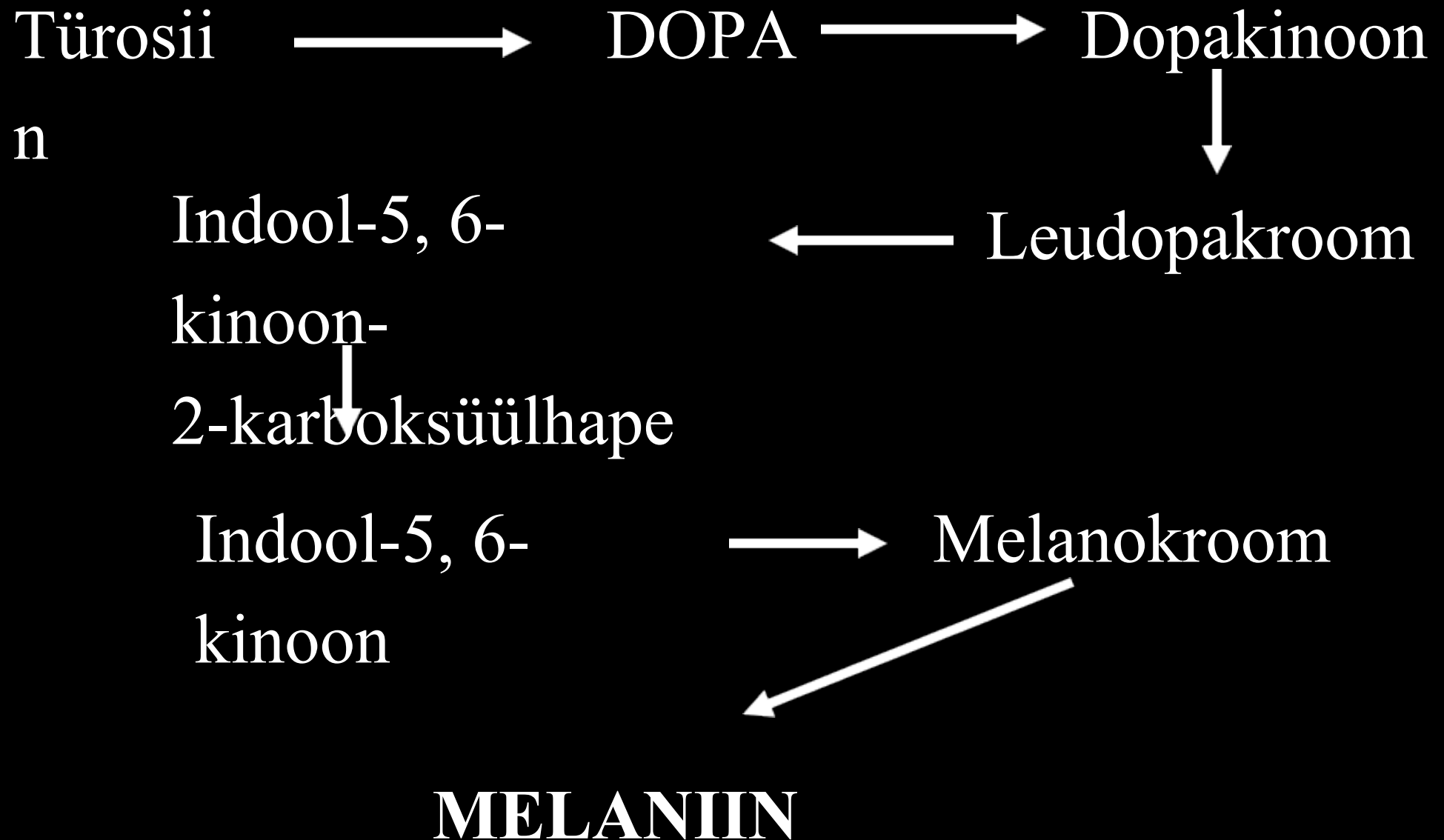


Kapsli moodustumine...

- Kapsel moodustatakse reeglina hulkrakse parasiidi ümber, koosneb tavaliselt plasmatotsüütidest ja granulotsüütidest



Melaniini sünteesirada (PO –kaskaad):



Humoraalne kaitsemehhanism...

- Antimikroobsete valkude süntees
 - Toimub rasvikus, hemotsüütides
 - Sünteesitakse pärast teatud signaali saamist
 - Peamiselt bakterite vastane kaitse

Immuunökoloogia...

- Immuunsütseemi arengut ja üleval pidamist peetakse kulukaks
- Piiratud ressursside tingimustes tuleb teha otsuseid kuhu ja kui palju ressursse paigutada
- Tuleb hinnata keskkonna parasiidi rohkust
- Lõivsuhted

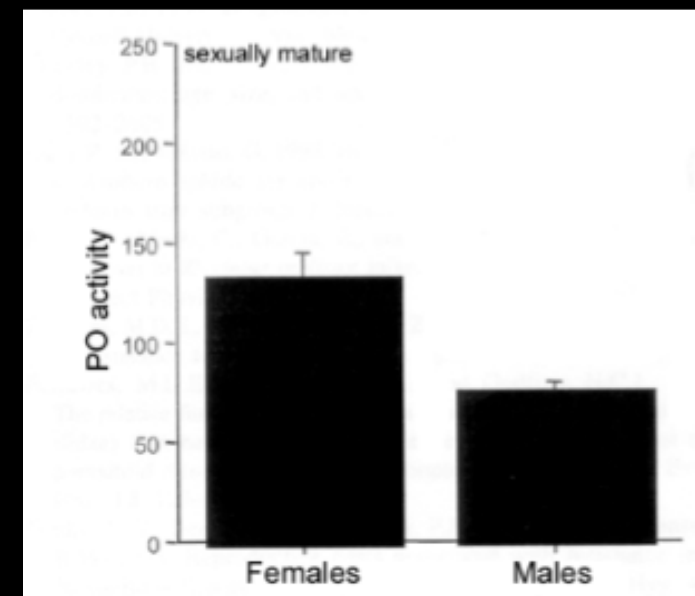
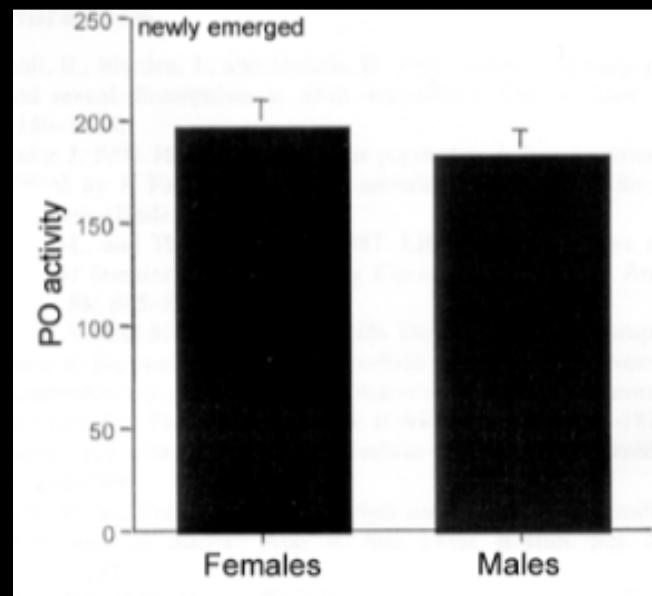
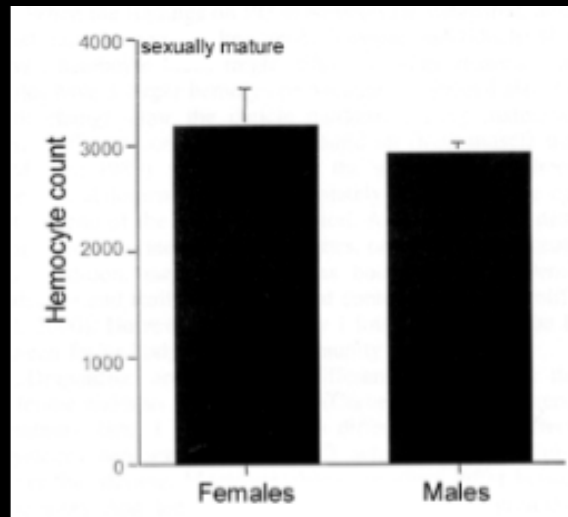
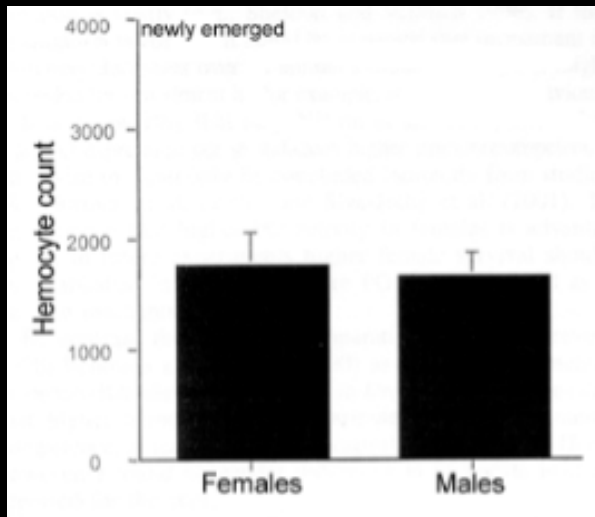
Kasvutiheduse mõju...

- Paljud loomad on võimelised kasvutiheduse põhjal otsustama millistesse tunnustesse ressursse paigutada (ehk kasvutihedusest sõltub geeniekspressioon, mis mõjutab fenotüüpi)
- Suurem kasvutihedus viitab suuremale tõenäosusele nakatuda mingi patogeeniga
- Harilik jahumardikas (*Tenebrio molitor*) paigutab immuunsüsteemi enam, kui kasvab suurematel tihedustel



Soost ja east tulenevad erinevused...

- Kiilidel on vaadatud immuunparameetrite erinevusi noortel ja vanadel loomadel



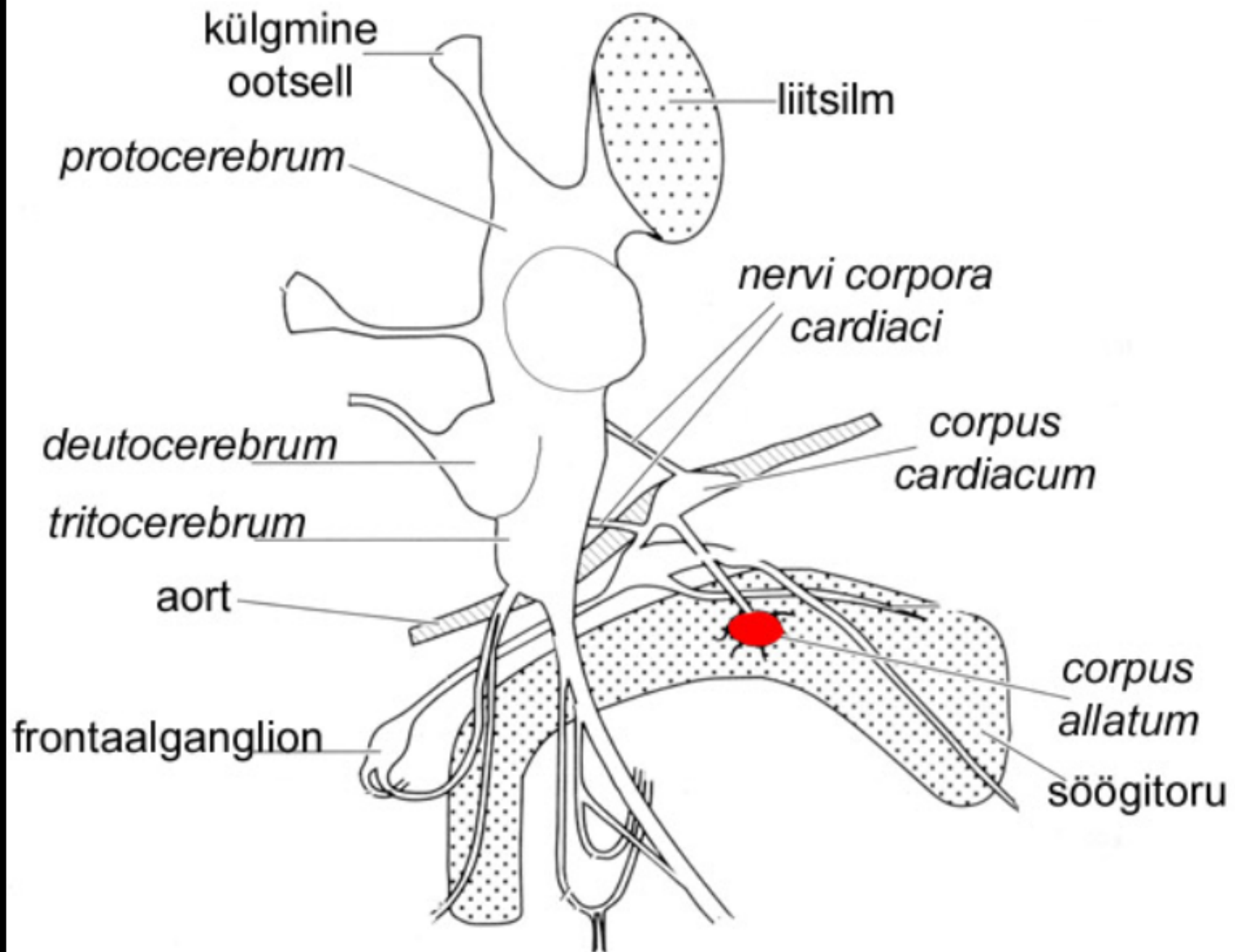
Soost tulenevad erinevused...

- Koonlasel on leitud soolised erinevused hemotsüütide hulgas ja PO aktiivsuses emastel ja isastel



Juveniilhormooni mõju...

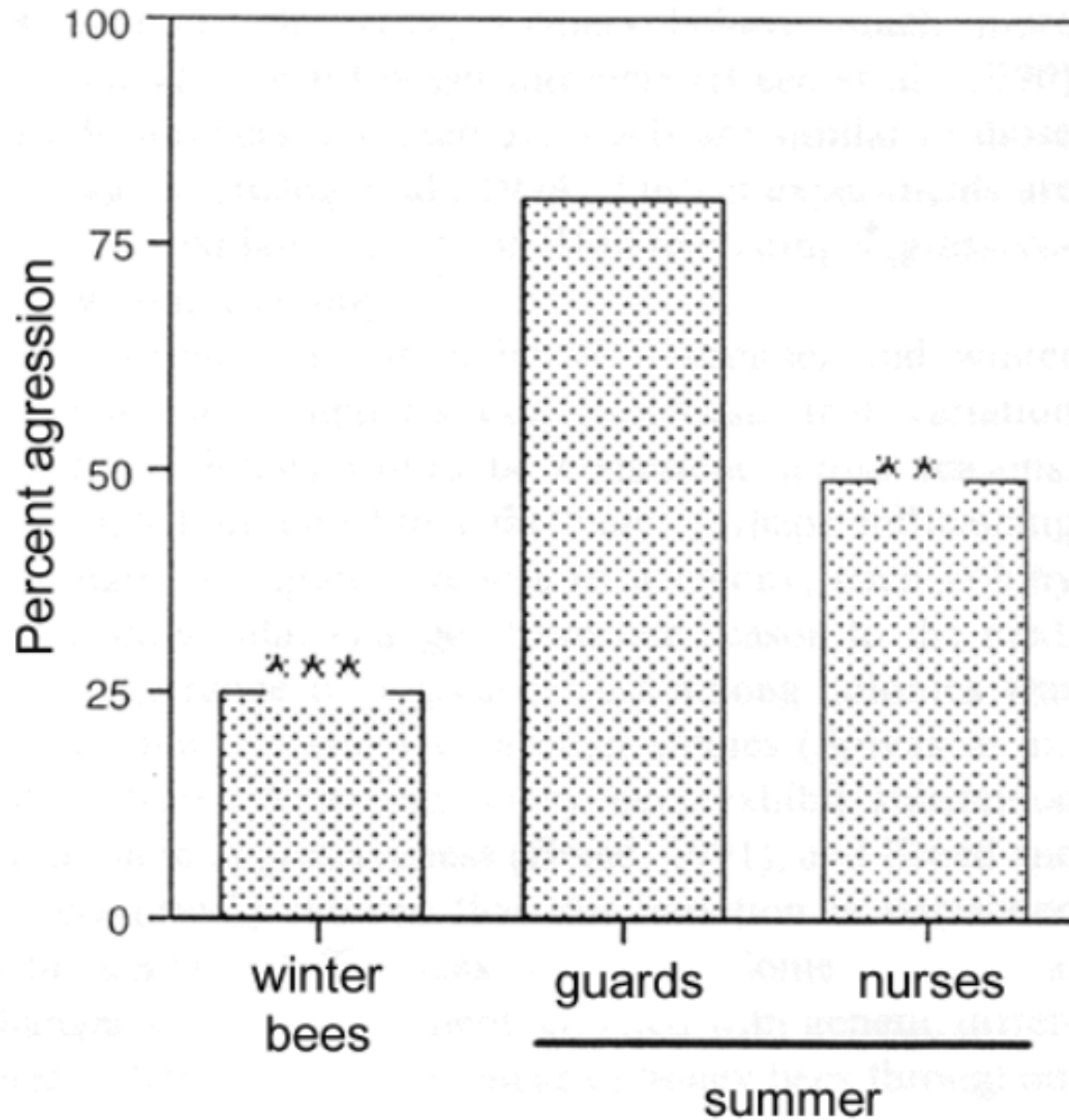
- Juveniilhormoon on oluline hormoon putukatel, sünteesitakse *corpora allata* poolt



Juveniilhormooni mõju...

- Juveniilhormoon on oluline hormoon putukatel, sünteesitakse *corpora allata* poolt
- Juveniilhormooni sisaldus erineb sesoonselt
- Mõjutab mesilaste käitumist, muutes nad rohkem/vähem agressiivseks

Kimalased



Juveniilhormooni mõju...

- Juveniilhormoon on oluline hormoon putukatel, sünteesitakse *corpora allata* poolt
- Juveniilhormooni sisaldus erineb sesoonselt
- Mõjutab mesilaste käitumist, muutes nad rohkem/vähem agressiivseks
- Mõju on olemas ka immuunsüsteemile

Spodoptera littoralis



- Juveniilhormooniga süstimine põhjustab immuunsupressiooni
- Juveniilhormooni antagonistiga süstimine muudab immuunvastuse tugevamaks

Harilik jahumardikas

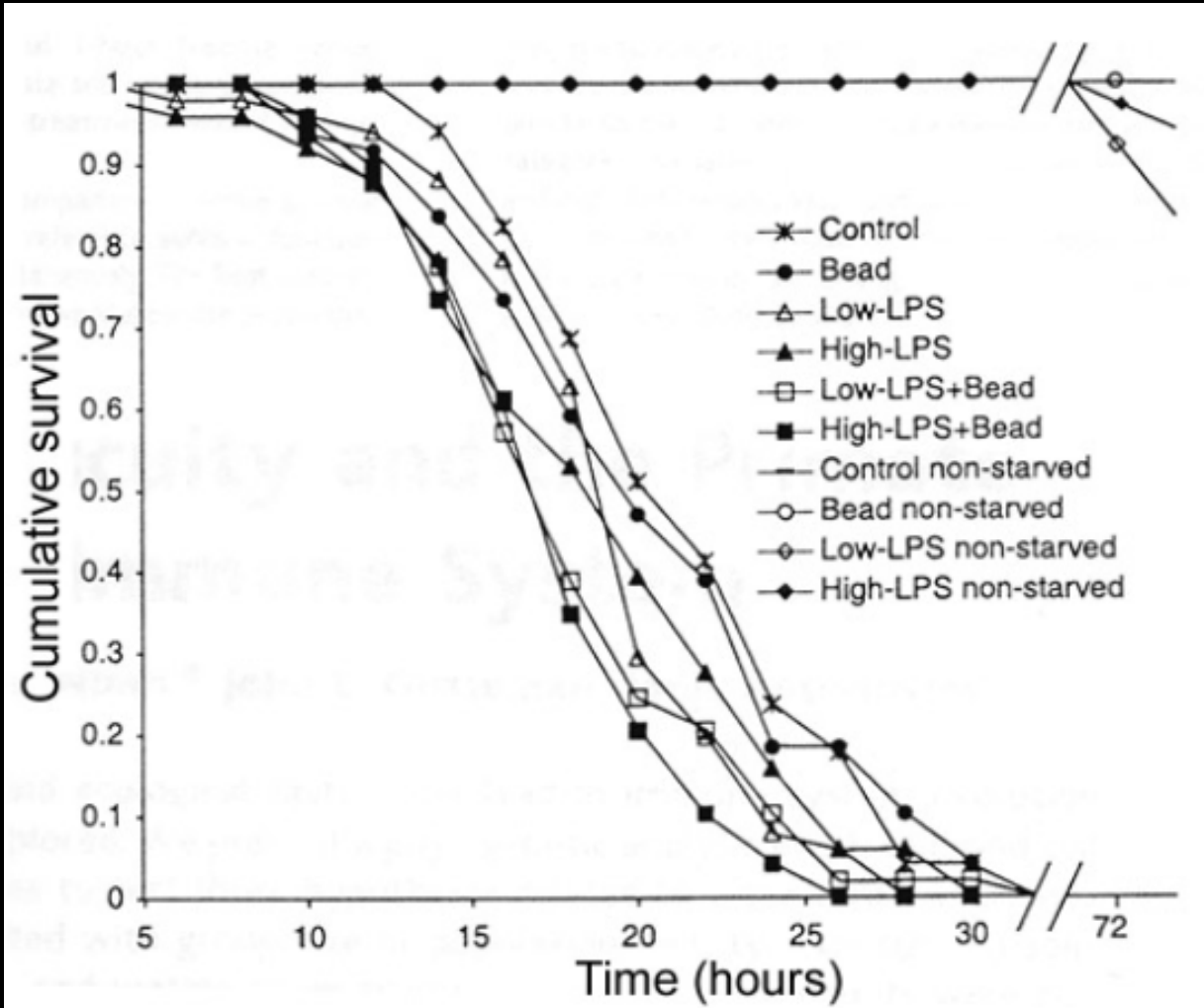


On teada, et putukatel sünteesitakse postkopulaatoorselt juveniilhormooni, juveniilhormoon on aga immuunosupressiivne

Koormuse mõju immuunvastusele...

- Spordimeditiinist on teada, et liigne koormus mõjub immuunsüsteemile pärssivalt
- Immuunökoloogias pole selle alaseid katseid palju tehtud
- Katse mesilastega

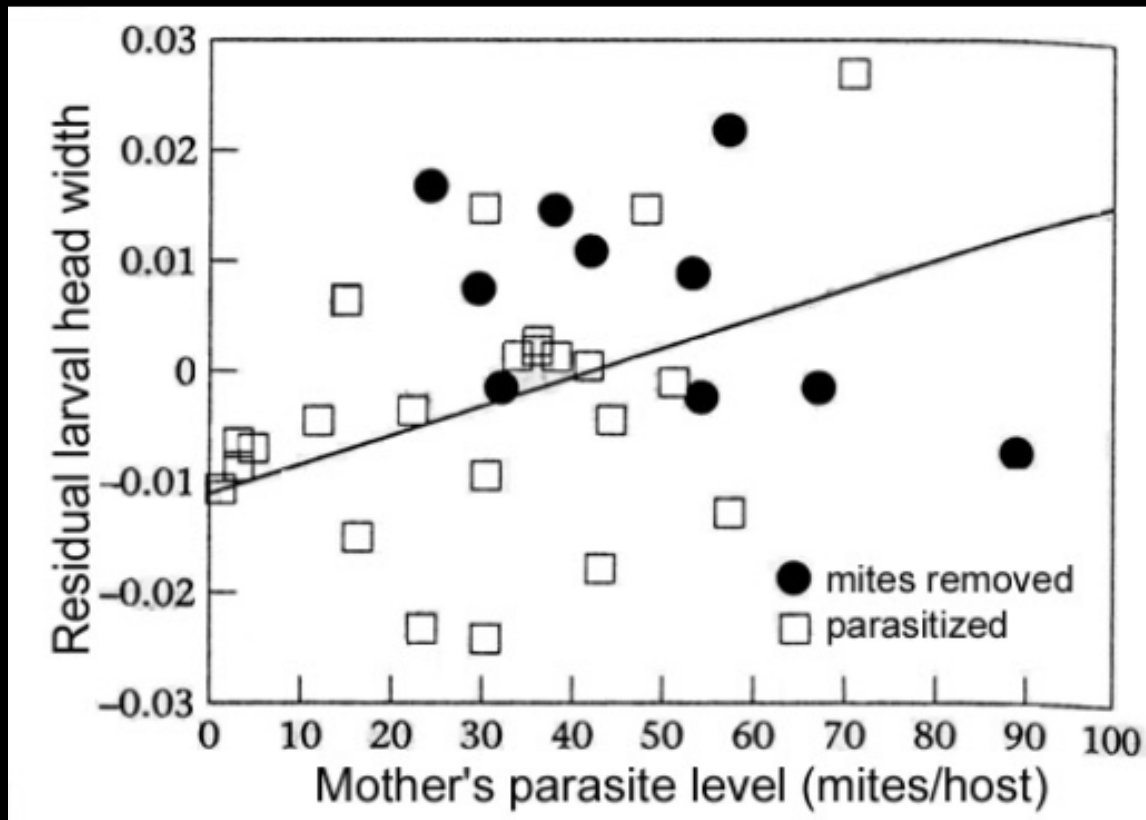
Mesilane



Parasitism ja emaeфекt...

- Nakkus võib mõjutada ema panust järglastesse

Kiil *Coenagrion puella* + *Arrenurus cuspidator*



Parasitism ja isaefekt...

- Samas süsteemis erinevusi tervete ja haigete isaste vahel ei leitud
- Küll aga on teada, et parasiteeritud suure jahumardika ja kilhide isased on emastele vähem atraktiivsed

Immuunsüsteem ja ornamentatsioon...

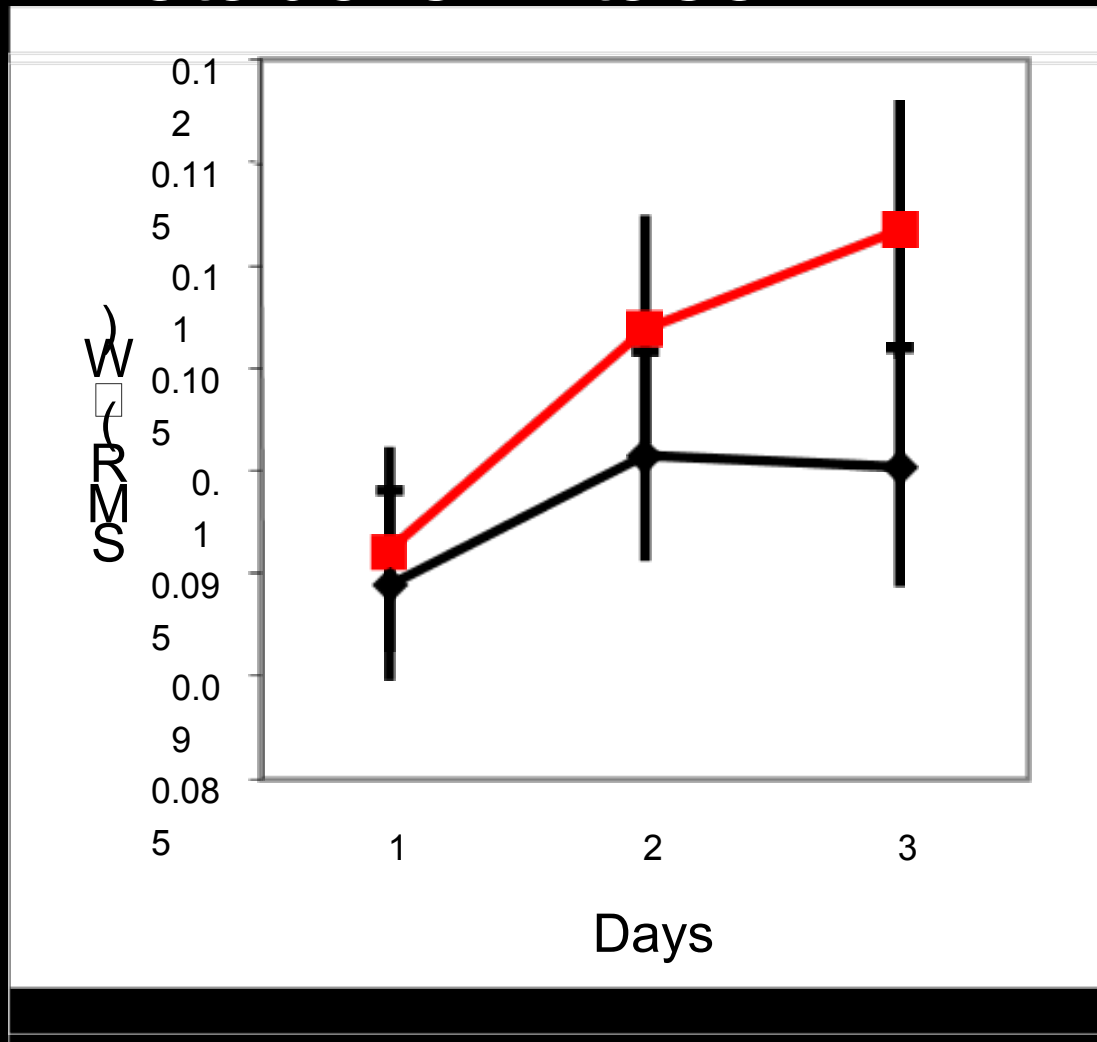
- Palju uuritud just sugulise valiku seisukohast
- Ilusamad loomad immunokompetentsemad?
- Kollane rind ja pikk saba ja ilusad tiivalaigud?



Immuunvastuse energeetiline hind...

- Palju räägitud immuunvastuse kulukusest
- Immuunvastuse hinda on püütud mõõta ka energeetilises mõttes

Implanteeritud loomadel tõusis metabolismi tase



■ - implantaat
◆ - kontroll

$$F_{2.46} = 5.95, p = 0.005$$

Immuunvastuse energeetiline hind...

- Palju räägitud immuunvastuse kulukusest
- Immuunvastuse hinda on püütud mõõta ka energeetilises mõttes

Immuunvastuse esilekutsumine põhjustab tõusu põhi/standardainevahetuses (katsed putukal, linnul, imetajal)



Psühhoneuroimmunoloogia...

- Psühhoneuroimmunoloogia uurib seoseid käitumise, närvisüsteemi ja immuunsüsteemi vahel
- Varem arvati, et immuunsüsteem on autonoomne üksus
- Immuunrakkudel retseptorid hormoonide ja neurotransmitterite jaoks
- Stressi mõju immuunsüsteemile

Psühhoneuroimmunoloogia...

- Immuunvastuse ajal muutub aju elektriline ja keemiline aktiivsus
- Tsütokiinid võivad aju mõjutada
 - Aktiivne transportmehhanism
 - Läbivad nõrgad kohad hemaotoentsefaalses barjääris
 - Aktiveerivad perifeerseid närvirakke
- Haigete loomade iseärasused

Autoimmuunsus...

- Immuunsüsteemi ülesandeks on kaitsta organismi sissetungijate eest
- Teatud juhtudel ei tunne immuunrakud enam enda organismi kudesid ära ja asuvad neid ründama
- Autoimmuunsuse tekke põhjused pole selged:
 - Geneetika
 - Organismi iseärasused
 - Keskkonna faktorid
 - Antigeenide poolt juhitud mehhanismid
- Organispetsiifilised ja mitte-organispetsiifilised autoimmuunhaigused

• Terved vs haiged loomad

