

# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Mistä kurssissa on kyse?

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

---

IUPS  
www.iups.org  
hysiology

INTERNATIONAL UNION OF PHYSIOLOGICAL SCIENCES  
without borders...

Home About Us Members News Reports Bio-Unions/ICSU Trading Post

Genomiikka ja biodiversiteetti

Molekyyli- ja solutasot

Vertailuva fysiologia

Verenkierto ja hengitys

Eritys ja absorptio

Hermosto

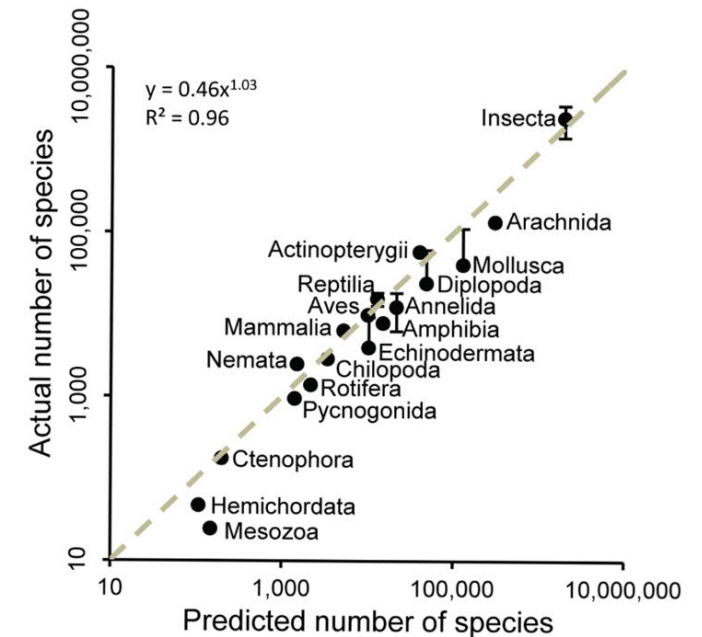
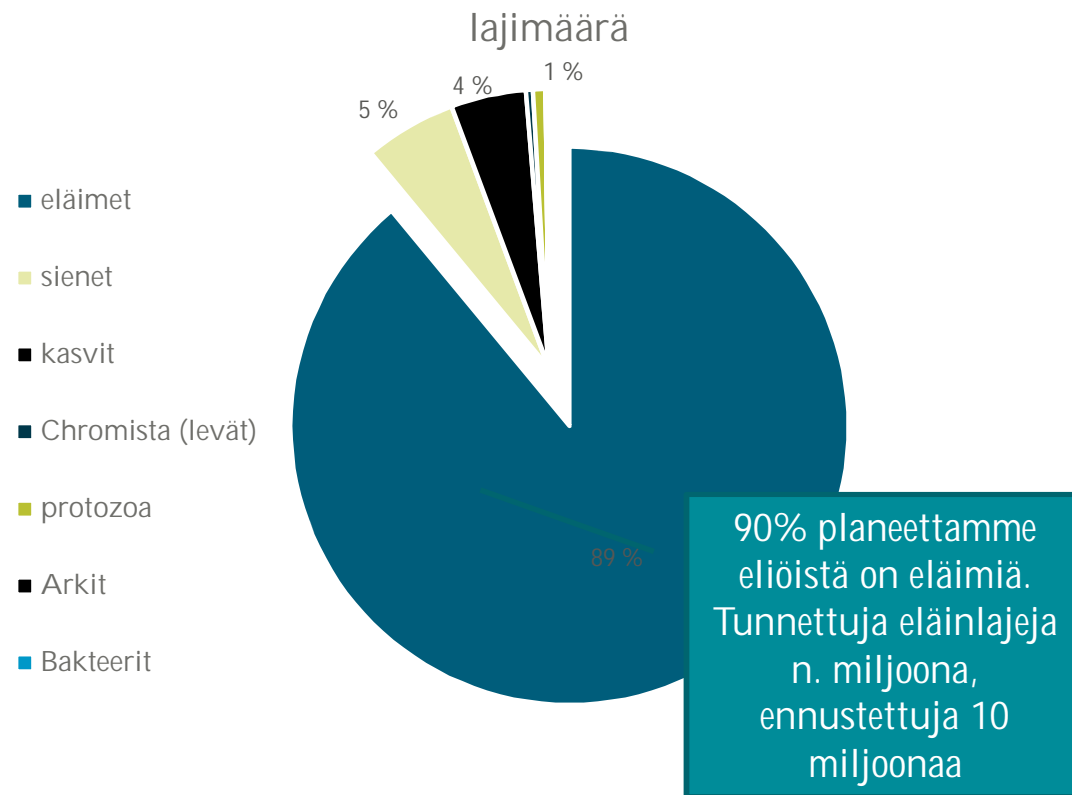
Hormonit, lisääntyminen

Liikkuminen

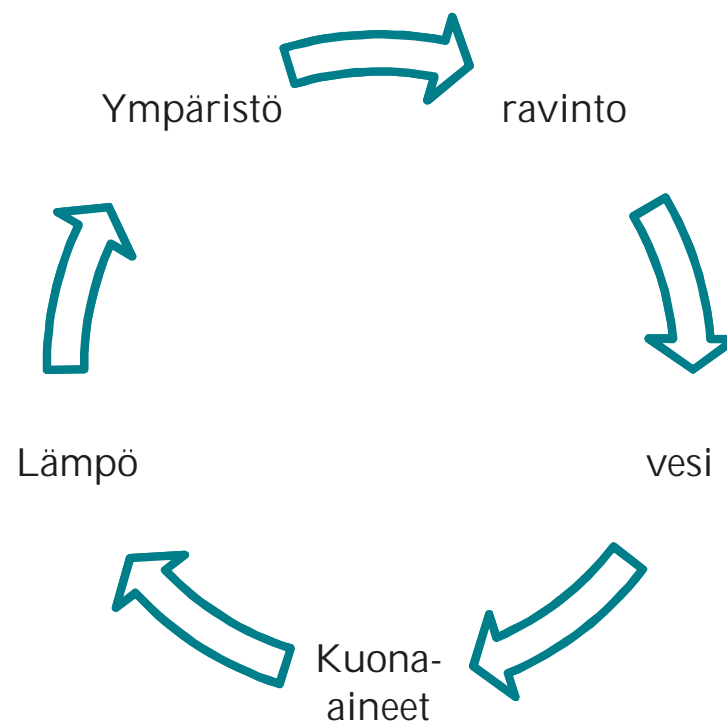
EVENTS  
IUPS2021 Beijing, China  
39th IUPS Marvels of Life - International Symposium on the Frontiers of Life Sciences, Beijing, China, August 20-24, 2021  
Warmest Welcome to the Chinese Association of Physiological Sciences

It is indeed an honor to be elected as the President of the International Union of Physiological Sciences (IUPS) with a stellate globe as its symbol. IUPS provides services to its members and the scientific community. IUPS is committed to promoting the development of physiology and the contribution of physiology to the health and well-being of humanity. IUPS is proud to have organized the 39th IUPS Congress in Beijing, China, in 2021. The Congress was a great success and we are deeply indebted to the organizing committee and staff who worked tirelessly to make it a memorable event. We are also grateful to the American Physiological Society, the Physiological Society and the Scandinavian Physiological Society for their partnership with the organization of the Congress. Last but not least, we are deeply indebted to the

# Eläimet ovat ylivoimaisesti eniten lajikirjoa omaava eliöryhmä



Eläimiä on monenlaisia, mutta ne kaikki kohtaavat samat haasteet





# Kurssin keskeiset termit

Anatomia 'Ana' = ylös 'tomia' = leikkaus, oppi eliöiden rakenteesta (selvitettävissä leikkelemällä)

Fysiologia 'Phusiologia' = luonnon logiikka, oppi eliöiden ja niiden osasten toiminnasta

Histologia Kudosten anatomia eli rakenne. Selvitettävissä mikroskooppisin menetelmin.

# Eläinfysiologian ja histologian kurssin rakenne

## Luennot

- Verkkoluennot Moodlessa
- Kontaktitapaamiset ja Slack-keskustelualusta (max. 7 + 7 % lisäpisteitä.
- Kurssiarvosana määräytyy monivalinta-(50%) ja esseetehtävillä (50%)
- Monivalintatehtävien hyväksytyt suoritus edellytyksenä etenemiselle

## Harjoitukset

- Histologian verkkokoe
- Koe-eläinlainsäädäntö verkkotehtävä
- Laboratorioharjoitukset 4\*4 h
- Laboratoriotöiden palautukset

# Eläinfysiologian ja histologian kurssin aikataulu

Aika	Luennot	Harjoitukset
21.10.-	Eläinten rakenne	Histologian verkkotentti (ei deadlinea)
	Kemiallinen säätely	Hapenkulutus 28.-30.10.
	Verenkierto	
1.11.-	Ruoansulatus	Verenkierto 4.-6.11.
	Eritys	
7.11.-	Immuunipuolustus	Na-pumppuaktiivisuus 11.-13.11.
	Sähköinen säätely	
14.11.-	Hermosto	Varastosokerit ja aistit 18.-20.11.
	Aistit ja liikkeet	

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)





# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Eläinten rakenne ja elämän perusedellytykset

# Rakenne ja toiminta

Elimistön rakenne ja toiminta liittyvät aina läheisesti yhteen.

Siksi kudosten ja elinten rakennetta (**histologia**) käsitellään yhdessä toiminnan (**fysiologia**) kanssa.



Aavikolla elävä mustahäntäjänis (*Lepus californicus*) käyttää korvia lämmönsäätelyelimenä. Päivällä korvat ovat supussa niskassa ja verisuonet supistuneita, jolloin lämpöä ei siirry ympäristöstä eläimeen. Pelkkä rakenne ei ratkaise, vaan se, miten sitä käytetään.

# Eliön ja ympäristön vuorovaikutus

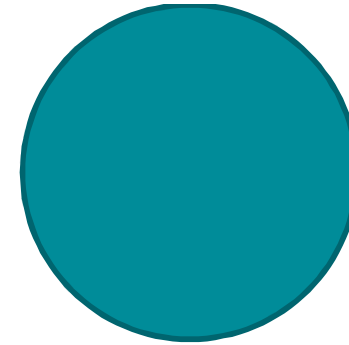


Eläimen koko ja muoto vaikuttaa sen ja ympäristön väliseen vuorovaikutukseen

- Pedoilla ja kasvinsyöjillä on erilaiset hampaat, ruoansulatus jne.
- Tällä on vaikutusta myös ravintoaineiden imeytymiselle, biokemiallisille reaktioille jne.



# Ympäristö vaikuttaa eliöihin eri organisaatiotasolla



Integratiivinen fysiologia: pystyykö hengityselimistö ja verenkierto tarjoamaan riittävästi happea lihaksille?

Elimistö: miten liikuntaelimistö mahdollistaa nopean juoksemisen?

Elin: miten lihas ja sidekudos toimivat yhdessä?

Kudos: miten nopeasti lihaskudos supistuu kokonaisuutena?

Solu: miten solurakenne nopeuttaa lihassolun supistumista?

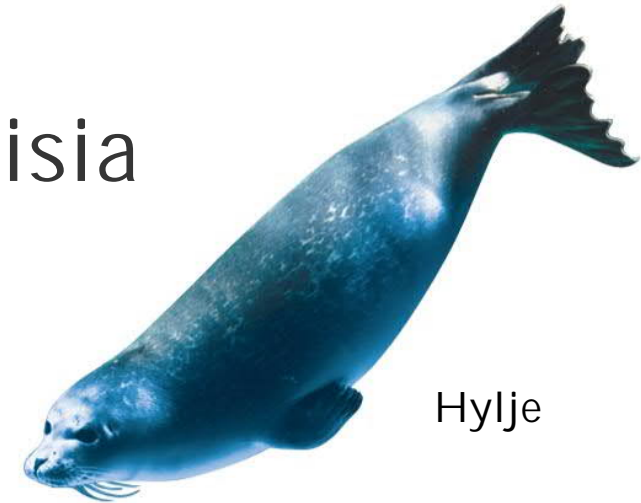
Soluelimet: miten hyvin solu tuottaa energiaa supistumistyölle?

Molekyyli: miten nopeasti sarkomeerit supistuvat?

# Ympäristö voi muovata samanlaisia rakenteita

Diffuusio, liikkuminen ja lämmön siirtyminen tapahtuvat fysiikan lakien mukaisesti.

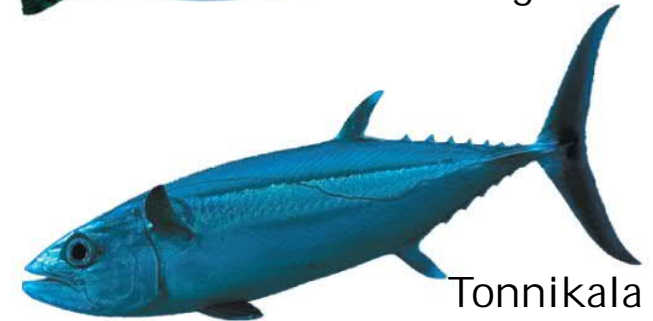
- Esim. vesi hidastaa etenemistä, jolloin nopeilla uimareilla on samanmuotoinen ruumiinrakenne.
- Tämä on esimerkki konvergentista evoluutiosta



Hylje



Pingviini



Tonnikala

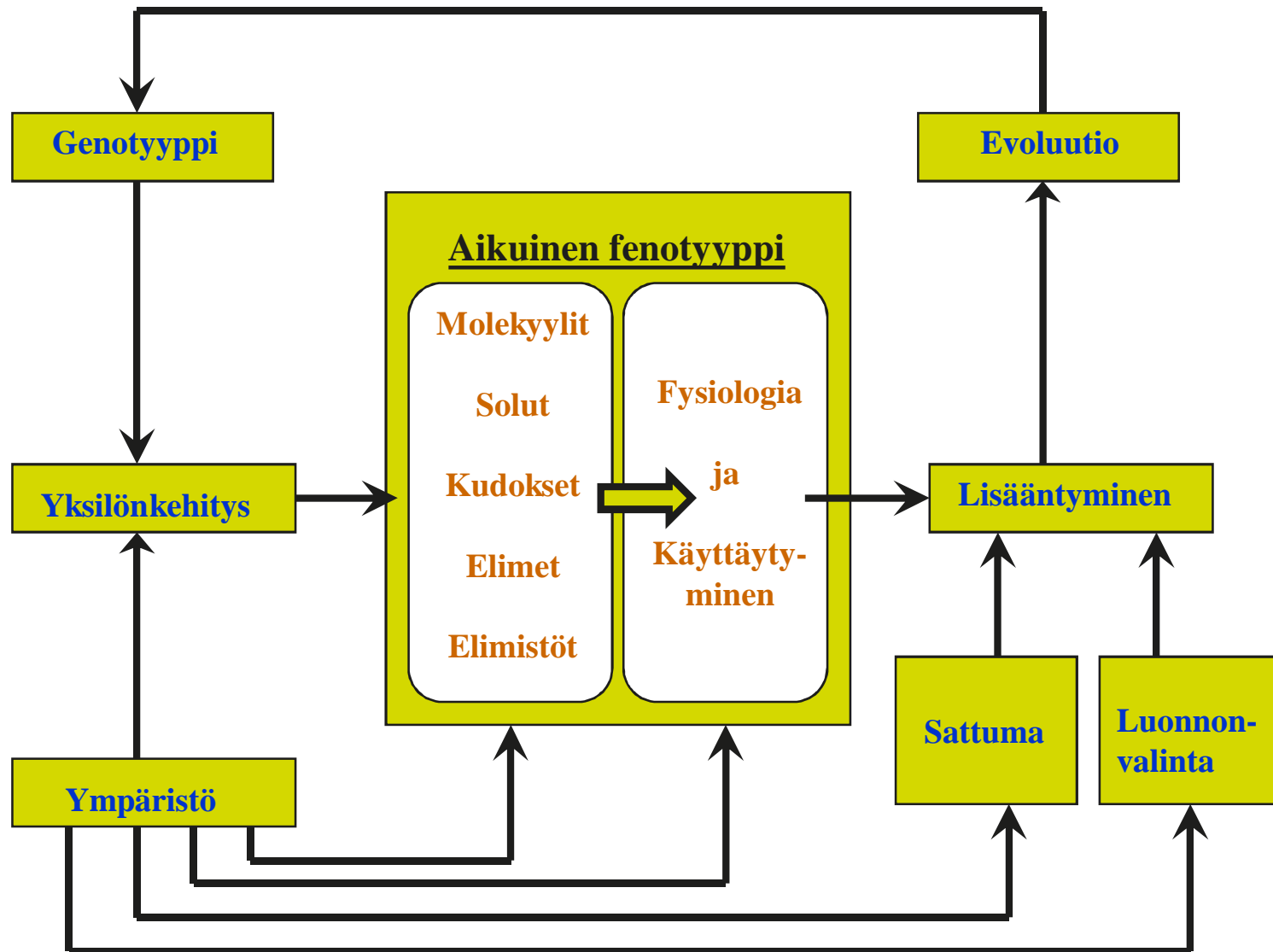
# Kaksi tapaa sopeutua

## Adaptaatio

- Evolutiivinen sopeutuminen
- Luonnonvalinnan tuottamat fysiologiset ratkaisut
- Muutokset geenien yleisyydessä/rakenteessa
- Muutokset palautumattomia

## Akklimaatio

- Fysiologinen joustavuus
- Yksilön sopeutuminen ympäristöön
- Muutokset geenien ilmenemisessä (ekspressiossa)
- Muutokset palautuvia (esim. vuodenaikaiset muutokset)



# Vuorovaikutus ympäristön kanssa

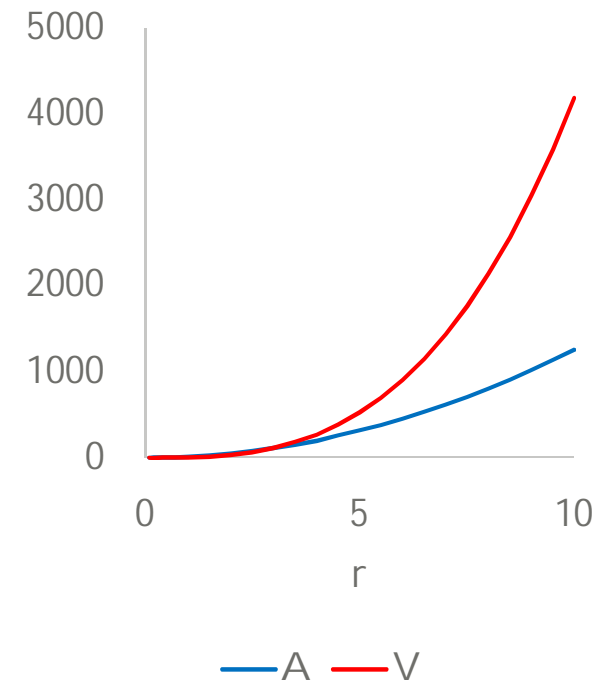
Eliön ja ympäristön välissä on rajapinta, joka estää aineiden siirtymistä. Yksisoluisilla rajapinta voi olla solukalvo, monisoluisilla pinnan muodostavat pintasolut yhdessä.

Aineita (kaasuja, ravinteita, kuona-aineita) on kuitenkin vaihdettava ympäristön kanssa

Vaihto on sitä tehokkaampaa, mitä suurempi pinta-ala (A).  
Lisäksi vaihtoa tehostaa avustettu diffuusio.

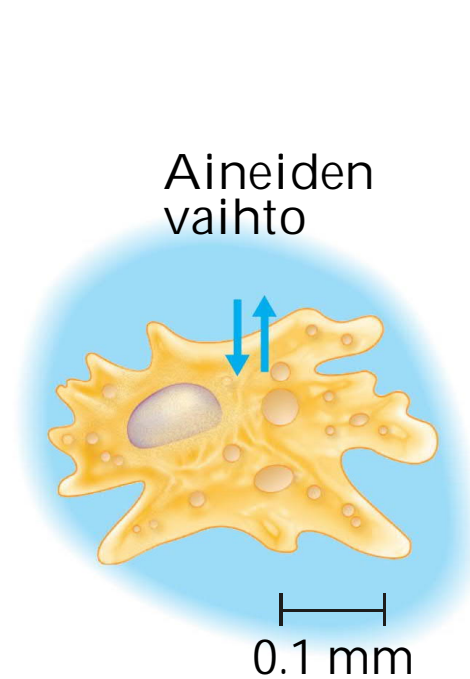
Eliön koon kasvaessa tilavuus kasvaa rajapinnan pinta-alaa enemmän, jolloin vaihdettavaa ainetta on enemmän.

$$A = 4\pi r^2$$
$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

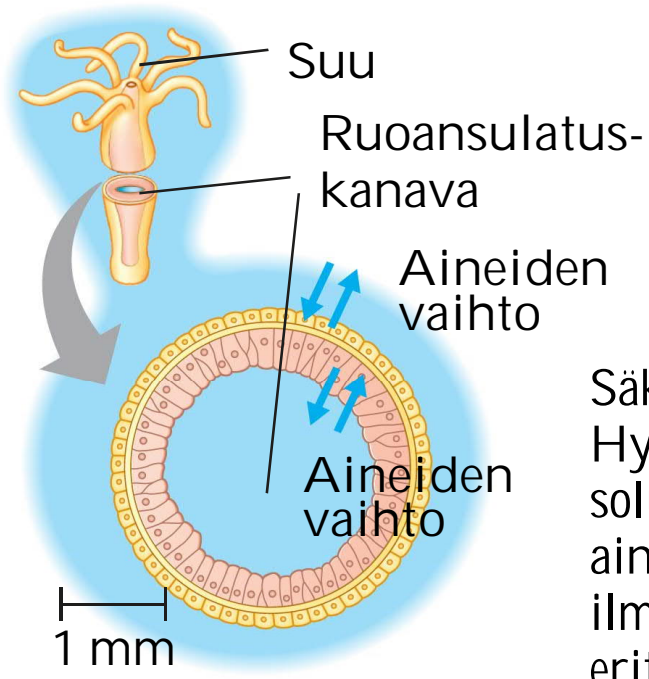


# Aineiden vaihto diffuusiolla

Ameeba on yksisolainen organismi, jolle aineiden vaihto on helppoa.



© 2014 Pearson Education, Inc.



Säkkimäisellä Hydralla vain kaksi solukerrosta, jolloin aineiden vaihto toimii ilman erityisjärjestelyjä-

# Miten eläin toimii?

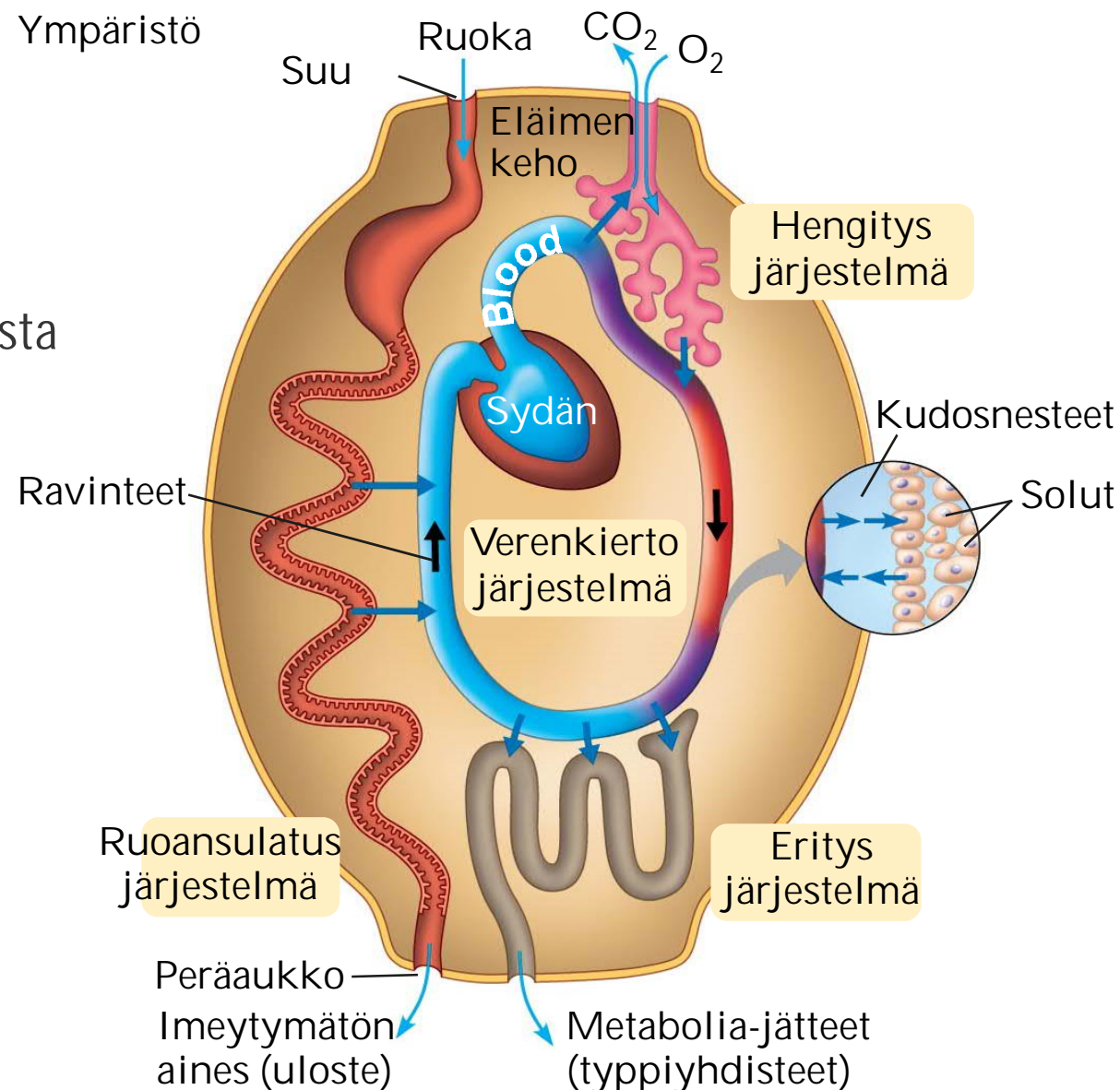
Useimmat eläimet koostuvat useammasta kuin 2 solukerroksesta ja solut ovat erilaistuneet ja muodostaneet kudoksia sekä toiminnallisia elimiä.

Eläimet tarvitsevat:

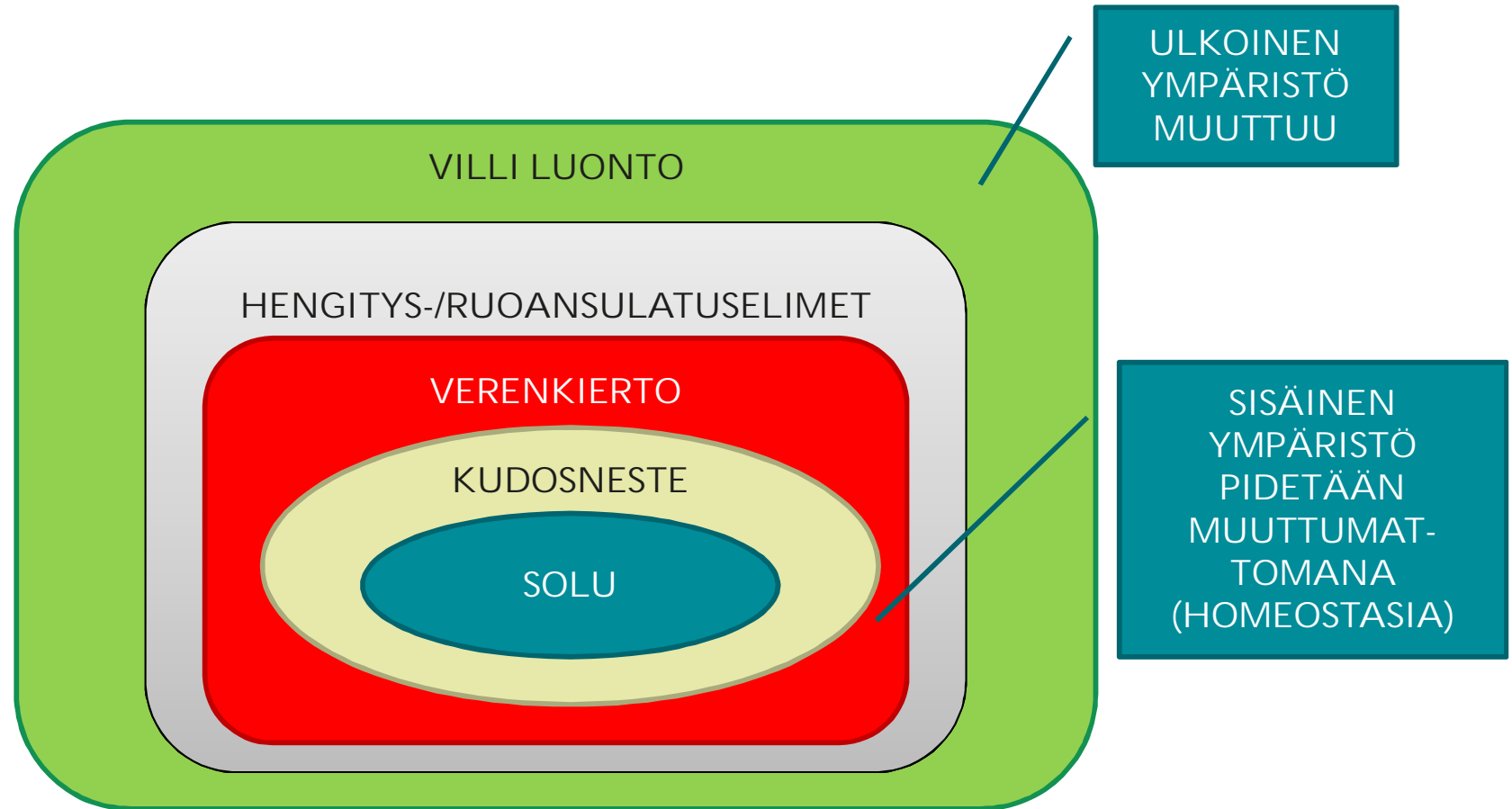
Ravintoa

Kaasujen vaihtoa

Jätteiden käsittelyn  
kuljetusjärjestelmän







# Ruumiinosien hierarkia

Useimmat eläimet koostuvat erilaistuneista soluista, jotka ovat järjestäytyneet kudoksiksi (tissue).

Kudokset muodostavat elimiä (organs)

Esim. verisuonen reuna koostuu pinta-solukosta ja sileistä lihassoluista

Elimet toimivat yhdessä muodostaen elimistöjä, elinjärjestelmiä (organ system)

Hakuteoksesta riippuen elinjärjestelmien lukumäärä vaihtelee ja jotkut kudokset, kuten munuainen kuuluvat useampaan elimistöön.

# Elimistöt

Lihaskudos

Iuusto

hermosto

Endokriininen

verenkierto

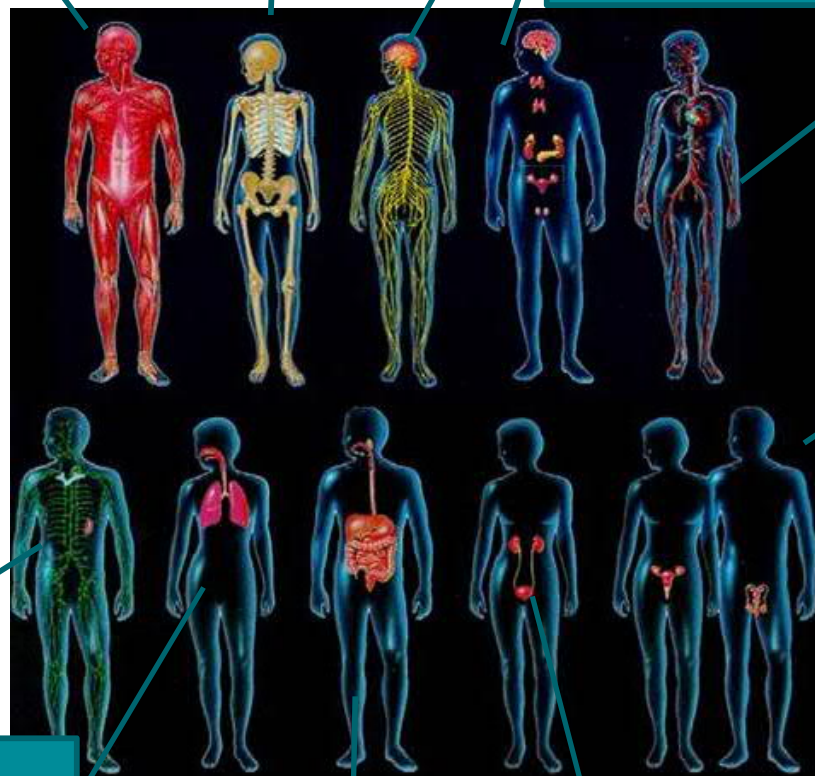
lisääntyminen

immuunijärjestelmä

hengitys

Ruoansulatus

Eritys



Lisäksi elimistöiksi lasketaan usein:

- Iho/eksokriininen
- Hemapoeettinen (verisolujen muodostus)

elimistö	osat
Ruoansulatus	Suu, nielu, vatsalaukku, ohut- ja paksusuoli, maksa, munuainen, peräaukko
Verenkierto	Sydän, verisuonet, veri
Hengitys	Keuhkot, kurkkutorvi ja muut kehkoputket
Immuunipuolustus	Luuydin, imusolmukkeet, kateenkorva, perna, imusuonet
Eritys	Munuaiset, virtsarakko ja -johdin
Endokriininen	Aivolisäke, kilpirauhanen, munuainen, lisämunuainen, ja muut hormoneja erittävät rauhaset
Hermosto	Aivot, selkäydin, hermot, aistielimet
Iho	Iho (ml. Karvat, kynnet, hikirauhaset)
Luusto	Luuranko (luut, nivelet, jänteet, rusto)
Lihask	Luustolihakset
Lisääntyminen	Munasarjat, kivekset, sukupuolielimet

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



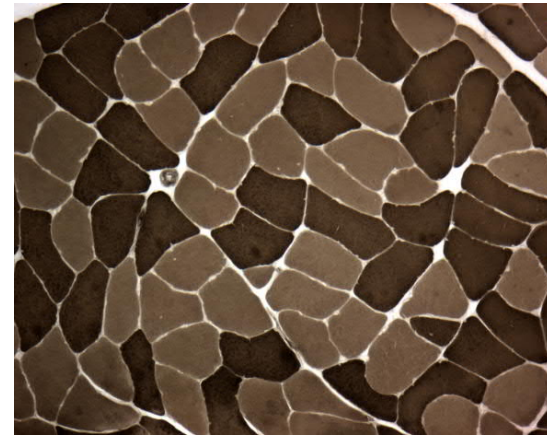
# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Kudokset

# Histologia - yleistä

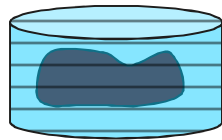
- Histos = kudosis, logos = oppi
- Mikroskooppista anatomiaa (tutkii solujen, kudosten ja elinten rakennetta mikroskooppia apuna käyttäen)
- Histopatologia: kudosten epänormaali rakenne ja toiminta.
- Histokemia: solujen ja kudosten biokemiallinen rakenne ja molekyylien paikantaminen soluissa.



Poikkijuovaisen lihaksen erilaisten lihassyiden (lihassolujen) entsyymi-histokemiallinen (myosiini-ATPaasiin perustuva) värjäys.



# Kestopreparaatit

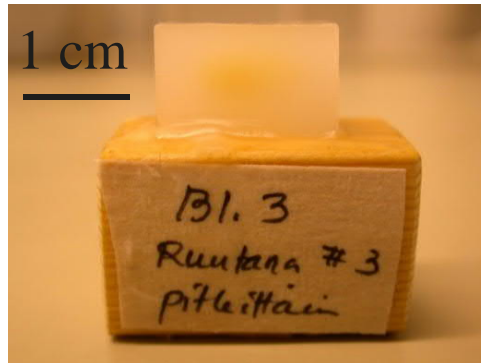


## Kestävöinti:

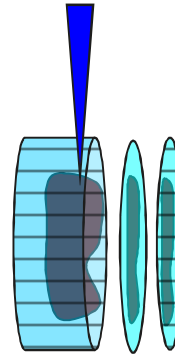
- estää kudoksen hajoamisen
- esim. 4% formaldehydi

## Valaminen:

- mahdollistaa kudoksen leikkaamisen
- esim. parafiini tai muoviharts



UEF // University of Eastern Finland *Parafiiniin valettu näyte*

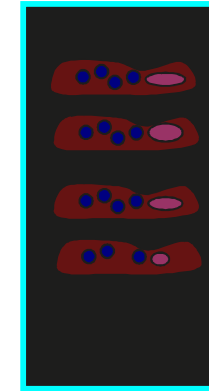


## Leikkaaminen:

- saadaan ohuita ja läpinäkyviä leikkeitä

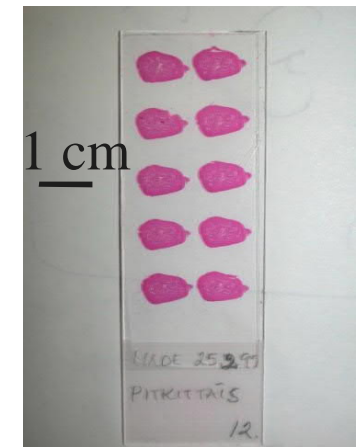


Mikrotomi



## Värjääminen:

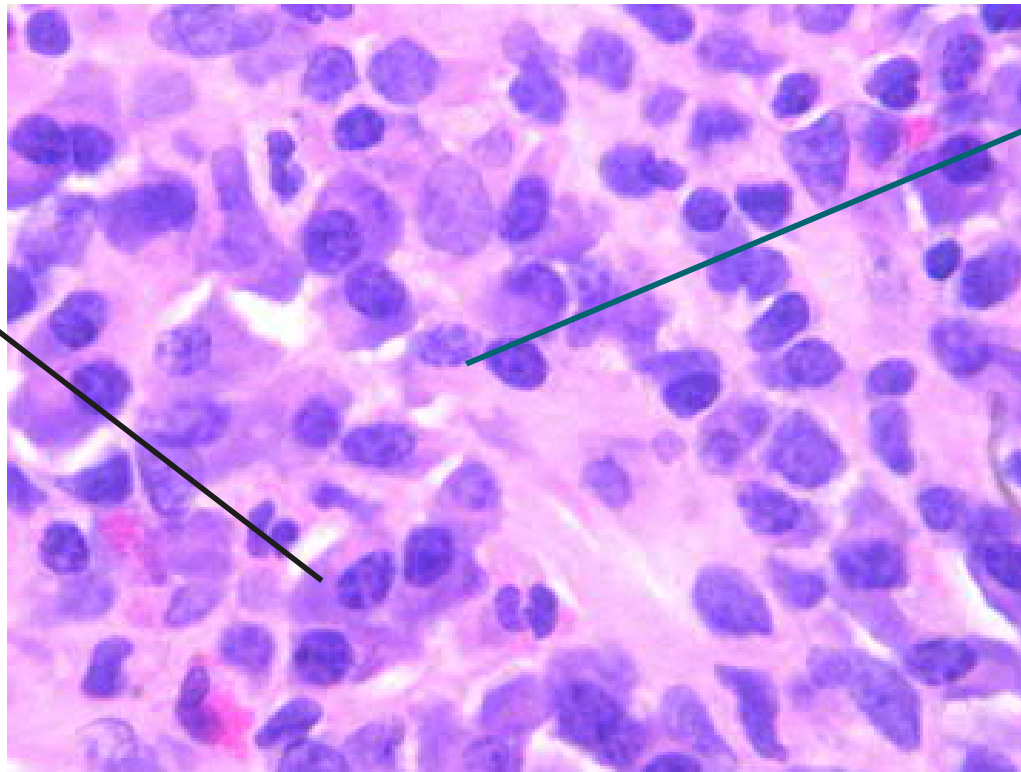
- värittömään kohteeseen saadaan kontrastia
- rakenteet tulevat näkyviin
- esim. hematoksyliini-eosiini



*Värjättyjä leikkeitä objektilasilla (kestopreparaatti)*

# Hematoksyyleeni-eosiini-värjäys

Eosiini ja muut happamat väriaineet värjäävät asidofiilisiä kohteita (mitokondriot, eritejyväset ja kollageeni) punaiseksi



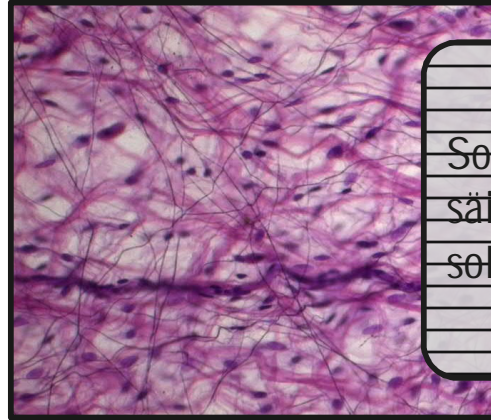
Hematoksyyleeni ja muut emäksiset väriaineet värjäävät basofiilisiä kohteita (DNA, RNA, glukosaminoglykaanit) sinisiksi

	Käyttökohde	tuma	syto- plasma	puna- solut	säikeet	värjäys erottaa nämä kohteet
Hematoksyliini	yleinen värjäys eosiinin kanssa	sin	-	-	-	DNA, RNA, rER (sininen)
Eosiini	yleinen värjäys hematoksyliinin kanssa	-	pink	or / pun	pink	verkkokalvon sidekudos ja joustava sidekudos (pinkki)
perjodihappo (PAS)	tyvikalvo, hiilihydraatit	sin		-	pink	glykogeeni ja muut hiilihydraatit (purppura)
Toluidiinin sininen	yleinen värjäys	sin	sin	sin	sin	Mast-solujen granulat (purppura)
Gomorin 3-väris	sidekudos, lihaskudos	harm / sin	pun	pun	sin / vihr	Lihaskudos (punainen)
Massonin 3-väri	sidekudos	must	pun / pink	pun	sin / vihr	Rusto (sininen/vihreä) lihas (punainen)
Mallorin 3-väri	sidekudos	pun	v-pun	or	sin	keratiini (oranssi, rusto sininen) luu (sininen)
Weigertin elastinen värjäys	joustava sidekudos	sin / must	-	-	-	joustavat sidekudokset (sininen/musta)
Heidenhainsin azan-värjäys	erottaa solut solunulkoisista komponenteista	pun / purp	purp	pun	sin	lihakset (punainen) rusto ja luu (sininen)
Hopeavärjäys	verkkokalvon säikeet, hermosäikeet	-	-	-	-	verkkokalvon säikeet (ruskea/musta), hermosäikeet (ruskea/musta)
Wrightin värjäys	verisolut	purp	harm	pun	-	neutrofiilit (purppura/pinkki) eosinofiilit (punainen/oranssi) basofiilit (purppura/violetti) verihiutaleet (punainen/purppura)
Orceinin värjäys	joustava sidekudos	sin	-	pun	pink	joustava sidekudos (ruskea) mastsolut (purppura) sileä lihas (sininen)

# Kudokset



sidekudos



Solujen lisäksi  
sälkeet ja  
soluväliaine

Lihaskudos



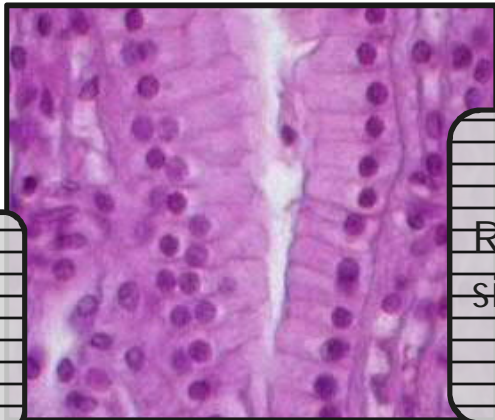
Supistumis-  
kykyiset solut

hermokudos



Hermosolut ja  
hermoapusolut

epiteeli



Reuna, aineiden  
siirtäminen

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Epiteeli

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

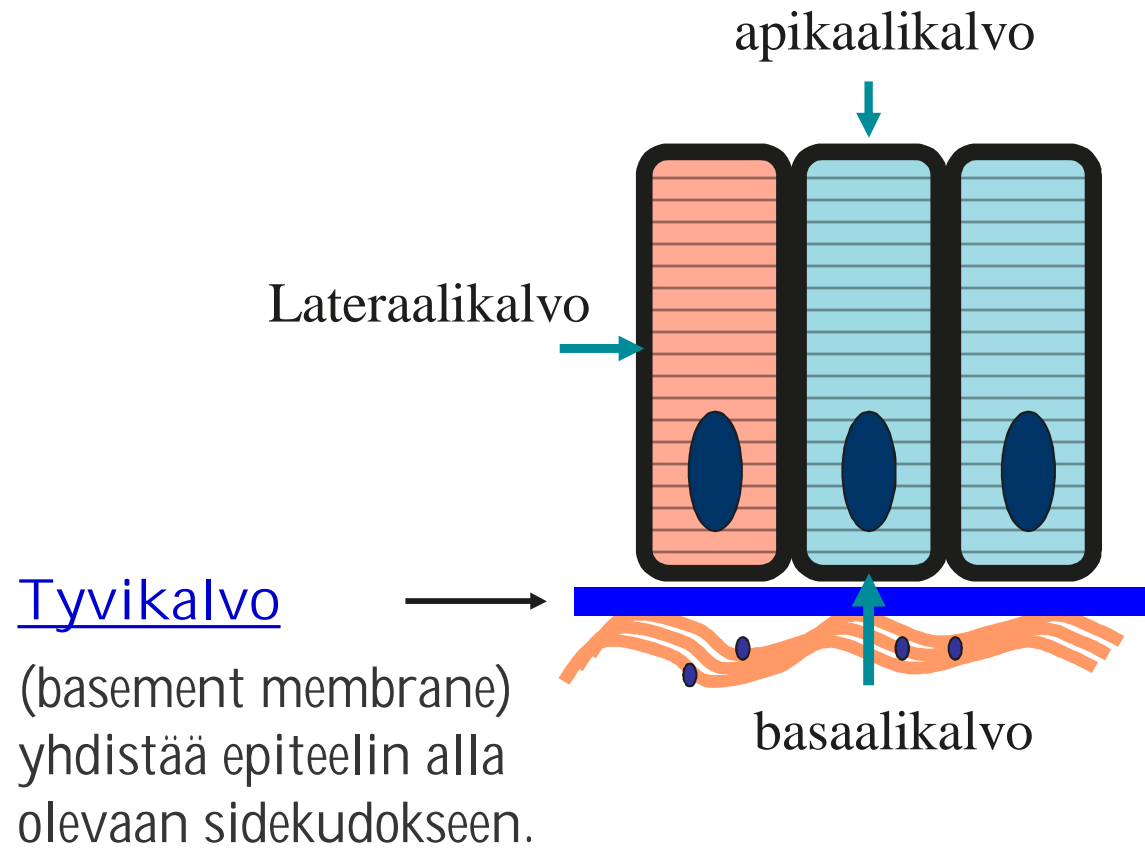
---

# Epiteelikudos

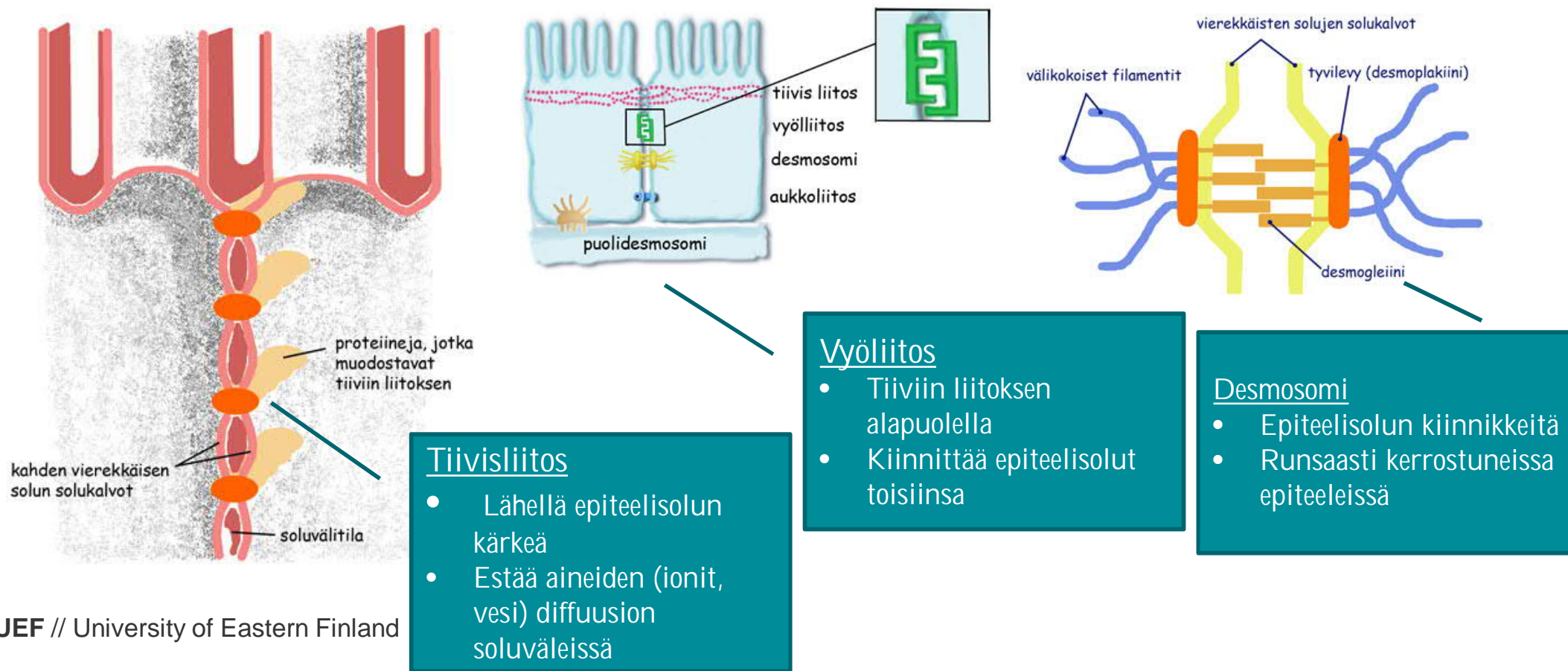
- Epiteelikudos muodostaa rajapinnan eliön ja ympäristön välillä.
- Estettävä kuivuminen ja patogeenien hyökkäykset, mahdollistettava aineiden siirto
  - Siirtämistä helpotetaan kalvoproteiineilla
- Tiivis rajapinta saadaan vähentämällä soluväliainetta ja kiinnittämällä solut tiiviisti toisiinsa.
  - Tiiviit liitokset, desmosomit ja vyöliitokset
- Epiteeli on muutakin kuin iho
  - Epiteeli ympäröi myös sisäelimet (esim. verisuonen pintakerros)
  - Sekä endo että eksokriiniset rauhaset ovat epiteelikudosta



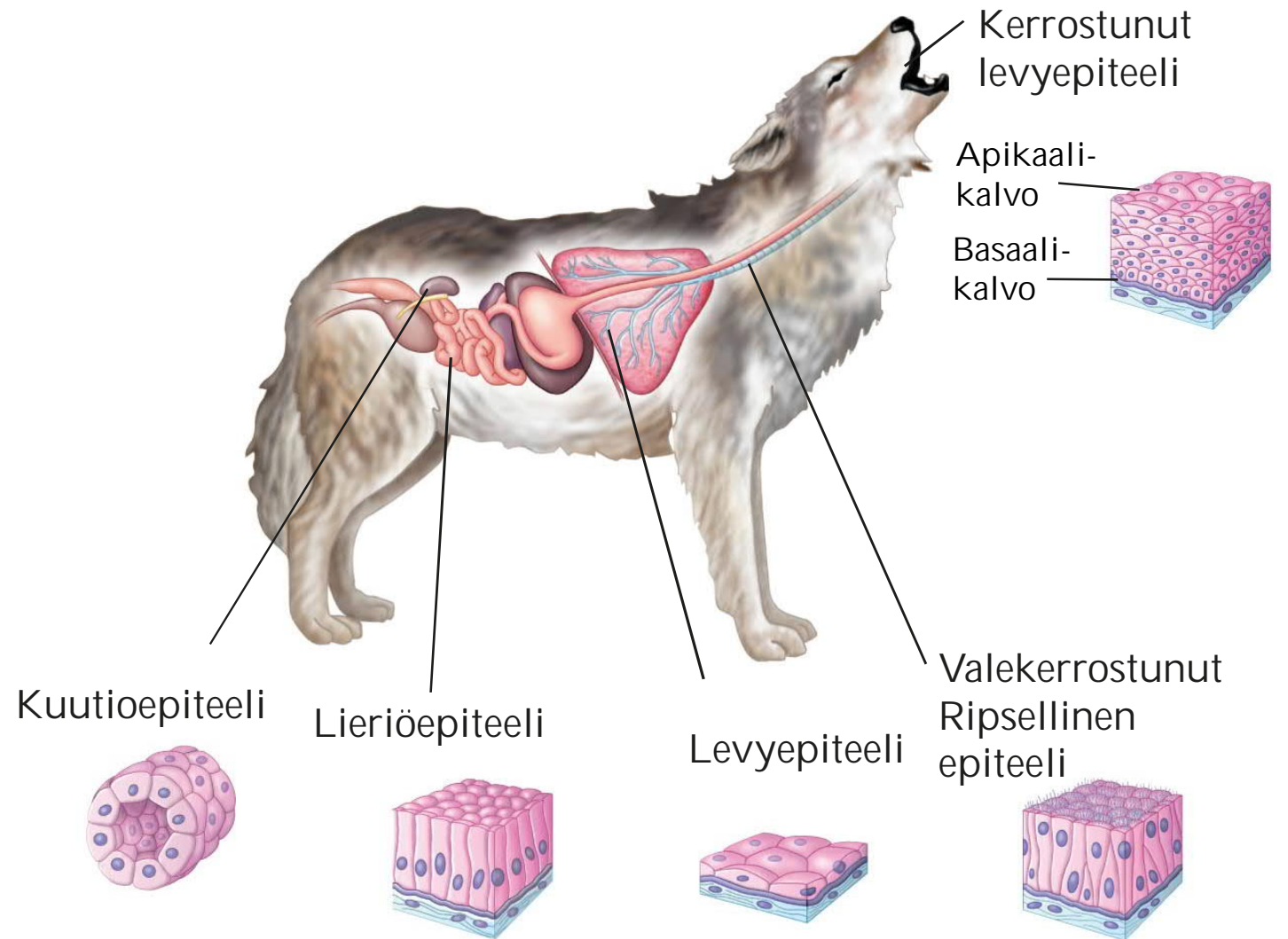
# Epiteelisoluissa on kaksi puolta



# Solujenväliset liitokset

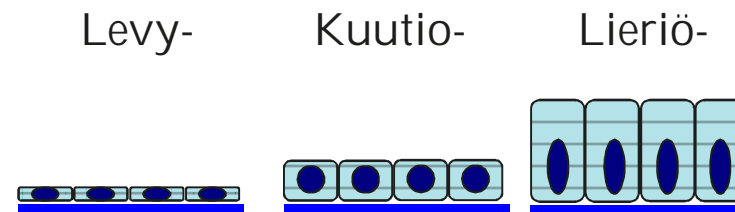


# Epiteelikudokset

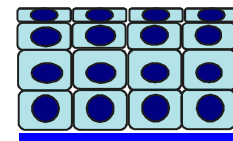


# Epiteelikudos - Luokittelu

Yksikerroksinen epiteeli

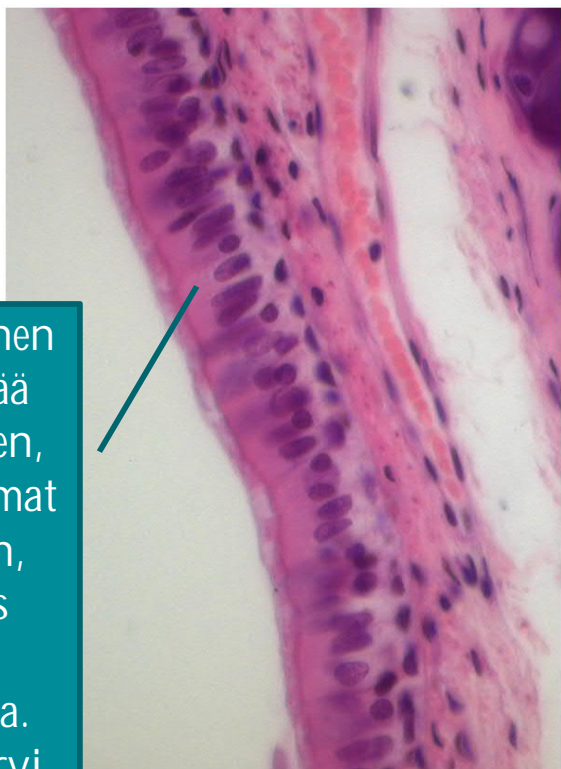


Kerrostunut epiteeli



← Kerrostuneen epiteelin nimi tulee uloimman solukerroksen muodon mukaan:  
-Levyepiteeli!

# Epiteelikudoksen luokittelu -



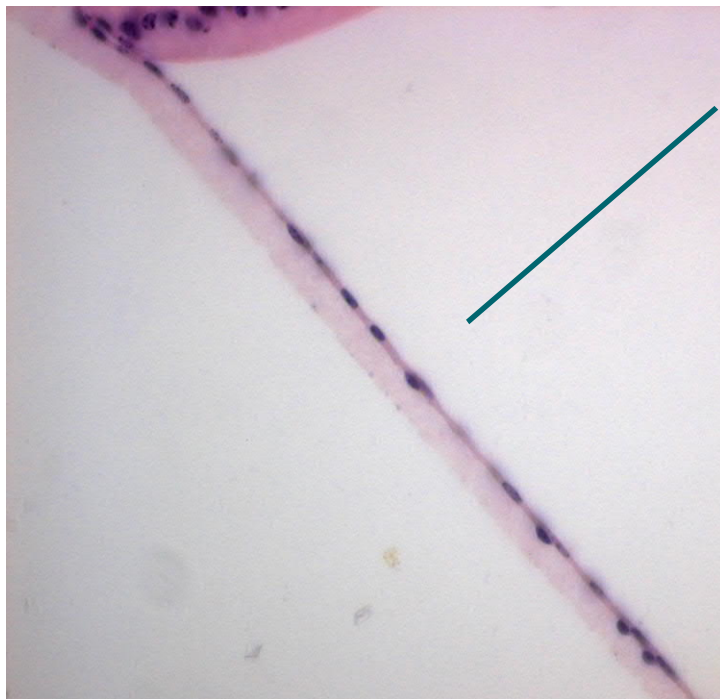
Valekerroksellinen epiteeli sisältää yhden kerroksen, mutta siinä tumat ovat lomittain, jolloin kudos näyttää kerrokselliselta. Esim. henkitorvi



Välimuotoinen epiteeli on kerrostunut, mutta sen paksuus vaihtelee. Esim. munuaisallas



# Levyepiteeli



Ranvierin kalvo sisäkorvan simpukassa

Levyepiteelissä solut ovat sivulta katsottuna litteitä, päältäpäin epäsäännöllisen muotoisia. Tumat ovat seinämän suuntaisesti litistyneitä (päältäpäin katsottuna pyöreitä)



Samakon iho

# Kuutioepiteeli

Yksikerroksista kuutioepiteeliä on mm. munuaistiehyissä ja useissa rauhasissa. Tyvikalvoa vasten kohtisuorissa leikkeissä (sivulta katsottuna) solut näkyvät neliömäisinä.



Kuutioepiteeliä munuaistiehyistä

# Lieriöepiteeli



Ohutsuolen lieriöepiteeliä

Yksikerroksista lieriöepiteeliä on useissa absorboivissa pinnoissa esim. suolessa ja sappirakossa.

Solut ovat pitkiä, pitkulaiset tumat heijastelevat solun muotoa.

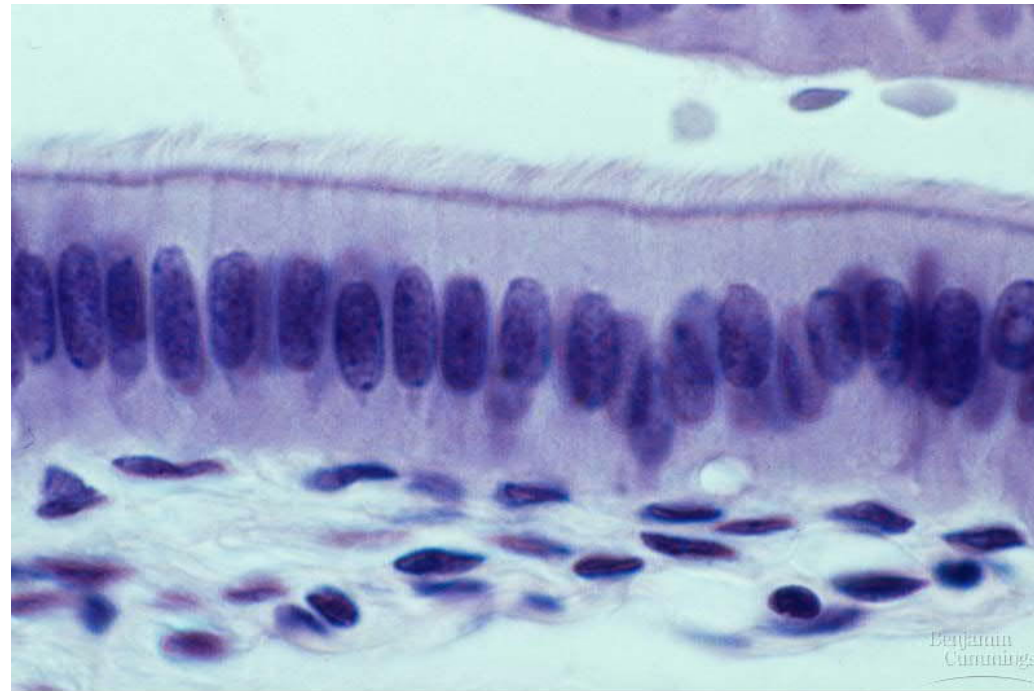


Munuaisen kokoojatiehyt



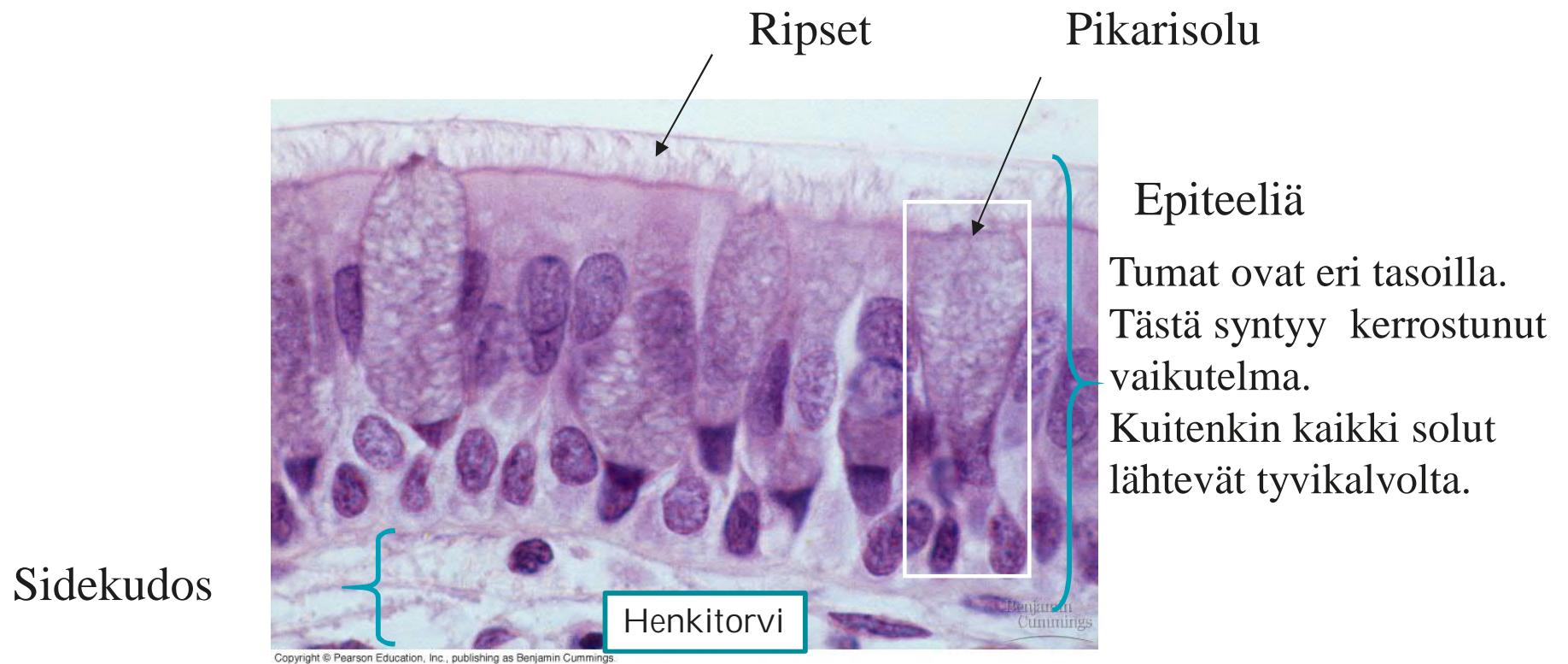
Ripsellinen lieriöepiteeli

sidekudos



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

# Valekerroksellinen epiteeli



# Epiteelin ulokkeet

## Mikrovillus

- 0.5 – 1.0  $\mu\text{m}$  pitkiä, jopa 3000/solu, aktiinisäikeet
- Lisäävät solun pinta-alaa

## Stereocilia

- Pitkiä mikrovilluksia
- Absorptio (esim. lisäkives), aistiminen (esim. sisäkorva)

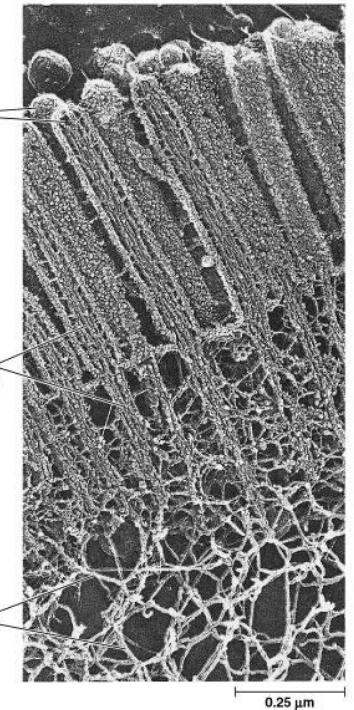
## Ripsi eli cilia

- 7-10  $\mu\text{m}$  pitkiä; jopa 300/solu; liikkuvia
- Eritteiden liikuttaminen (henkitorvi)

Mikrovilluksia

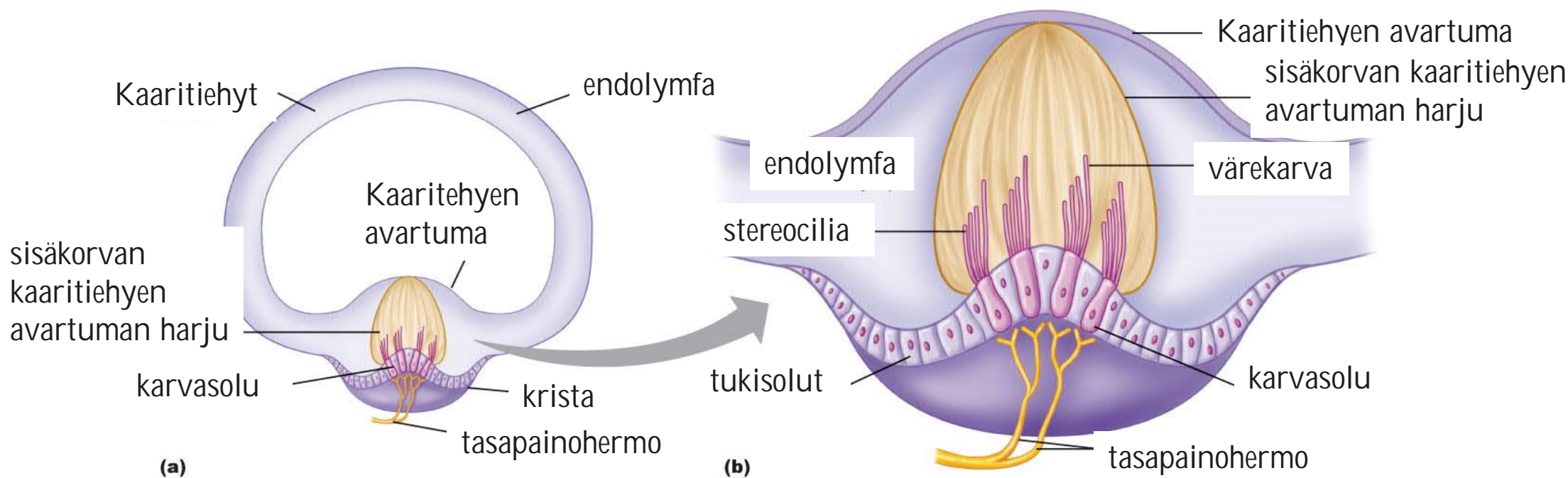
Mikrofilamentteja  
(aktiiniproteiinia)

Keskikokoisia  
filamentteja



*Pyyhkäisy EM-kuva suolen  
lieriöepiteelin vapaasta pinnasta*

# Stereocilia



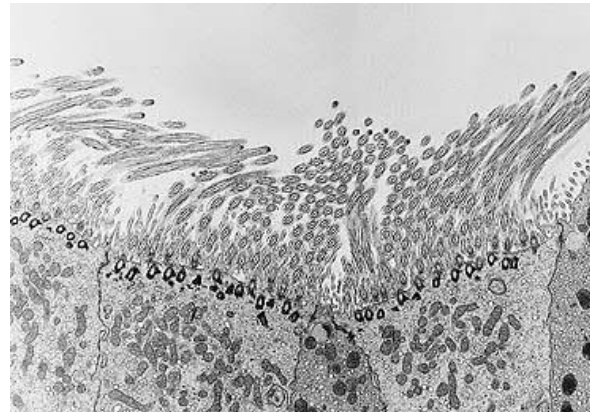
© 2011 Pearson Education, Inc.



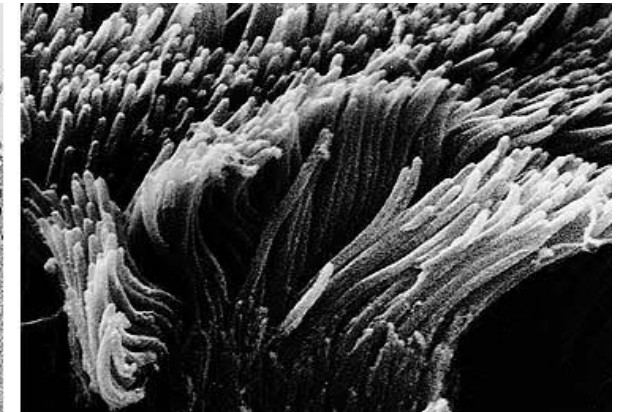
# Ripset

Ripset koostuvat mikrotubuluksista ja moottoriproteiineista, jolloin niitä voidaan liikuttaa (vrt. siima)

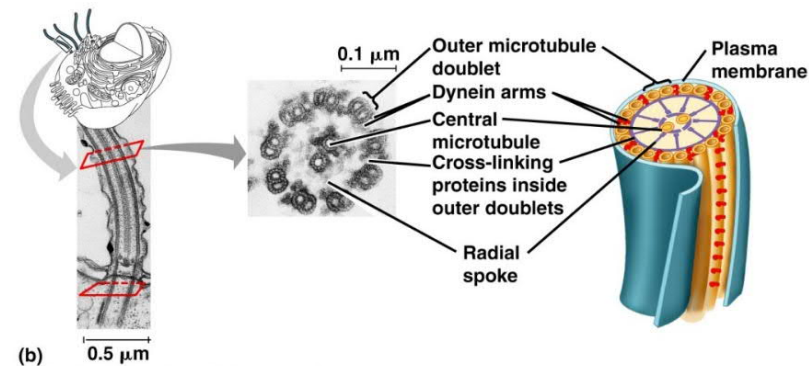
Ripset liikuttavat solun ulkopuolella olevaa nestettä (kuten henkitorven pinnan limaa)



Transmissio EM-kuvat



Pyyhkäisy EM-kuva

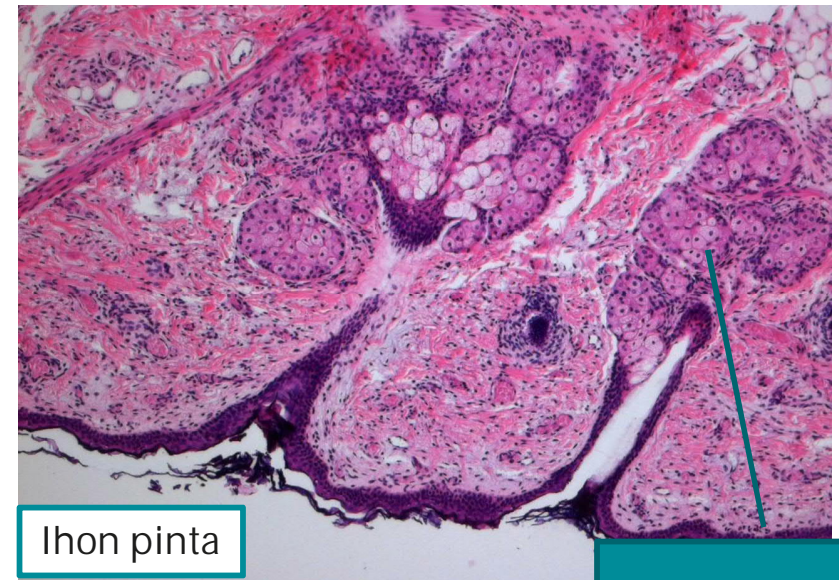


Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

# Rauhaset

Rauhaset ovat epiteelin painaumia. Ne jaotellaan rakenteen ja toiminnan mukaisesti usealla eri tavalla. Esim.

- Mikäli erittävä solu yltää epiteelin pintaan, on rauhanen avoeritteinen (eksokriininen)
- Mikäli erittävä solu ei yllä pintaan, on rauhanen umpieritteinen (endokriininen). Tällöin eritettävä aine (esim. hormoni) eritetään usein suoraan verenkiertoon



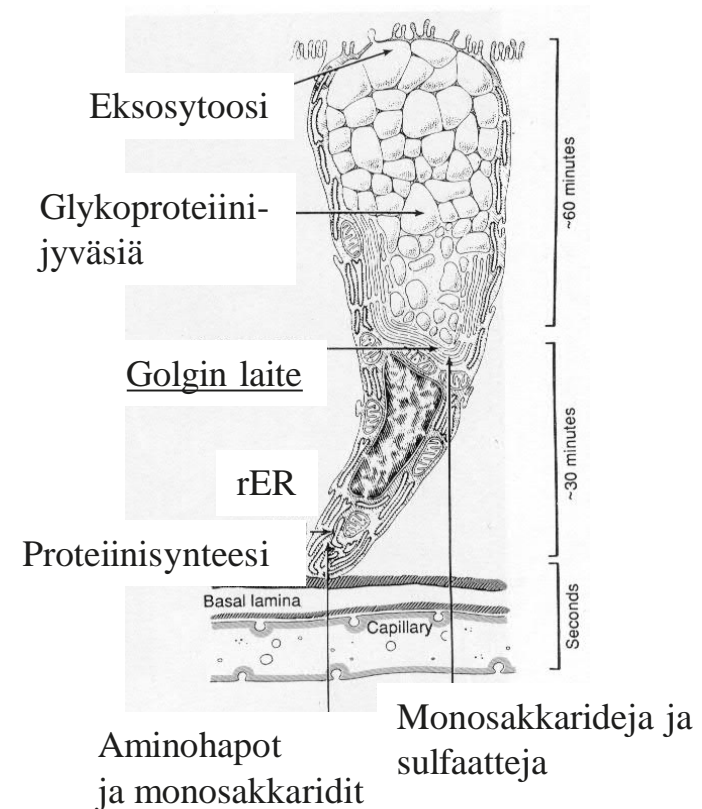
# Yksisoluinen avoeritteisen rauhanen

Histology Lab Part 1: Slide 24

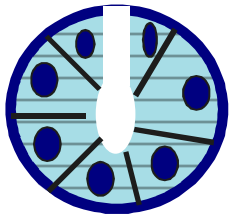


Pikarisolu erittää limaa esim. suolen tai henkitorven pinnalle.

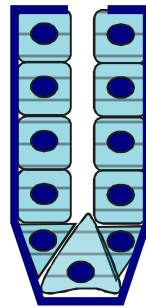
Eritettävät aineet tuotetaan toisessa ja varastoidaan toiseen päähän solua.



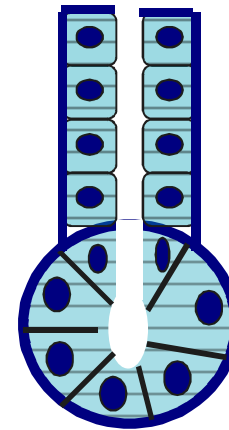
# Monisoluiset avoeritteiset rauhaset



Rakkulamainen  
(alveolaarinen)



Putkimainen  
(tubulaarinen)

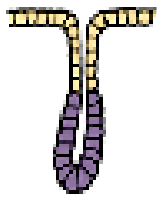


"yhdistelmä"  
(tubuoalveolaarinen)

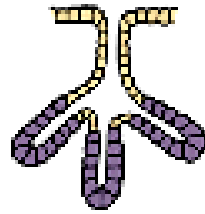


# Rauhasten haarautuminen

YKSINKERTAINEN  
-tiehytosassa ei haaroja



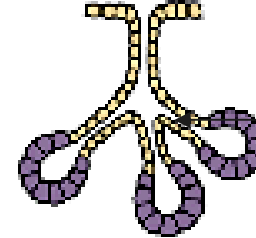
Putkimainen



Haaroittunut  
putkimainen

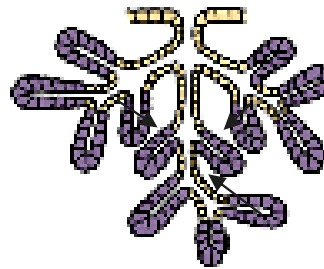


Kierteinen  
putkimainen

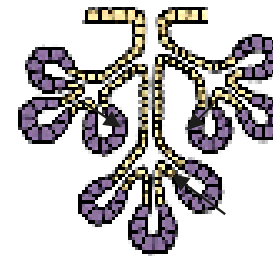


Haaroittunut  
rakkulamainen

YHDISTELMÄRAKENTEINEN  
-tiehytosassa useita haaroja



Putkimainen



Rakkulamainen

# Rauhasten erite

## Mukoosinen

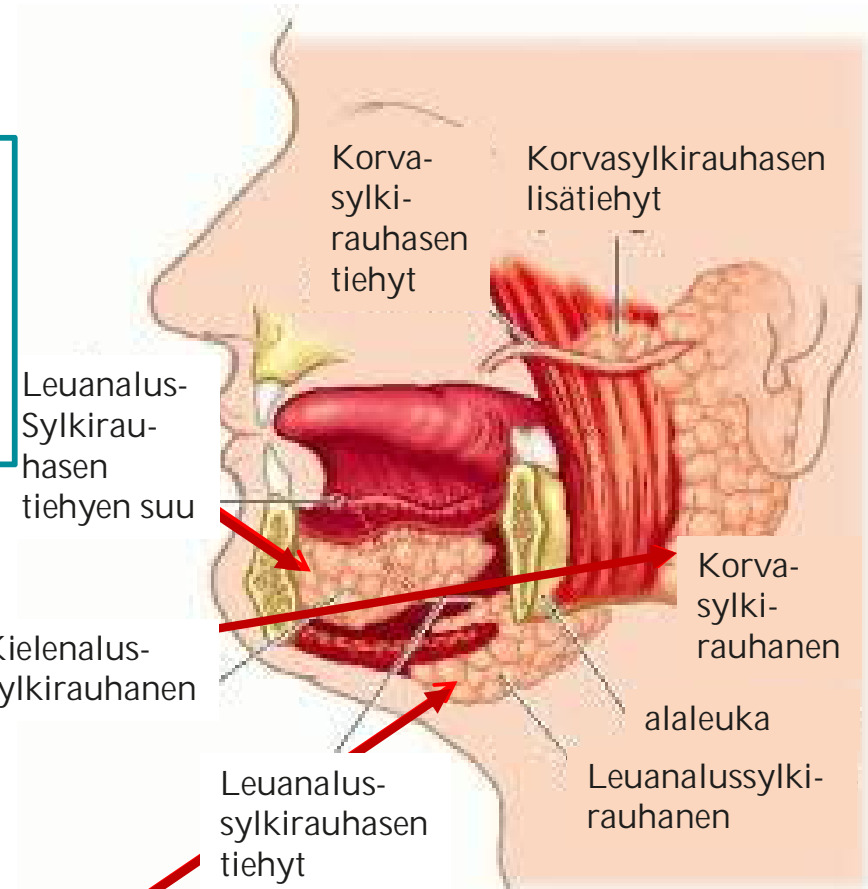
- Erite paksua, sisältää glykoproteiineja.
- Esim. Pikarisolut, kielenalussylkirauhanen

## Seröösinen

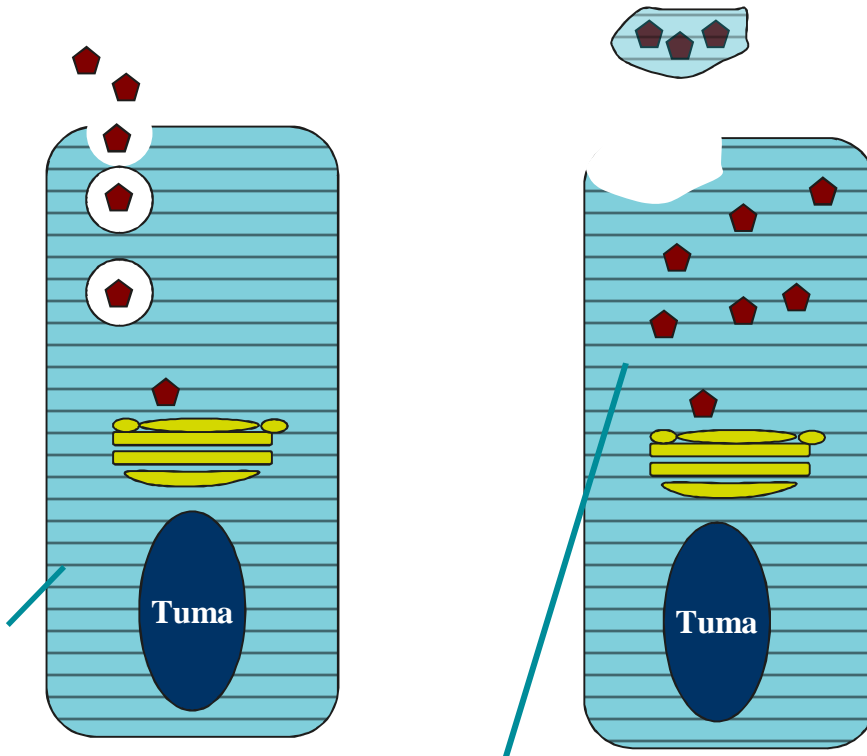
- Erite vetistä, sisältää proteiineja ja glykoproteiineja.
- Esim. Haima ja korvasylkirauhanen

## Seromukoosinen

- Erite välimuoto.
- Esim. leuanalussylkirauhanen



# Rauhasten erityystapa

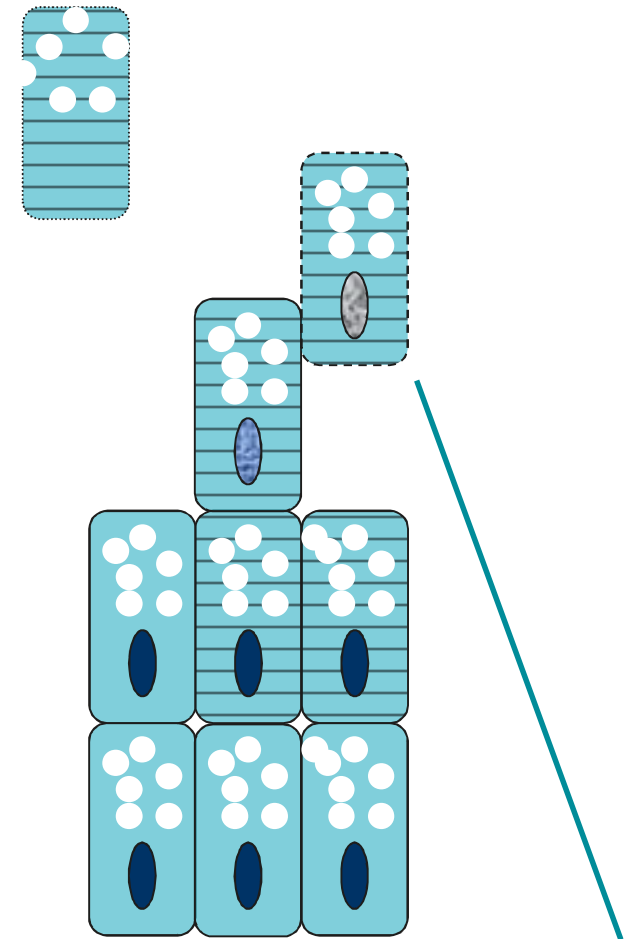


## Merokriininen

- Erite poistuu eksosytoosilla
- Yleisin muoto

## Apokriininen

- Erite kertyy solun päähän ja osa solusta eritetään
- Esim. hiki- ja maitorauhanen



## Holokriininen

- Koko solu eritetään
- Esim. ihon talirauhanen

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Sidekudos: soluväliaine

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

---

# Sidekudos

Sidekudos muodostaa elimistön kestävimmit rakenteet. Tämä johtuu suuresta soluväliaineen määrästä. Se on myös elimistön yleisin kudostyyppi.

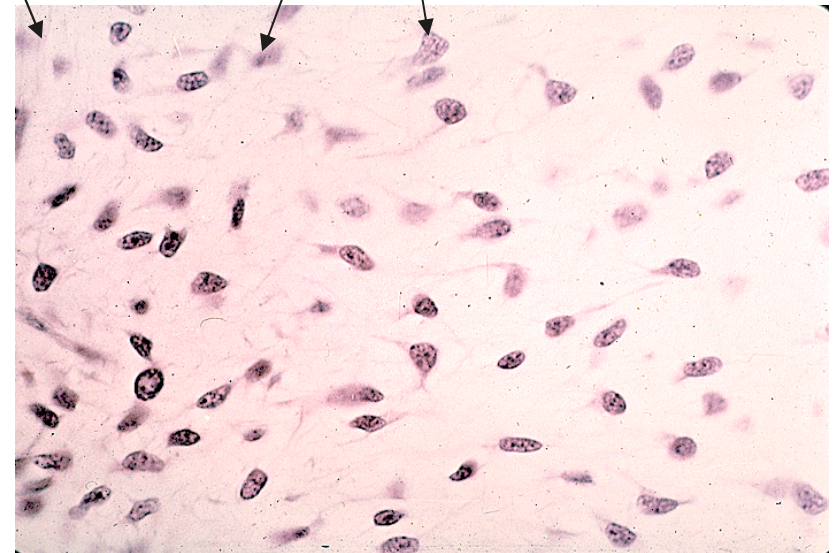
Sidekudos koostuu

- a) soluista
- b) soluväliaineesta. Väliaine sisältää
  - a) Säikeitä
  - b) perusainetta (ground substance).

Sidekudosten luokittelu perustuu näiden komponenttien ominaisuuksista.

Soluväliaine

Sidekudossolujen tumia

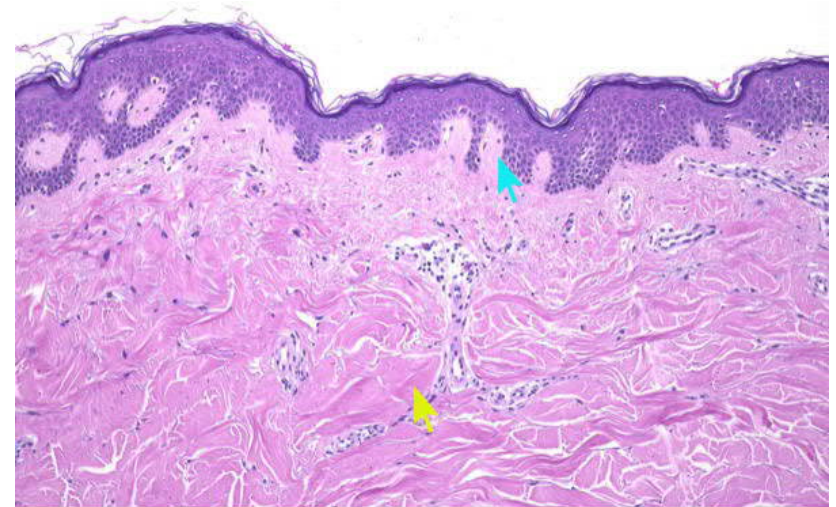


*Embryonaalista mesenkyymiä*

# Sidekudos: kollageenit

Sidekudoksen ominaisuudet koostuvat paljolti kollageenista, jota on n. 35 % nisäkkään proteiinimäärästä.

- Elävässä kudoksessa kollageeni on valkeaa ja sen vetolujuus on suurempaa kuin teräksellä.
- Gelatiini eli liivate on hydrolysoitua (kuumentamalla hajotettua) kollageenia.



- Nystyn verinahka
- Verkkomainen verinahka

# Sidekudoksen soluväliaine: kollageeni-tyypit

Kollageeni jaotellaan rakenteen perusteella esim. 5 yleisimpään tyyppiin.

Tyyppi	Rakenne	Merkitys
I	Kierteinen	Iho, verisuonet, luu
II	Kierteinen	Rusto
III	Kierteinen	Verkkomainen sidekudos
IV	Perusaines	Basaalikalvossa kiinni oleva epiteeliä rakentava kerros
V	Kierteinen	Solujen pinta, hiukset, istukka



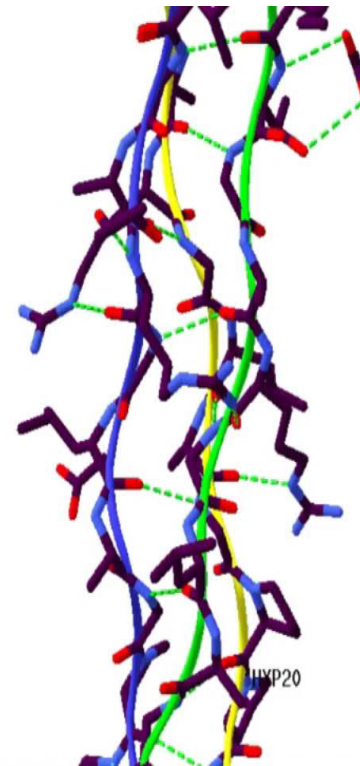
Tyyppi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	21
Kierteinen	X	X	X		X						X									
FACIT (Kierteisiin liittyvät katkeilevat kollageenit)									X			X		X				X		X
Lyhyt kollageeni								X		X										
Perusaines				X																
Moninkertainen (Useita katkeavia kolmoiskierteitä)															X		X			
MACIT (Kalvoihin liittyvät kollageenit)													X			X				
Muut						X	X													

# Kierteisen kollageenin rakenne

Kollageeni (tropokollageeni) on pitkä ja jäykkä kolmoiskierteinen proteiini.

Kollageenissa on paljon proliini, glysiini, sekä hydroksiproliniin- ja lysiiniä.

Kollageenin synteesi vaatii C-vitamiinia.

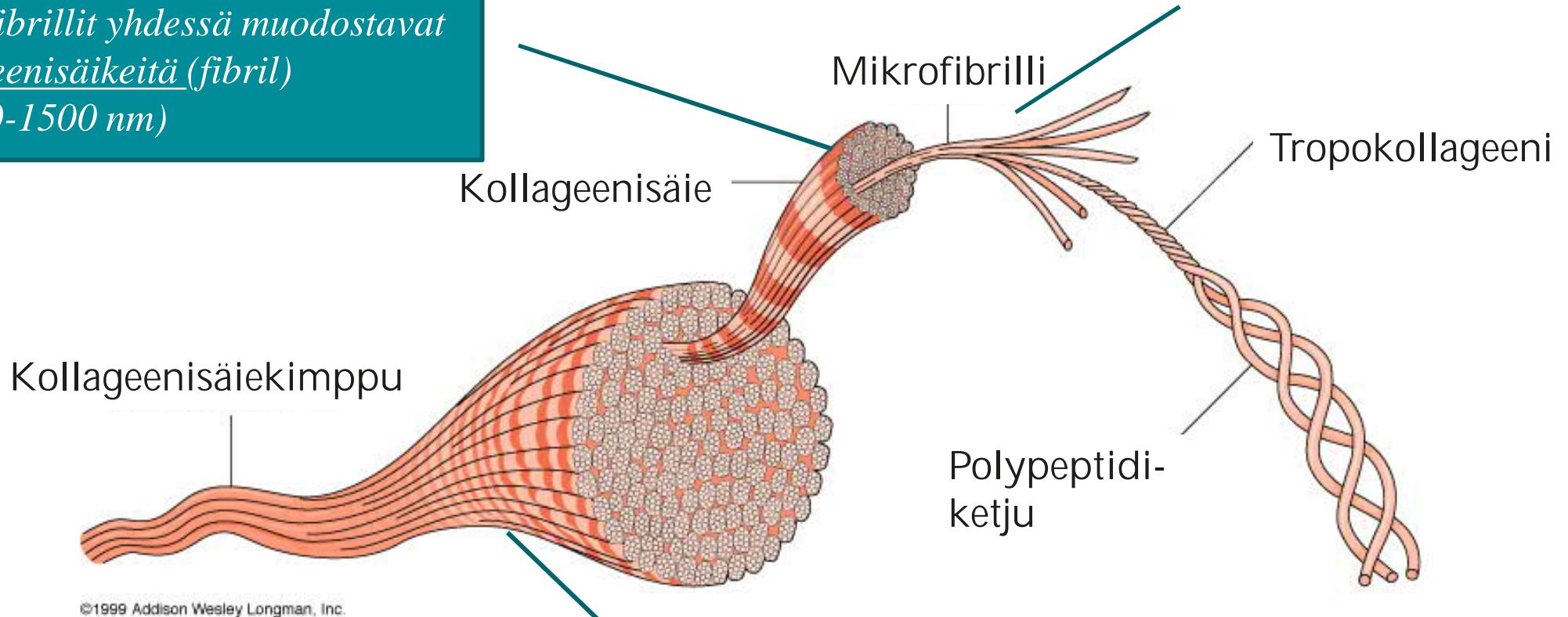


group	show	side	label	ribn	colp
HYP2	v			v	■
GLY3	v	v		v	■
PRO4	v	v		v	■
HYP5	v	v		v	■
GLY6	v	v		v	■
PRO7	v	v		v	■
HYP8	v	v		v	■
GLY9	v	v		v	■
ILE10	v	v		v	■
THR11	v	v		v	■
GLY12	v	v		v	■
ALA13	v	v		v	■
ARG14	v	v		v	■
GLY15	v	v		v	■
LEU16	v	v		v	■
ALA17	v	v		v	■
GLY18	v	v		v	■
PRO19	v	v		v	■
HYP20	v	v		v	■
GLY21	v	v		v	■
PRO22	v	v		v	■
HYP23	v	v		v	■
GLY24	v	v		v	■
PRO25	v	v		v	■
HYP26	v	v		v	■
GLY27	v	v		v	■
PRO28	v	v		v	■
HYP29	v	v		v	■
GLY30	v	v		v	■
OXT30	v	v		v	■
PRO31	v	v		v	■
HYP32	v	v		v	■
GLY33	v	v		v	■
PRO34	v	v		v	■
HYP35	v	v		v	■
GLY36	v	v		v	■
PRO37	v	v		v	■
HYP38	v	v		v	■

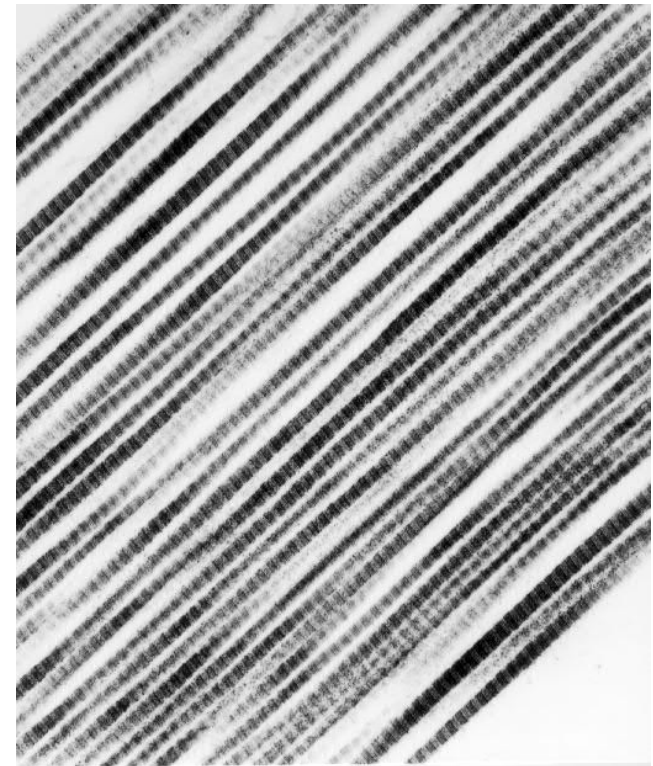
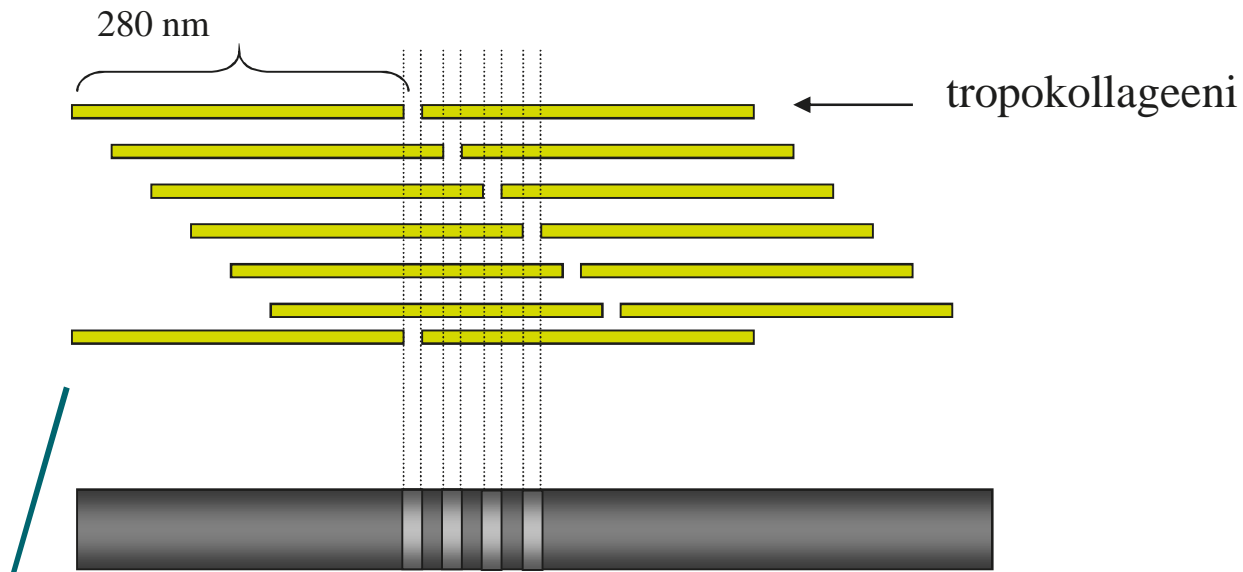
# Sidekudos - säikeet

Mikrofibrillit yhdessä muodostavat kollageenisäikeitä (fibril) ( $\varnothing$  500-1500 nm)

Joukko tropokollageeni molekyylejä yhdessä muodostaa mikrofibrillejä ( $\varnothing$  30-50 nm)



# Sidekudos - säikeet



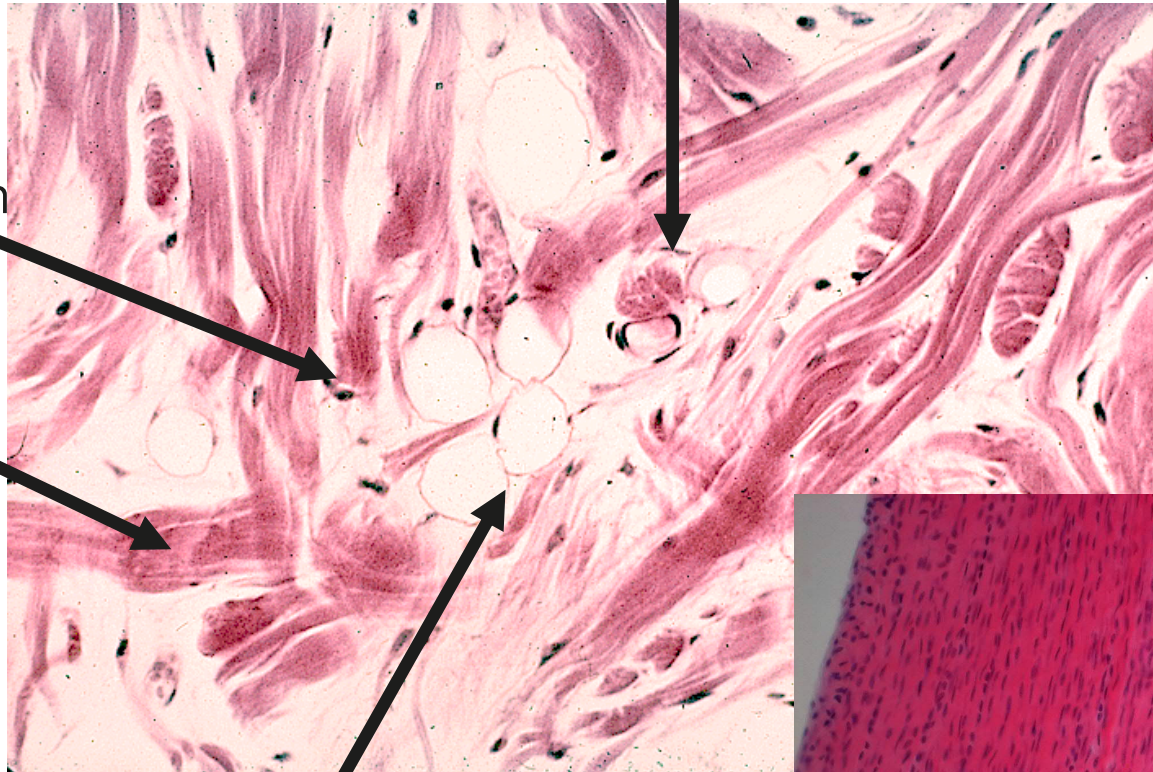
*Tropokollageeni -molekyylien limittäinen järjestäytyminen aiheuttaa kollageenin poikkijuovaisuuden.*



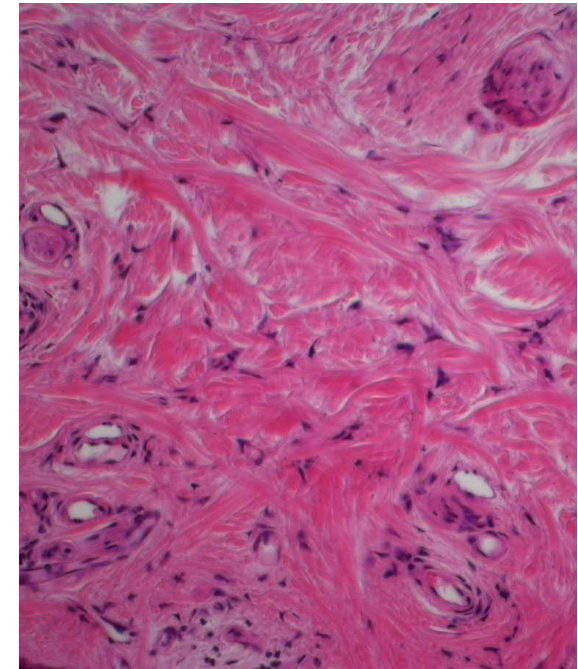
verisuoni

Sidekudossolun-  
tuma

Kollageenisäie-  
kimppuja



valkeita rasvasoluja



Ihon verinahka

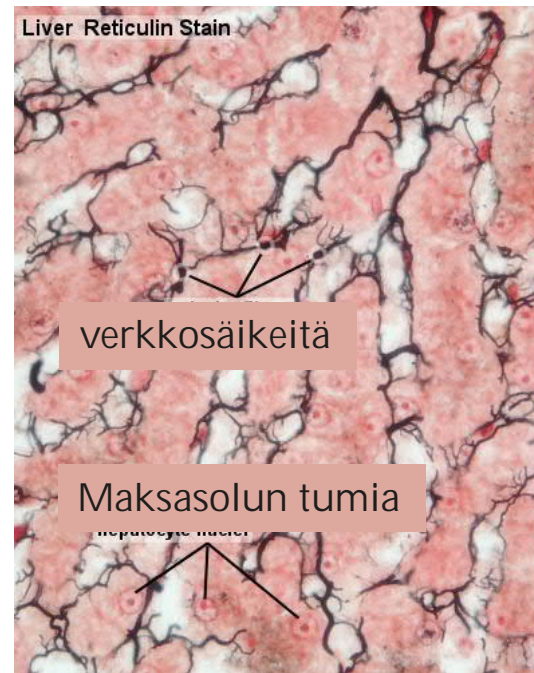


Nivelside

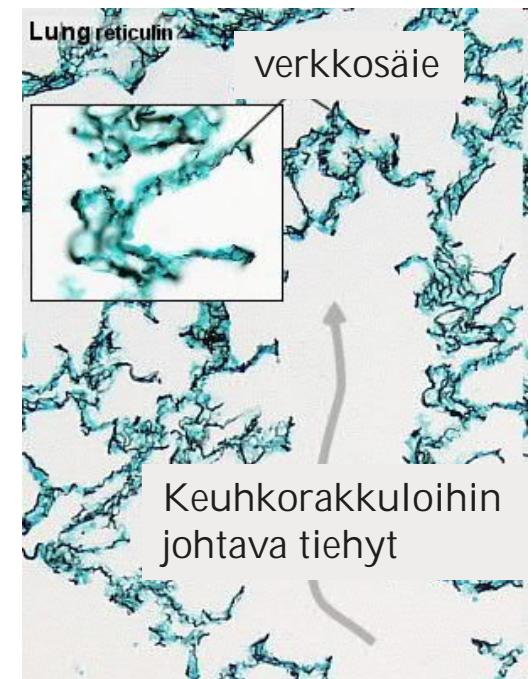
# Verkkosäikeet

Verkkosäikeet muodostuvat kollageeni III:sta ja hiilihydraattiosista.

- Säikeet ovat ohuita, haaroittuneita ja muodostavat usein verkosto
- Verkkosäikeitä käytetään rasva-, hermo-, ja sileälihassolujen ympärillä; luuytimessä, verisuonten ympärillä; epiteelien tyvikalvossa

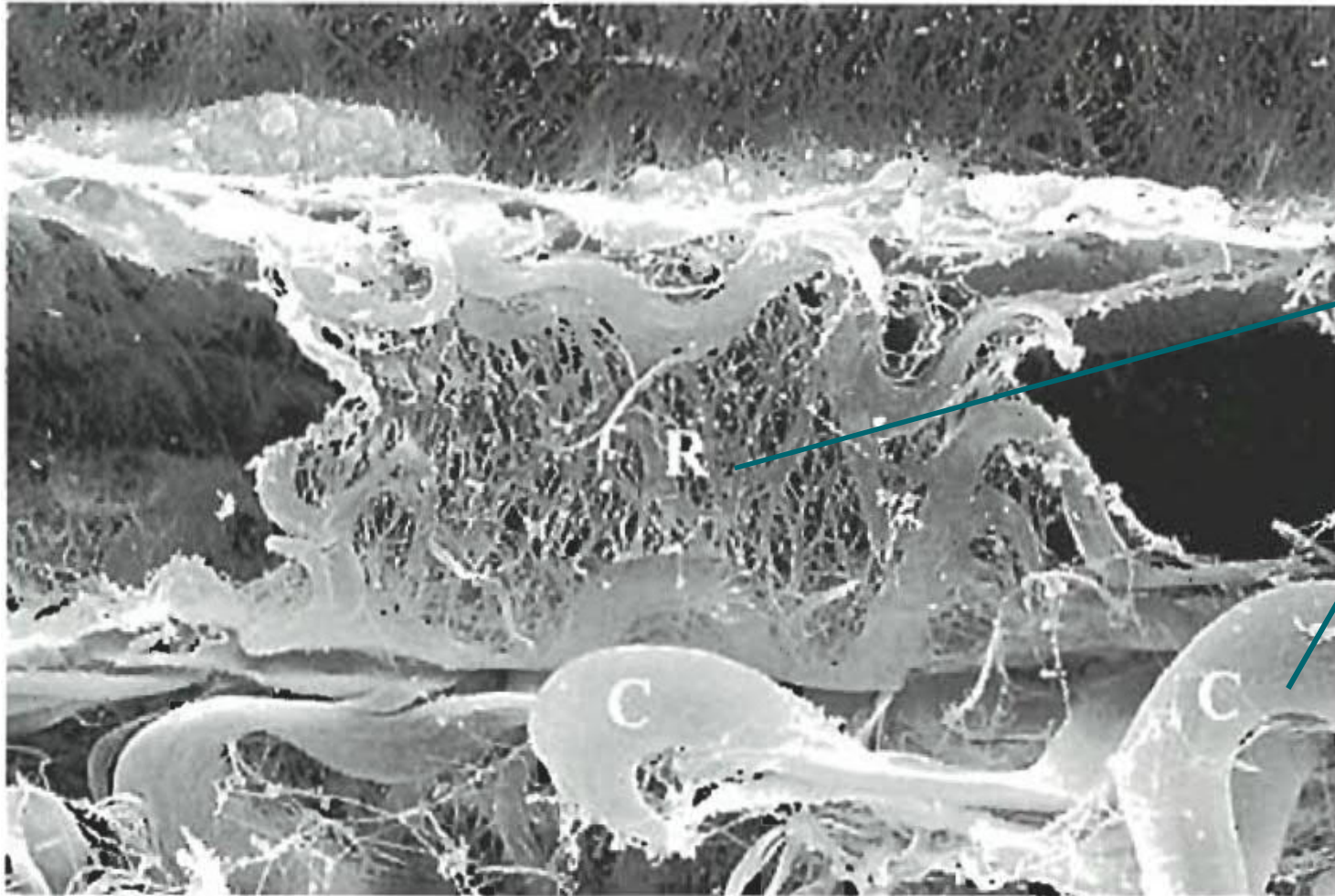


*Maksa*



*Keuhkot*





Verkkosäikeitä

Kollageeni-säikeitä

Koiran kielilihas

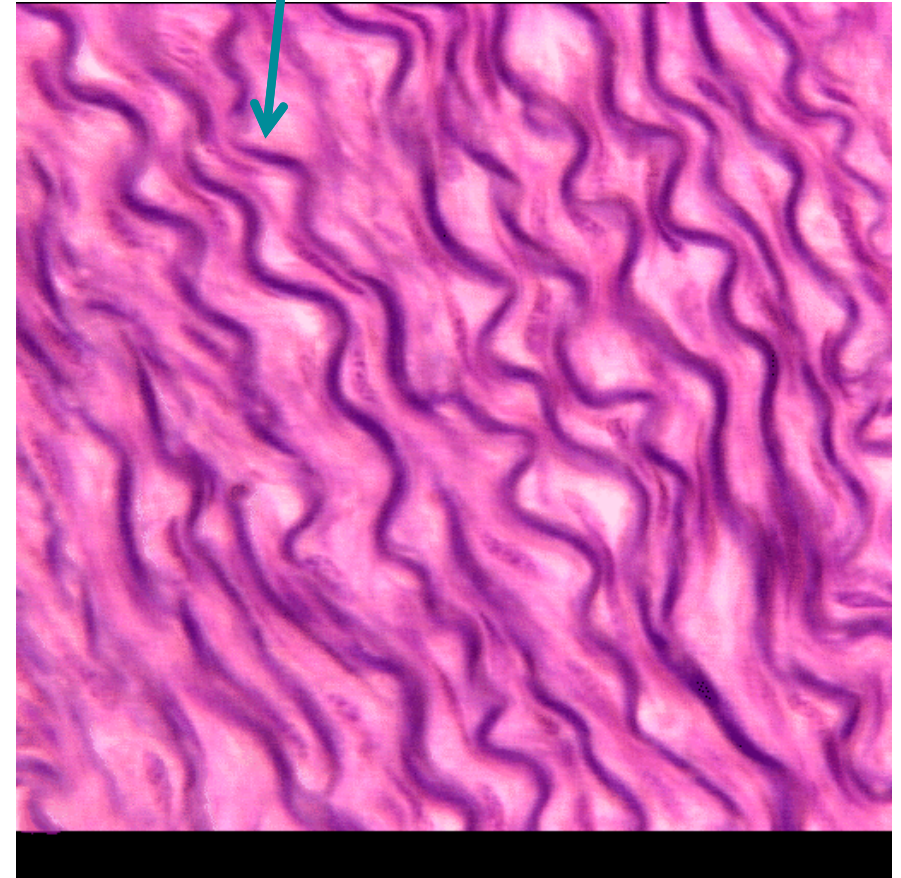
Ushiki 2002 Arch.Hist.Cytol. 65: 109-126

# Elastiset säikeet

Elastiset säikeet koostuvat erittäin joustavasta (venyy 1,5-kertaiseksi) ja pitkäikäisestä (hajoaa 78 vuodessa) proteiinista, elastiinista.

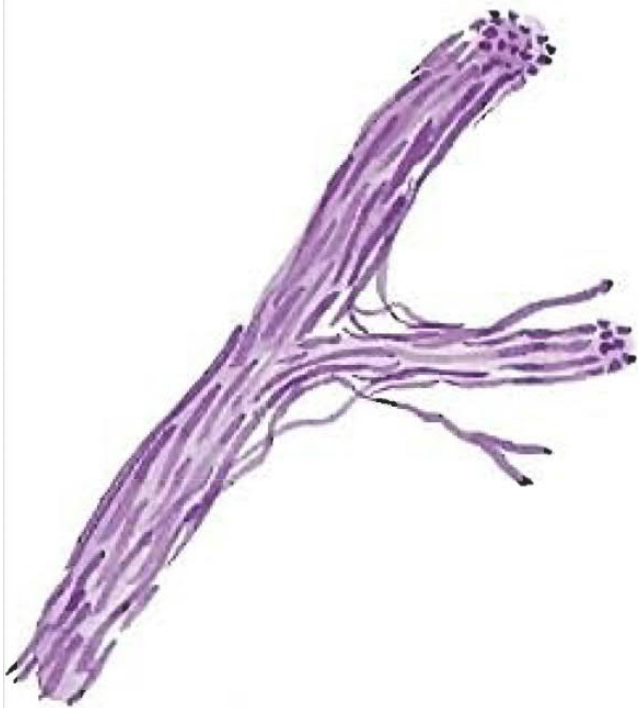
- Elastiini sisältää paljon glysiiniä, desmosiinia ja isodesmosiiniä.
- Runsaasti verisuonten seinämällä (aortan kaari), nivelsiteissä ja elastisessa rustossa. Myös venyvissä kudoksissa kuten virtsarakko, kohtu, keuhkot
- Näkyy kudoksissa kellertävänä

Elastisia säikeitä aortan seinämässä

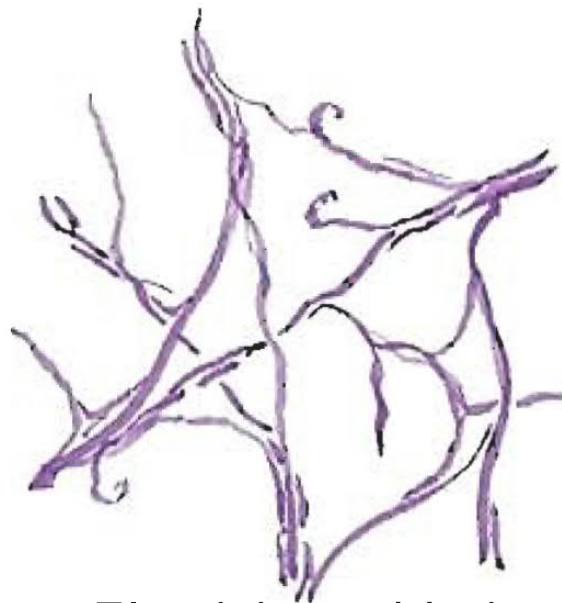




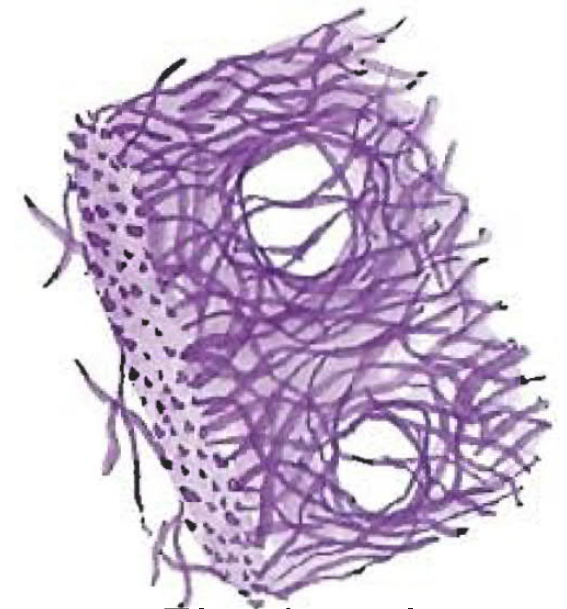
# Elastisten säikeiden rakenteita



Elastisia säikeitä



Elastisia verkkoja

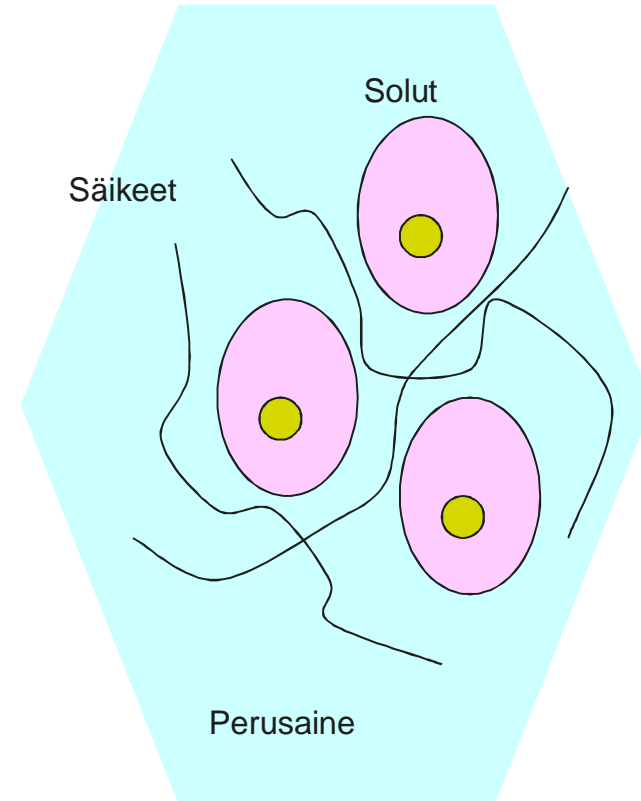


Elastinen levy

# Sidekudoksen perusaines

Sidekudoksen perusaines on kaikkea muuta kuin vettä/fysiologista suolaliuosta. Se esiintyy vesimuodon lisäksi myös geelinä.

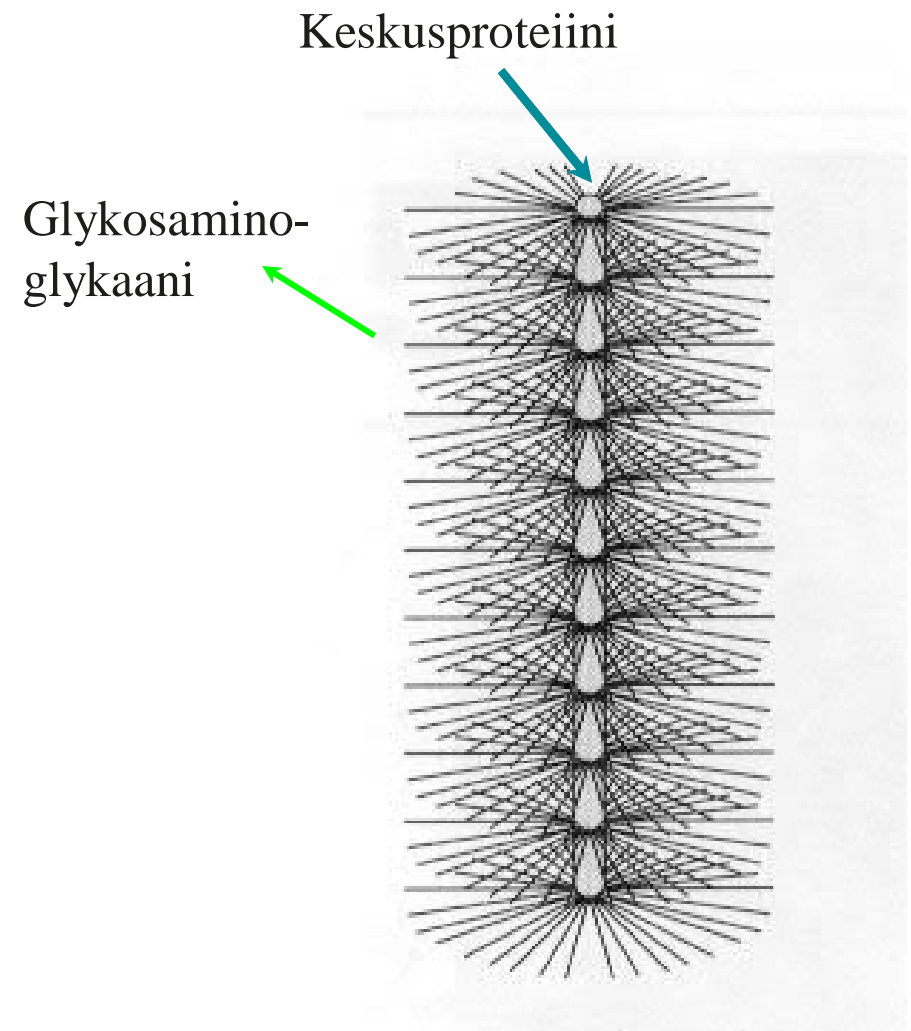
- Sidekudossolut (fibroplastit) erittävät perusaineen
- Sisältää kolme komponenttia:
  - A. Proteoglykaanit
  - B. Glykoproteiinit
  - C. Kudosneste



# Proteoglukaanit

Proteoglukaanit koostuvat 95% polysakkarideista ja 5% proteiineista.

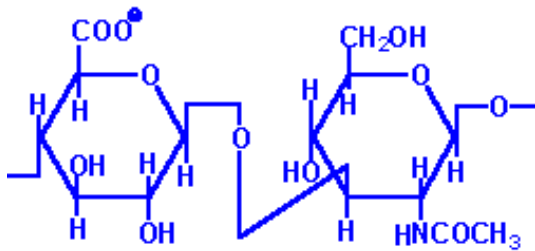
- Niiden rakenne on pulloharjamainen (keskellä proteiini, johon on liittyneenä yksi useampi glusosaminoglykaani.
- Proteoglukaanit toimivat tehokkaina veden ja ionien kerääjinä.



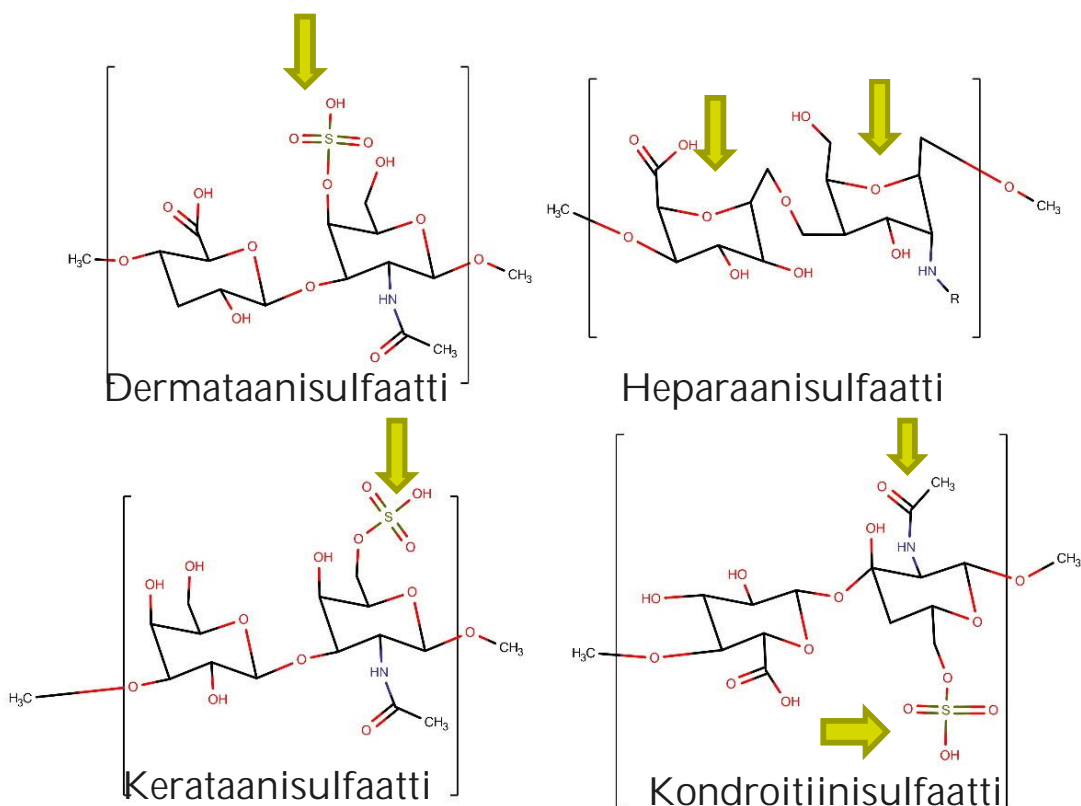
# Glukosaminoglykaani

Glukosaminoglykaani on disakkaridin polymeeri.

- Disakkaridi koostuu aminosokerista ja uronihaposta.



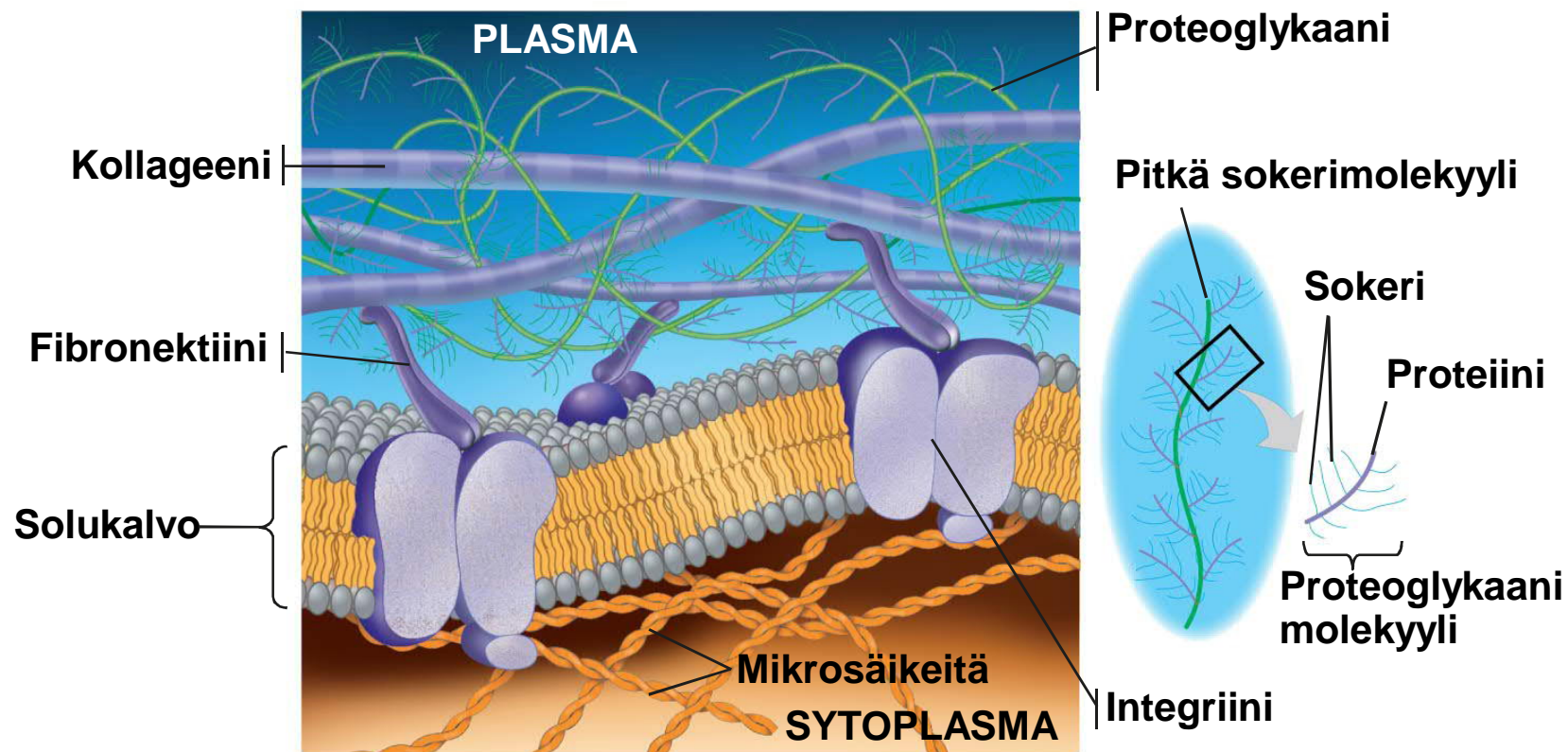
# Proteoglykaanien vaihtelu



Glucosami-noglukaani	Pieni proteiini	Suuri proteiini	
Kondroitiini-/dermataani-sulfaatti	Decorin, biglycan	Versican	Iho, hermosto, sydämen kehitys
Heparaani-/kondroitiini-sulfaatti	Testican	Periecan	
Kondroitiini-sulfaatti	Bikunin	Neurocan aggrecan brevican	tyvikalvo
Kerataani-sulfaatti	Fibromodulin Lumican		rusto
			hermot
			Kollageenin sitominen

aivolisäke  
 Luiden muodostus

# Proteoglykaanien kiinnittyminen



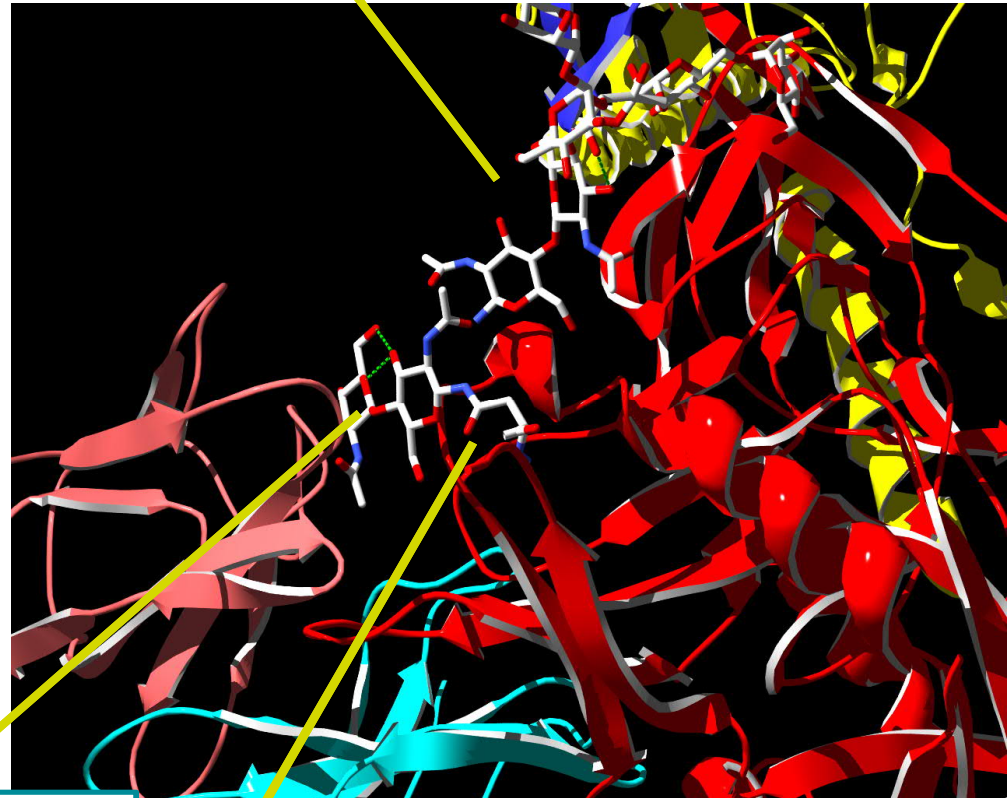
# Glykoproteiinit

Glukoproteiinit ovat valtaosalta proteiinia (vain muutamia hiilihydraatteja kiinnittynyt).

Väliaineessa olevat glykoproteiinit toimivat

- a) solujen tunnistamisessa,
- b) signaloinnissa ja
- c) solujen kiinnittämisessä.

Poolisilla sidoksilla kiinnittynyt sokeri



Kovalenttisesti kiinnittynyt disakkaridi

Aminohappo



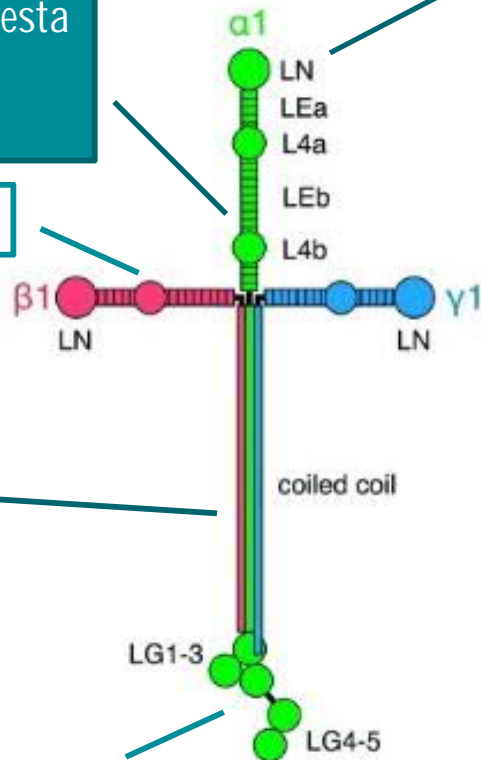
# Laminiini

Laminiini (Laminin) on kolmesta alayksiköstä koostuva solunulkoinen proteiini.

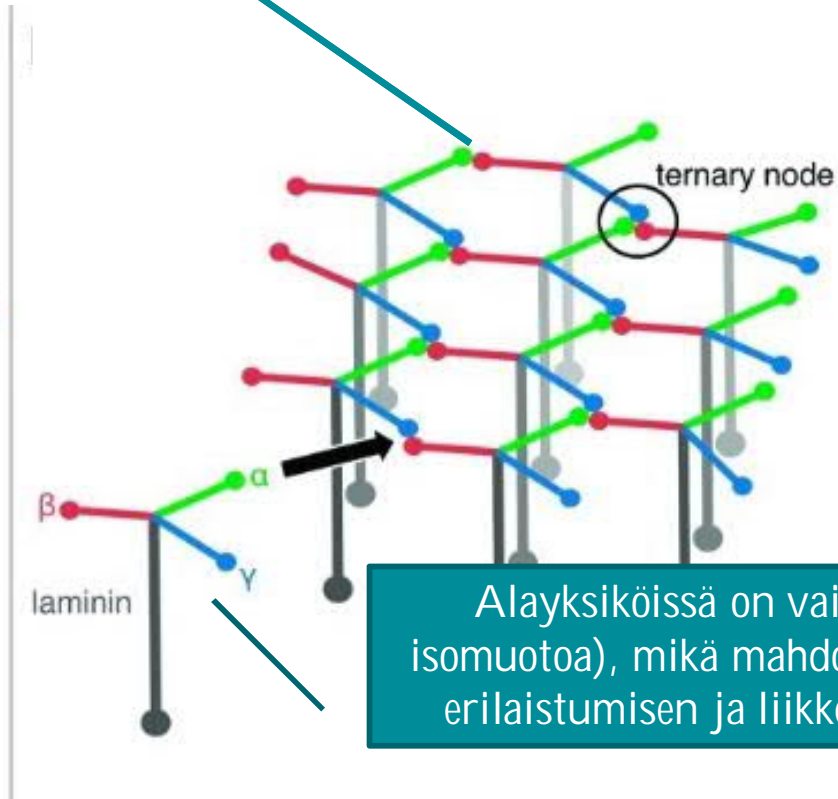
Kollageeni IV sitoutuminen

Alayksiköt ovat toisissaan kiinni C-terminaalista, joka kiinnittyy soluun LG-motiveilla.

Soluun liimautuvia osia



Alayksiköiden N-terminaalit ovat erikseen, mutta ne tarttuvat toisiinsa LN-motiiveilla, jolloin seurauksena on lamiiniverkko.

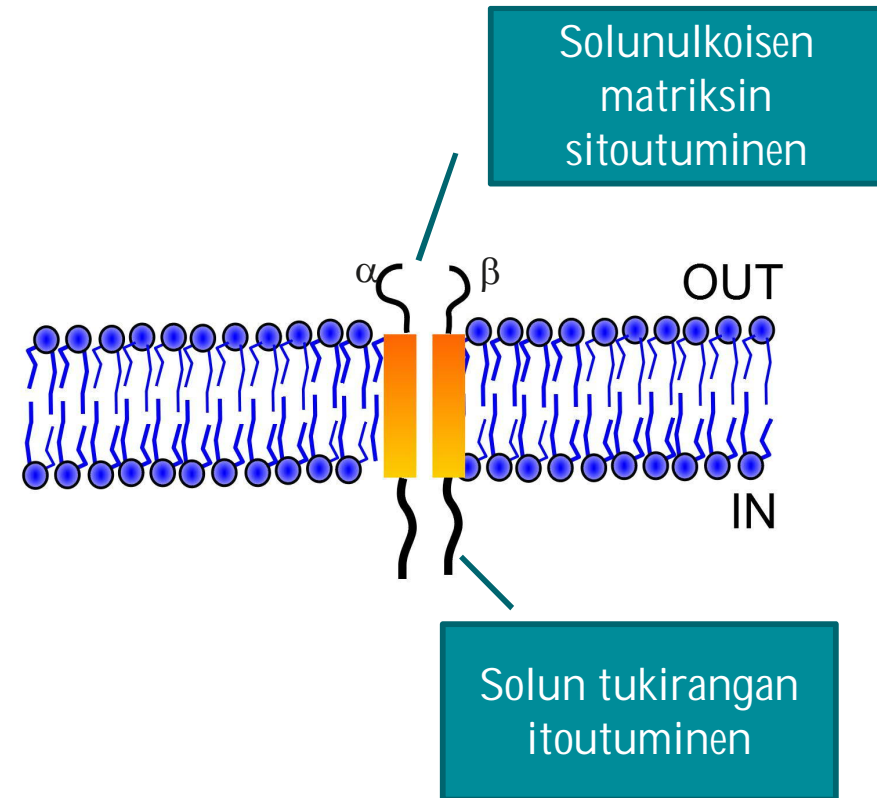


Alayksiköissä on vaihtelua, (16 isomuotoa), mikä mahdollistaa solujen erilaistumisen ja liikkeen säätelyn.

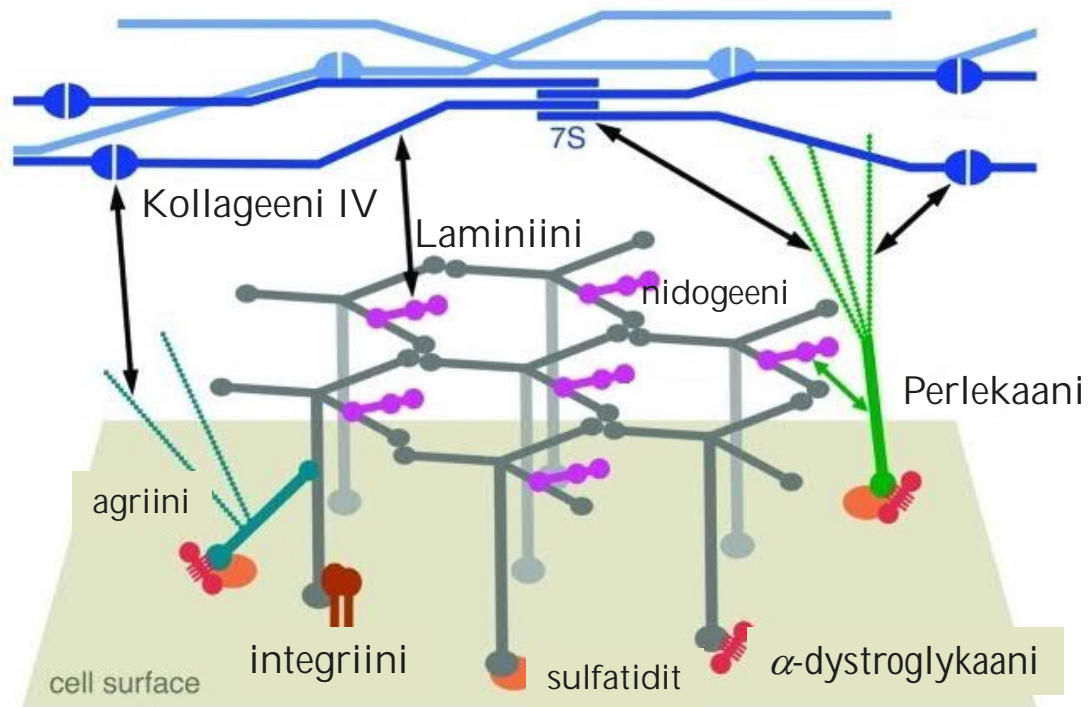
# Integriini

Integriini on solukalvon reseptorimolekyyli, joka liittyy solunulkoiseen matriksiin ja solun tukirankaan.

- Integriinejä tunnetaan ihmisellä n. 24
- Monet integriinit liittyvät lamiineihin ja kollageeniin
- Osa toimii reseptoreina tyrosiinikinaasireseptorin kanssa solusignaloinnissa (solujen kasvu, jakautuminen, erilaistuminen ja ohjelmoitu solukuolema).



# Soluväliaineen kiinteät komponentit



Lamiiniverkko on kiinnittynyt:

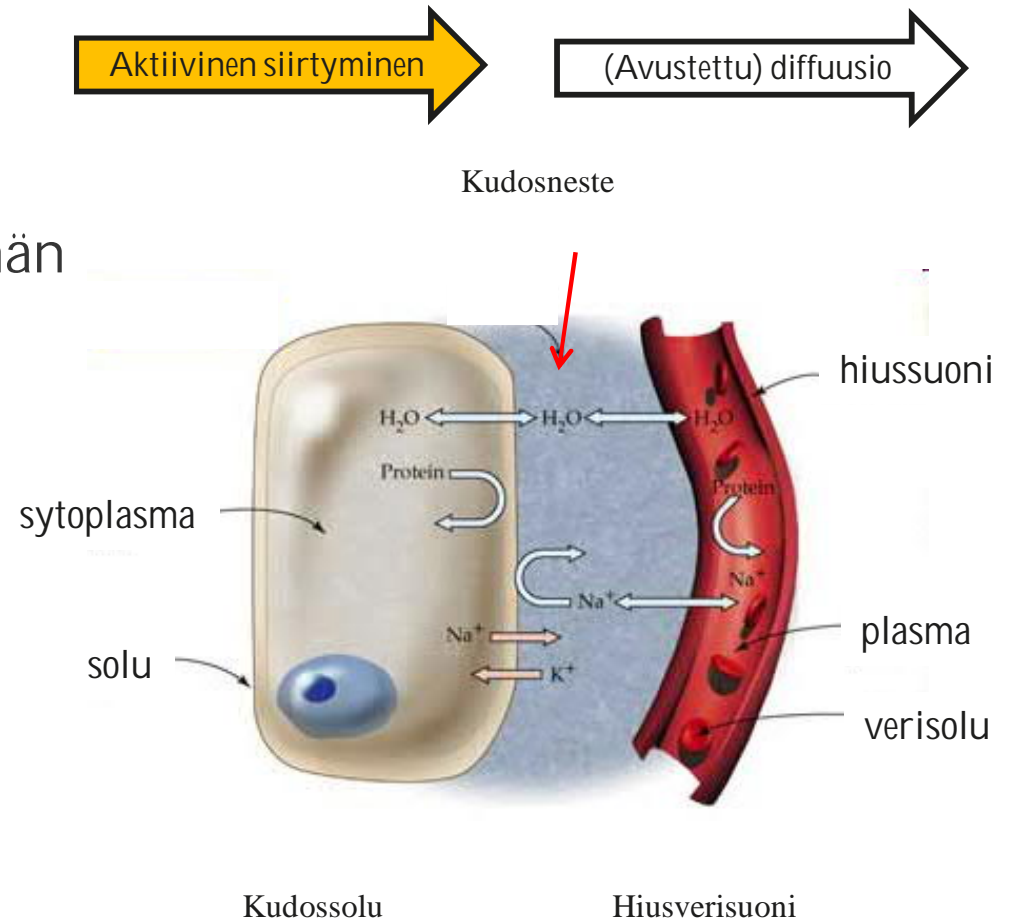
- kalvoproteiineihin (integriini &  $\alpha$ -dystroglykaani)
- sulfaattia sisältäviin fosfolipideihin ja lipideihin
- Sulfaattia sisältäviin proteoglygaaneihin (agriini & perlekaani)

Hohenester Yurchenco 2013 Cell.Adh.Migr. 7:56-63

# Kudosneste

Veriplasma suodattuu hiussuonten seinämän läpi muodostaen kudosnesteen.

- Siirtyminen tapahtuu passiivisesti.
- Kudosneste ionipitoisuudet sekä sokerien ja aminohappojen määrät ovat veren kanssa tasapainossa.
- Nesteet palaavat takaisin verenkiertoon joko kapillaarien kautta tai ne siirretään imusuoniston avulla.



# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Sidekudos: solut

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

---



# Sidekudossolut

## Paikallaan pysyvät

- Mesenkyymisolut (embryonaaliset sidekudossolut)
- Fibroblastit (varsinaiset sidekudossolut)
- Retikulaarisolut
- Rasvasolut

## Liikkuvat

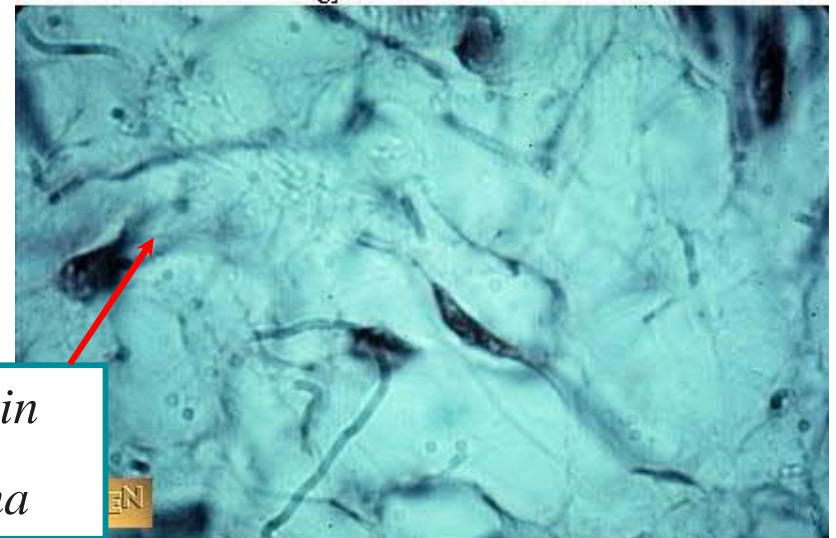
- Makrofagit (syöjäsolut)
- Mast-solut (syöttösolut)
- Plasmasolut ja muut verestä peräisin olevat sidekudossolut (lymfosyytit, monosyytit, neutrofiilit, eosinofiilit ja basofiilit).

# Fibroplastit

Aktiivisessa vaiheessa oleva fibroblasti on haaroittunut solut, jossa on runsaasti endoplasma-kalvostoa.

- Soikea, kalpea tuma, selvä tumajyvänen
- Tuottaa säikeet ja perusaineen
- Eri kudoksissa siitä käytetään eri nimityksiä:
  - a) kondroblasti (rusto)
  - b) osteoblasti (luu)
  - c) odontoblasti (hammas)

Histology Lab Part 4: Slide 21

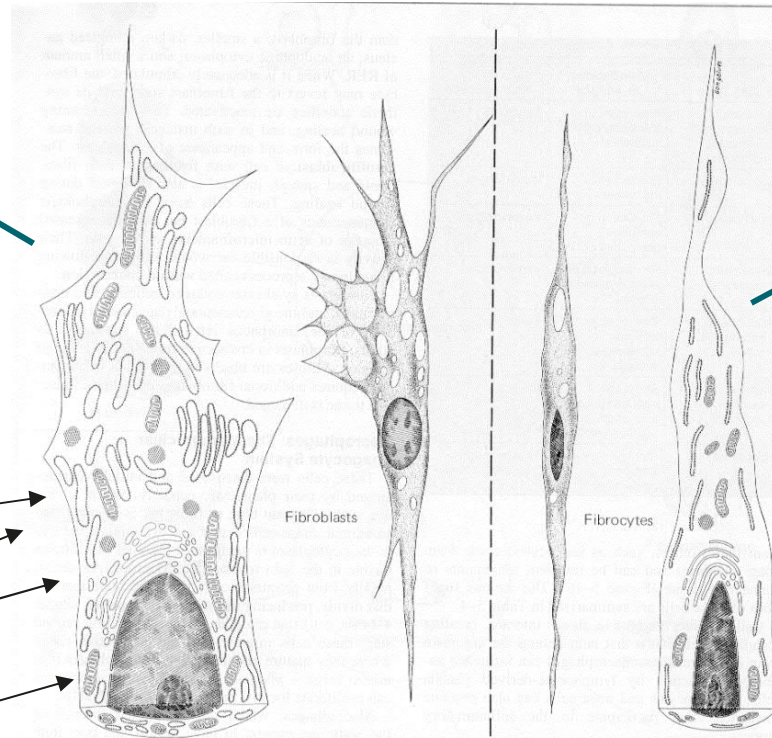


*Fibroblastin  
soikea tuma*

# Fibroplasti ja fibrosyytti

Nuoresta jakautumiskykyisestä ja synteettisesti aktiivisesta sidekudossolusta käytetään nimitystä fibroblasti

*Huom! ER:n, lipidipisaroiden, mitokondrioiden ja Golgin laitteen määrä ja kehittyneisyys sekä solun haaroittuneisuus.*



Fibroblasti

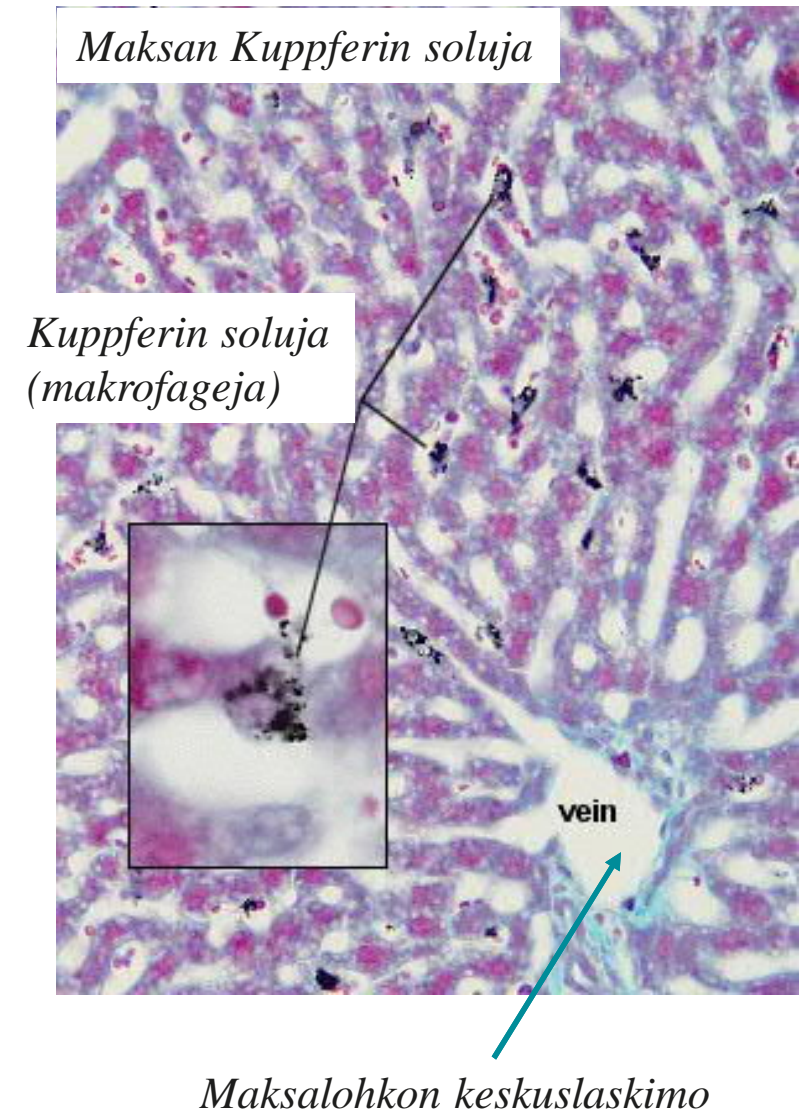
Fibrosyytti

vanhasta ja inaktiivisesta sidekudossolusta käytetään nimitystä fibrosyytti.

# Makrofagi

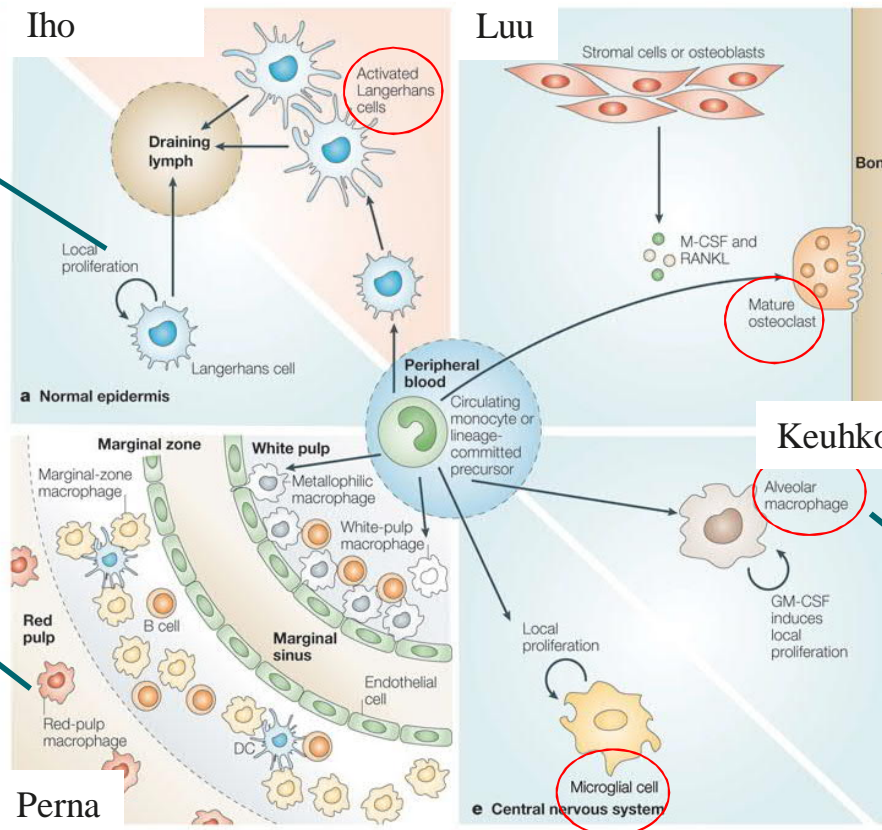
Makrofagit (mononukleaarinen syöjäsolujärjestelmä)

- Syntyvät luuytimessä promonosyyteistä
- Kulkeutuvat veren mukana eri kudoksiin
- Saadaan näkyviin vitaaliväreillä (esim. trypaanisinisellä)
- Ovat osa elimistön puolustusjärjestelmää
- Syövät vieraiksi tunnistettuja mikrobeja ja vierasaineita



Ihossa  
makrofageja  
kutsutaan  
Langerhansin  
soluiksi

Pernassa  
makrofageja  
kutsutaan pernan  
rakenteiden  
mukaan



Luu-kudoksessa  
makrofageja  
kutsutaan  
Osteoklasteiksi

Keuhkoissa  
makrofageja  
kutsutaan  
alveolaarisiksi  
makrofageiksi

Copyright © 2005 Nature Publishing Group  
Nature Reviews | Immunology

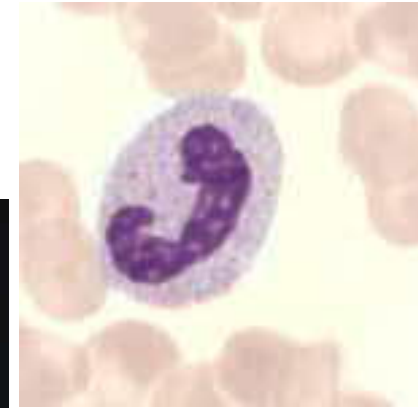
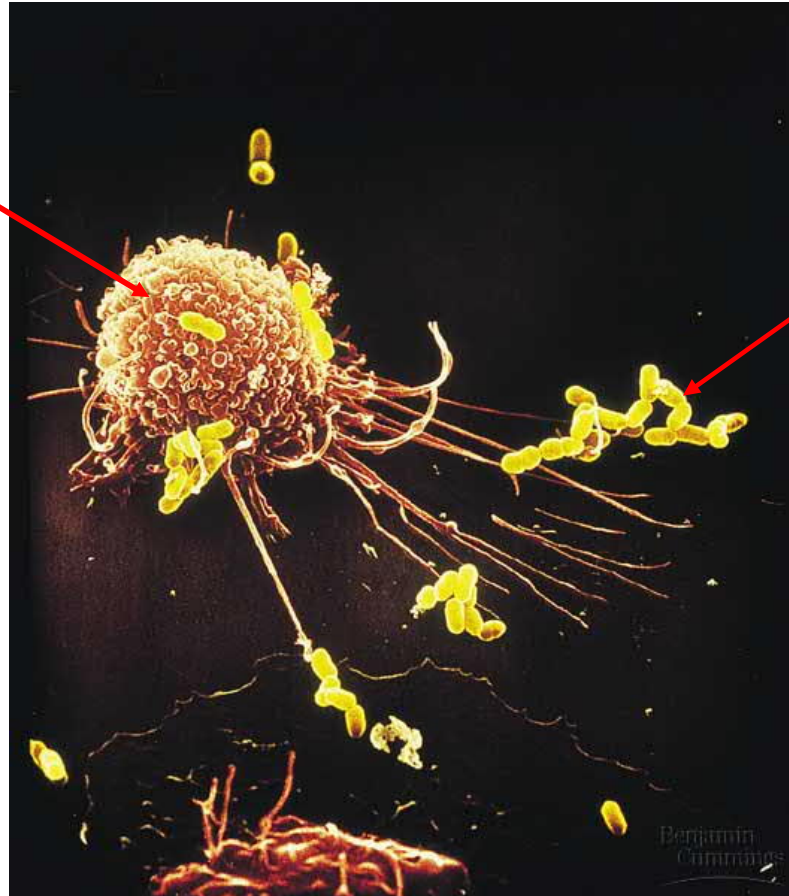
Lisäksi:

Kupfferin solut (maksä), mikroglia solut (keskushermosto),  
Veren fagosytoivia soluja ei lueta tähän ryhmään.



# Makrofagi työssä

Makrofagi



bakteereita



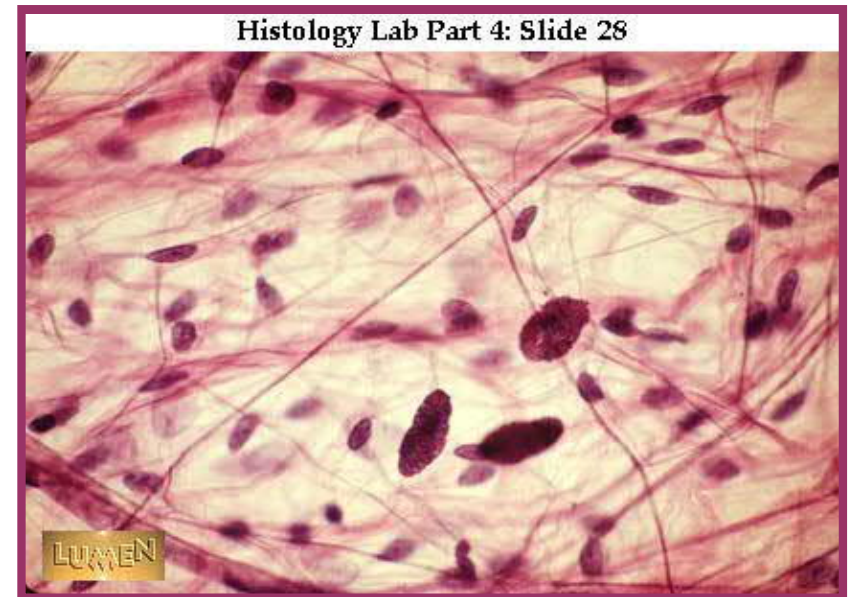
# Syöttösolut

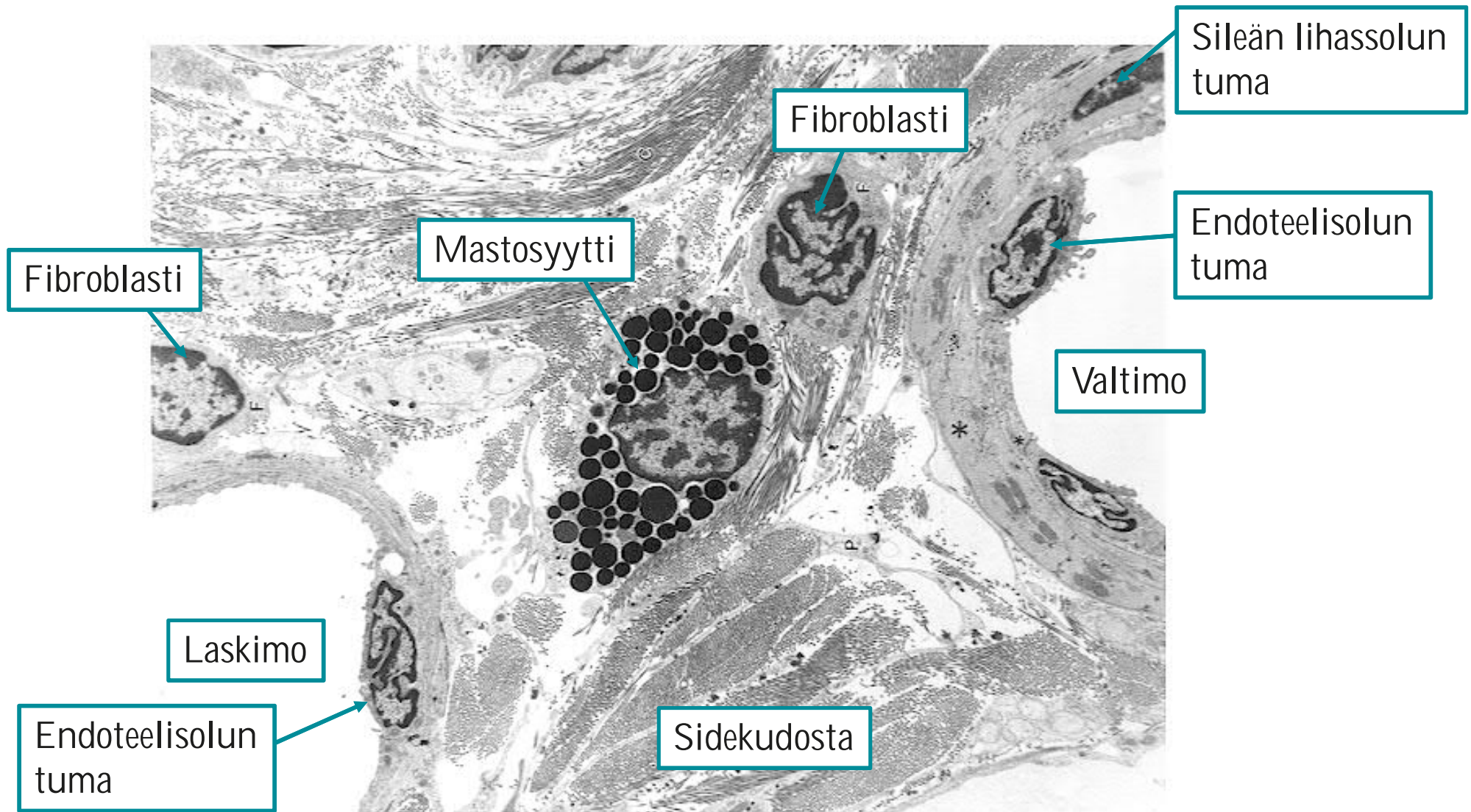
Syöttösolut (mastosyytit, "mastsolut")

- soikeita tai pyöreitä; läpimitta 20-30  $\mu\text{m}$ .
- Sytoplasmassa on basofiilisia (emäksisillä väreillä värjäytyviä) jyväsiä (0.3-2.0  $\mu\text{m}$ ).

Syöttösolut suojaavan elimistöä muun muassa bakteeri-, virus- ja loisinfektioilta

- Osallistuvat tulehdusvasteeseen
- Mukana allergisissa reaktioissa





# Plasmasolut

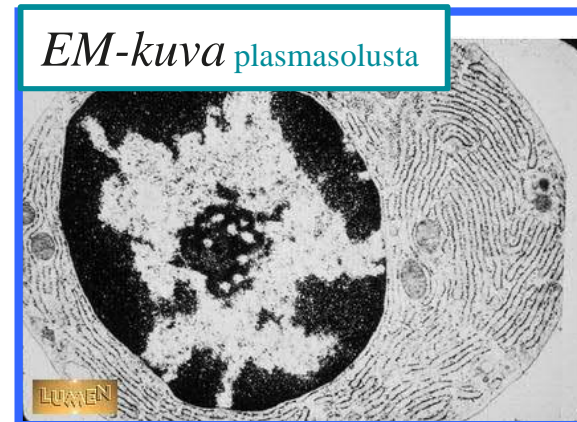
Plasmasoluja on on runsaasti lymfaelimissä (imusolmukkeet, perna) ja limakalvoissa (suoli, hengitystiet).

- Ne ovat suuria ja soikeita soluja, joissa on runsaasti karkeapintaista endoplasmakalvostoa.
- Kehittyvät B-lymfasyyteistä
- Tehtävänä on vasta-aineiden tuotto.

Valomikroskooppikuva plasmasolusta



*EM-kuva* plasmasolusta



# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Sidekudos: kudokset

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

---

# Sidekudoksen luokittelu

## Embryonaalinen sidekudos

- mesenkyymi
- Limaa erittävä (mukoosinen) sidekudos

## Varsinainen sidekudos

- Löyhä sidekudos
- Jäykkä yhdensuuntainen sidekudos
- Jäykkä verkkomainen sidekudos

## Erileistunut sidekudos

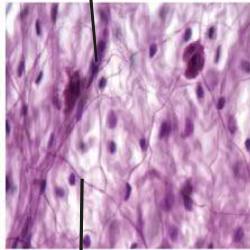
- Rusto
- Luu
- Rasvakudos
- Imukudos
- Hemopoieettinen kudosis (verisolujen tuotto)
- veri



# Sidekudos

Löyhä sidekudos

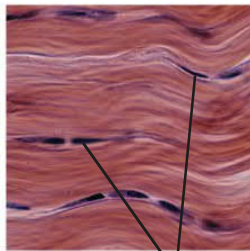
Kollageenisäie



120  $\mu\text{m}$

Elastinen säie

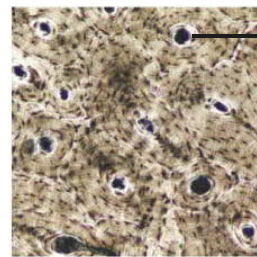
Jäykkä yhdensuuntainen sidekudos



30  $\mu\text{m}$

Tumat

Luu

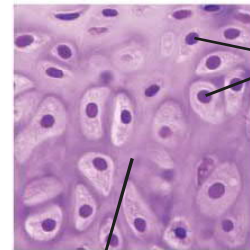


700  $\mu\text{m}$

Harvesin kanava

Osteosyytin kotelo

Rusto



100  $\mu\text{m}$

rustosolu

Ruston väliaine

Rasvakudos



150  $\mu\text{m}$

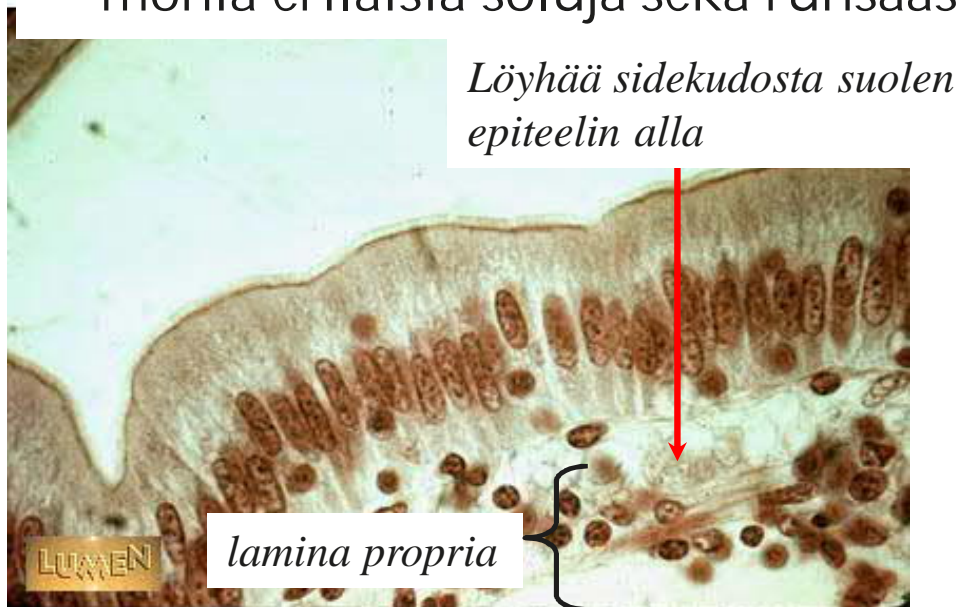
Rasvasolun lipidivarastoja



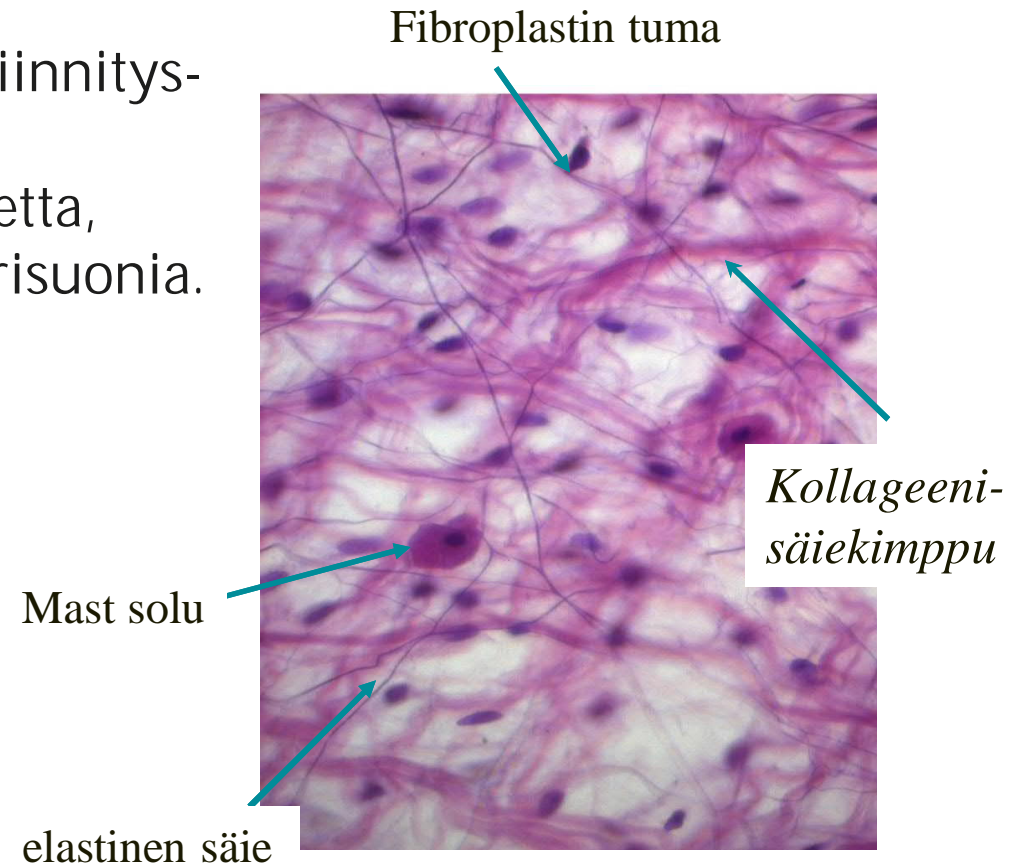
# Löyhä (areolaarinen) sidekudos

Löyhä sidekudos on joustavaa ja hentoa kiinnitys- ja pakkausmateriaalia.

- Löyhä säieverkosto, runsaasti perusainetta, monia erilaisia soluja sekä runsaasti verisuonia.



UEF // University of Eastern Finland

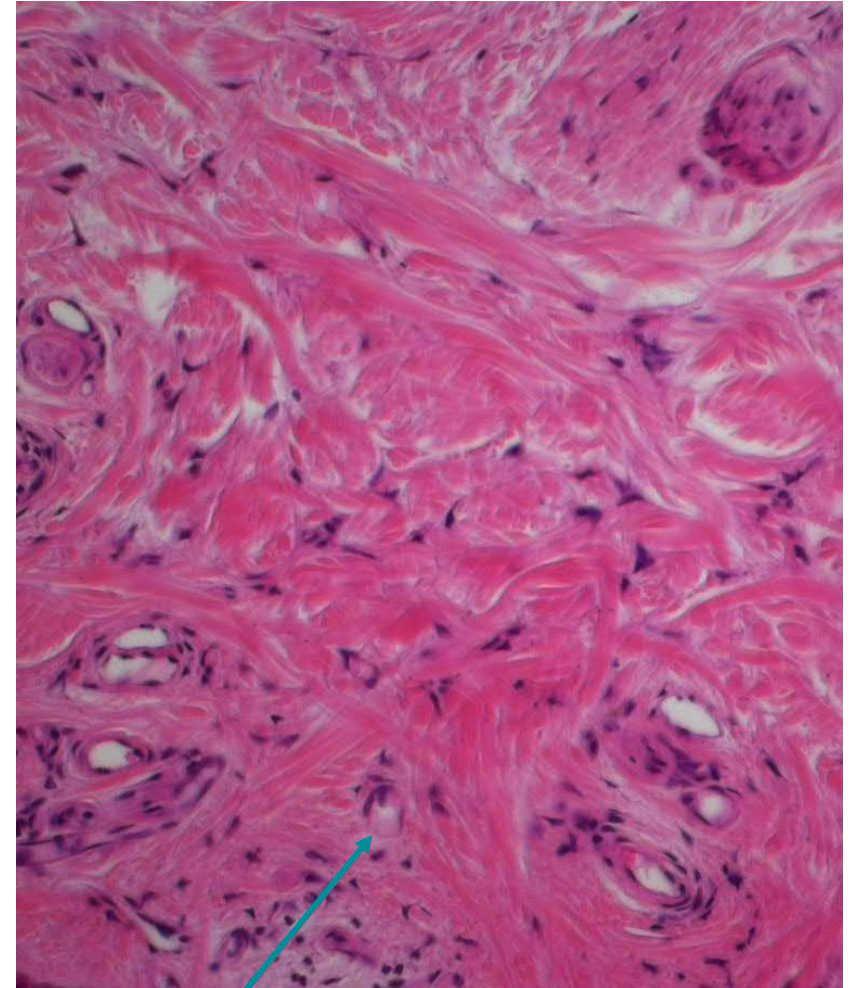


# Jäykkä verkkomainen sidekudos

Jäykkä, verkkomainen sidekudos sisältää runsaasti kollageenisäikeitä, jotka risteilevät verkkomaisesti kudoksessa.

Hyvä esimerkki tästä on ihon verinahka, joka värjäytyy eosiinilla punaiseksi ja mutkittelevaksi.

Sitä esiintyy myös maksaa, imusolmukkeita ja kiveksiä ympäröivissä kapseleissa sekä luiden pinnalla.

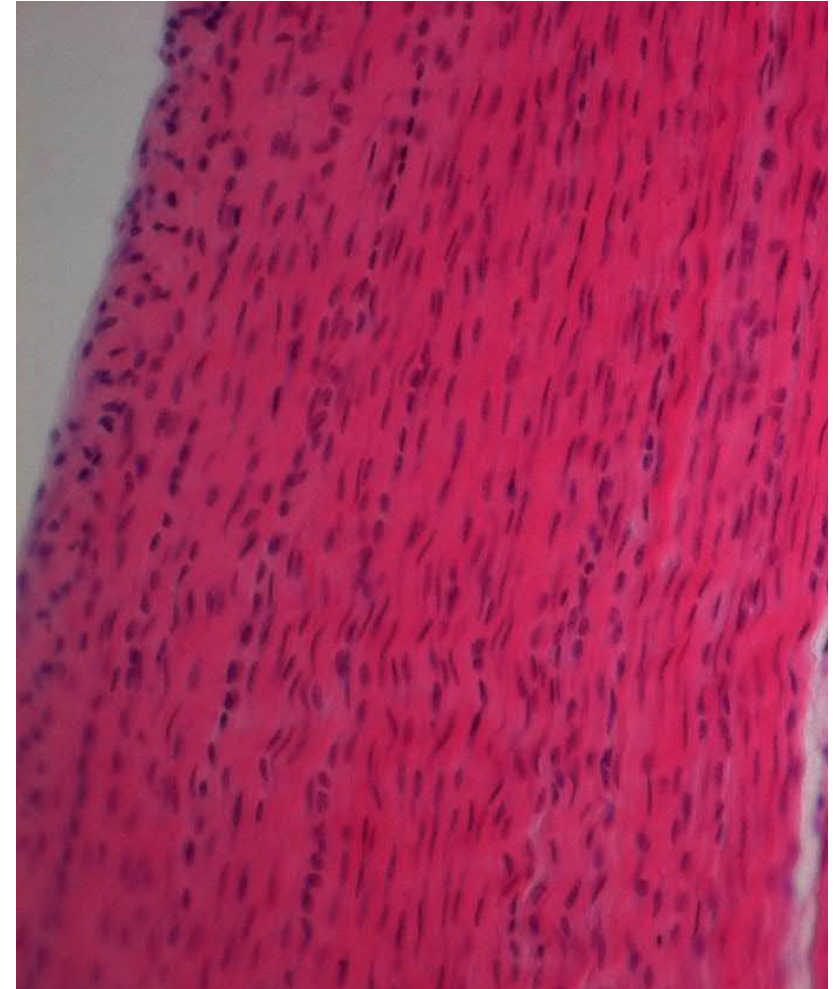


*Fibroblastien tumia*

# Jäykkä yhdensuuntainen sidekudos

Kollageenisäikeet ovat tiiviisti yhdensuuntaisiksi kimpuiksi pakkautuneena.

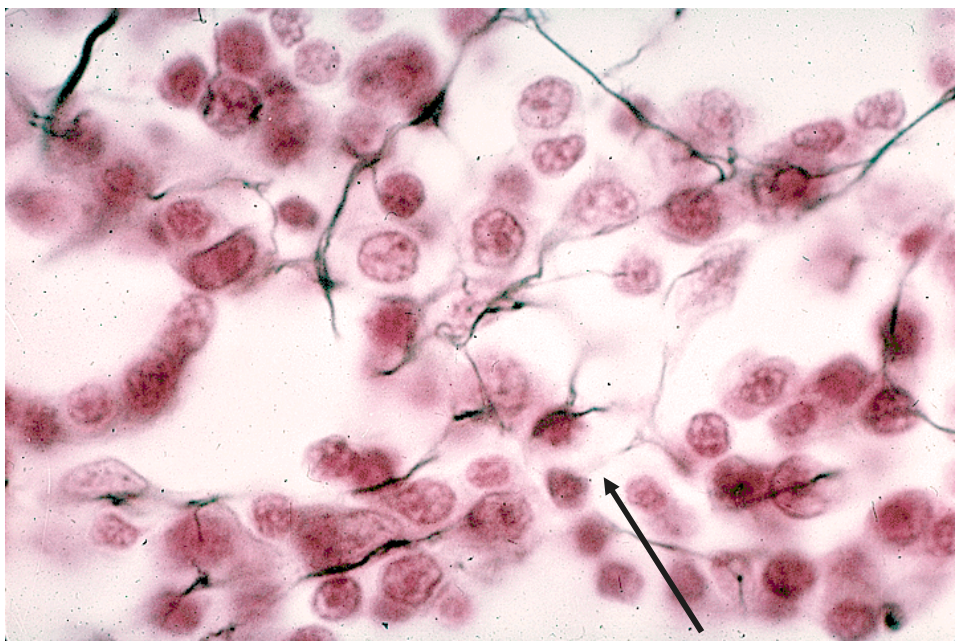
- Säikeiden välissä on fibroblasteja.
- Esiintyminen: jänteissä, nivelsiteissä, luun ja ruston kalvoissa sekä elimiä ympäröivissä kapseleissa.





# Retikulaarinen sidekudos

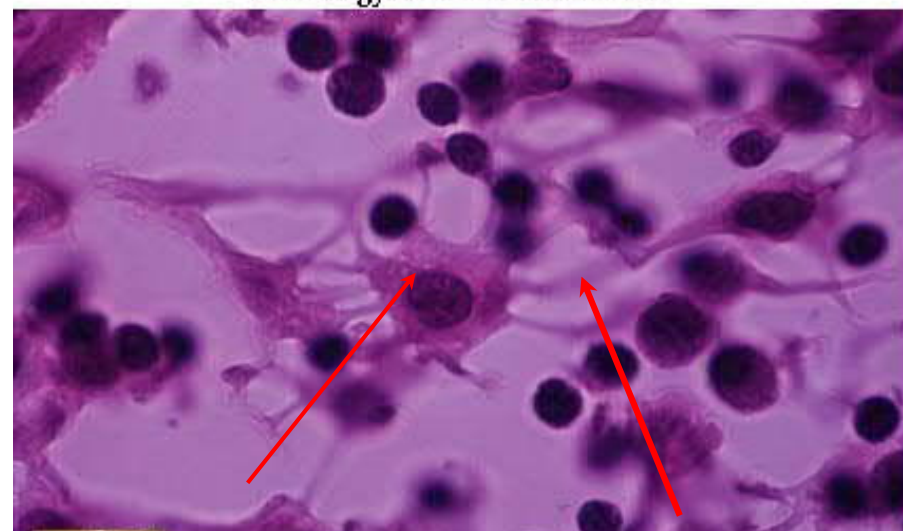
Retikulaarinen sidekudos muodostaa tukiverkoston useiden runsassoluisten elinten keskellä (rauhaset, imusolmukkeet, maksa jne.)



UEF // University of Eastern Finland

*Verkkosäikeet (Kollageeni III) tulevat näkyviin hopeaväreillä*

Histology Lab Part 3: Slide 4



*retikulaarisolu*

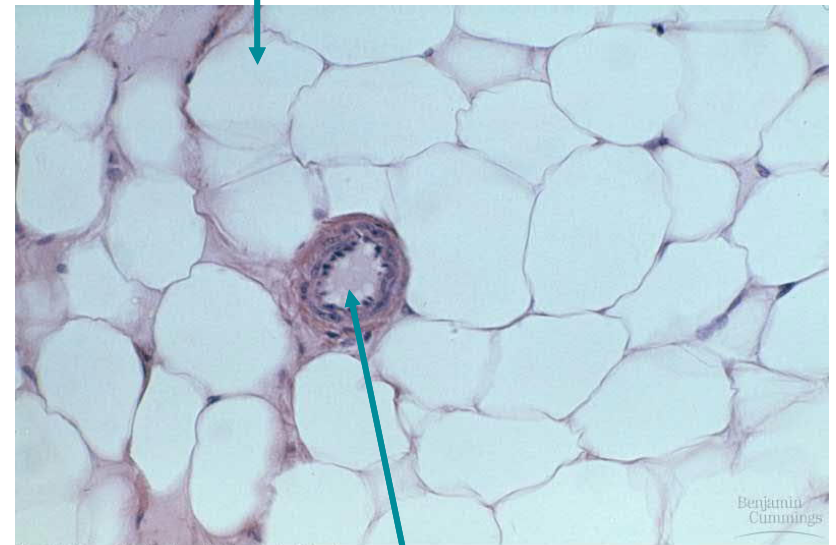
*lymfosyytti*

# Valkea rasvakudos

Rasva on valkeassa rasvakudoksessa unilokulaarista : jokaisessa rasvasolussa on vain yksi rasvapisara.

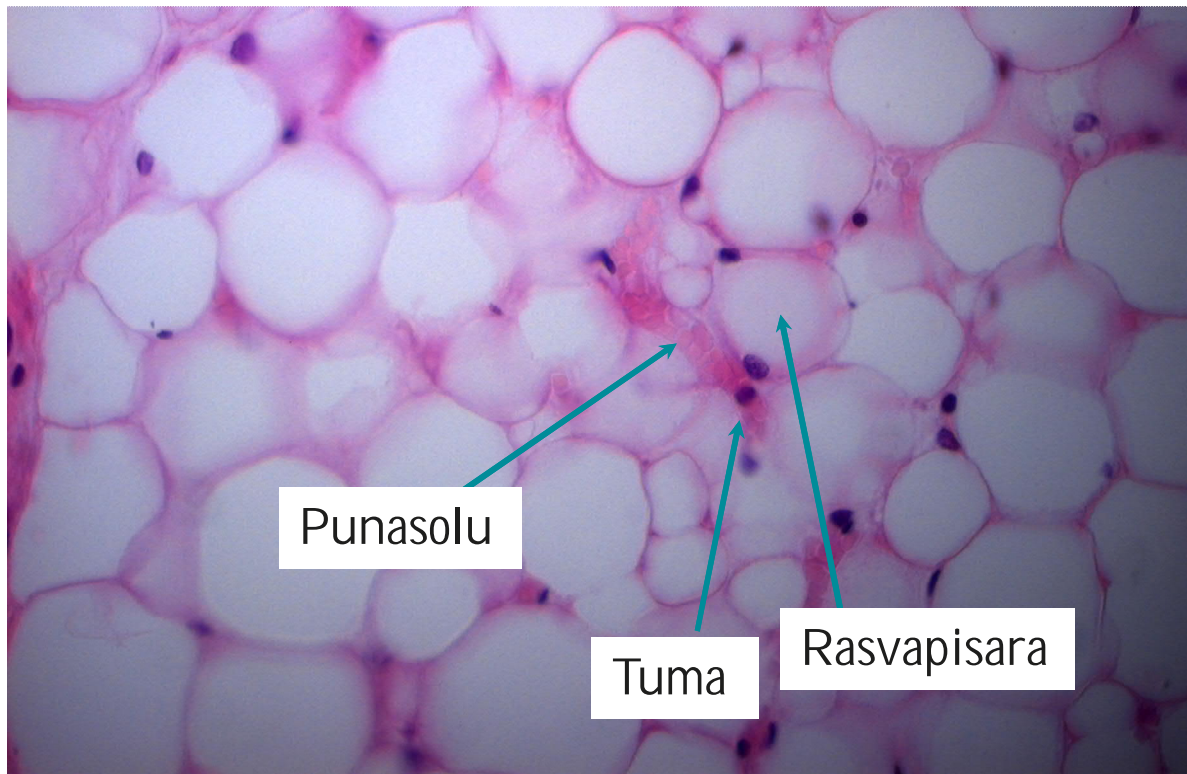
- Rasvapisara täyttää koko solun, jolloin litistynyt tuma on solun reunassa.
- Esiintyminen: ihon alla hypodermiksessä, vatsaontelossa, kämmenissä ja jalkapohjissa.
- Toimii energiavarastona ja suojana.

*Valkea rasvasolu (Rasva lähtee pois näytettä valmistettaessa, ja jäljelle jää tyhjä tila.)*



*pieni valtimo, arteriola*

# Rasvapisara



Rasvasolut (adiposyytit) ovat suurikokoisia (n. 100  $\mu\text{m}$ ) ja siten helposti tunnistettavia.

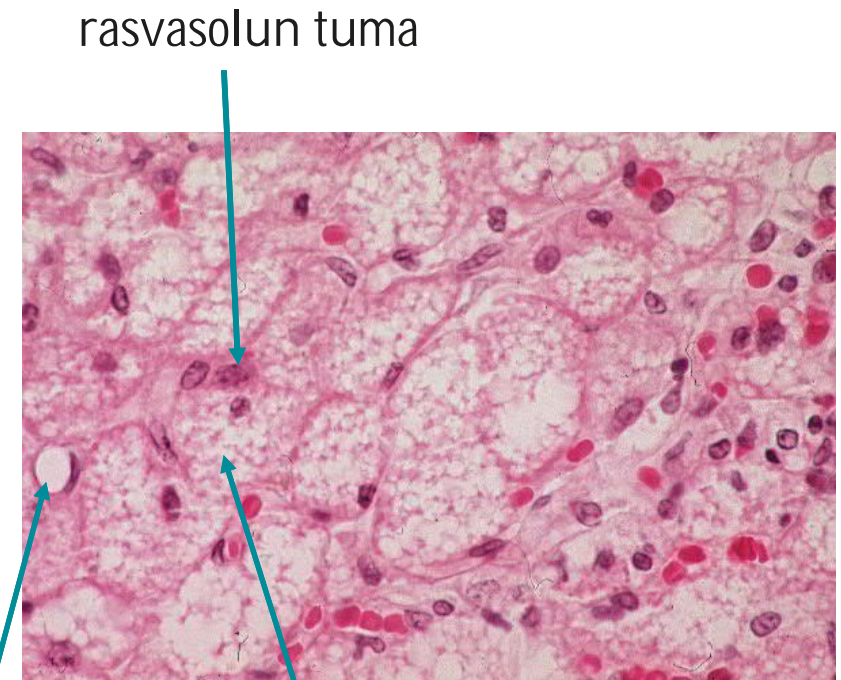
- Rasvapisara täyttää käytännössä koko solun ja sisältä diasyyliglyserolia ja kolesteroliestereitä.
- Rasvan kertyminen tapahtuu insuliinin laukaisemalla rasvasolujen kasvulla.



# Ruskea rasvakudos

Rasva on ruskeassa rasvakudoksessa multilokulaarista: rasvasolussa on useita rasvapisaroita.

- Pyöreähkö tuma on solun keskellä.
- Sytoplasmassa on paljon mitokondrioita → ruskea väri.
- Kudoksessa on runsas verisuonisto.
- Esiintyminen: sikiössä, vastasyntyneellä, hibernoivilla nisäkkäillä.
- Tehtävänä on lämmöntuotto.



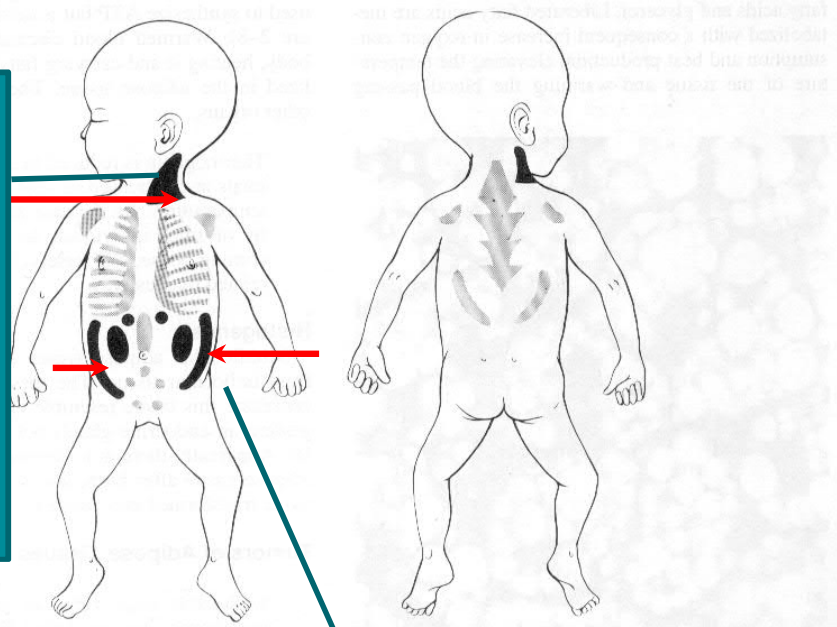
rasvasolun tuma

monta rasvapisaraa samassa solussa

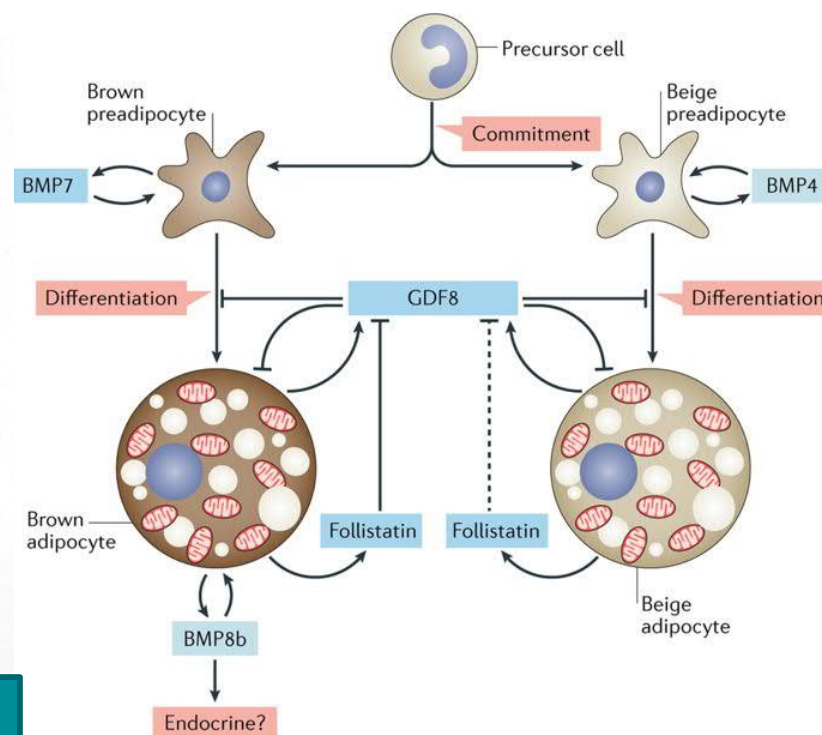
kapillaari

# Ruskea ja beige rasva

Aiemmin ruskeaa rasvaa tiedettiin olevan solisluuun yläpuolella, munuaisten ympärillä ja lapaluiden välissä. Sitä kuitenkin löytyy useista kohdista.



Vastasyntyneillä ruskeaa rasvaa on 2-5% ruumiinpainosta. Sitä löytyy myös aikuisilta.



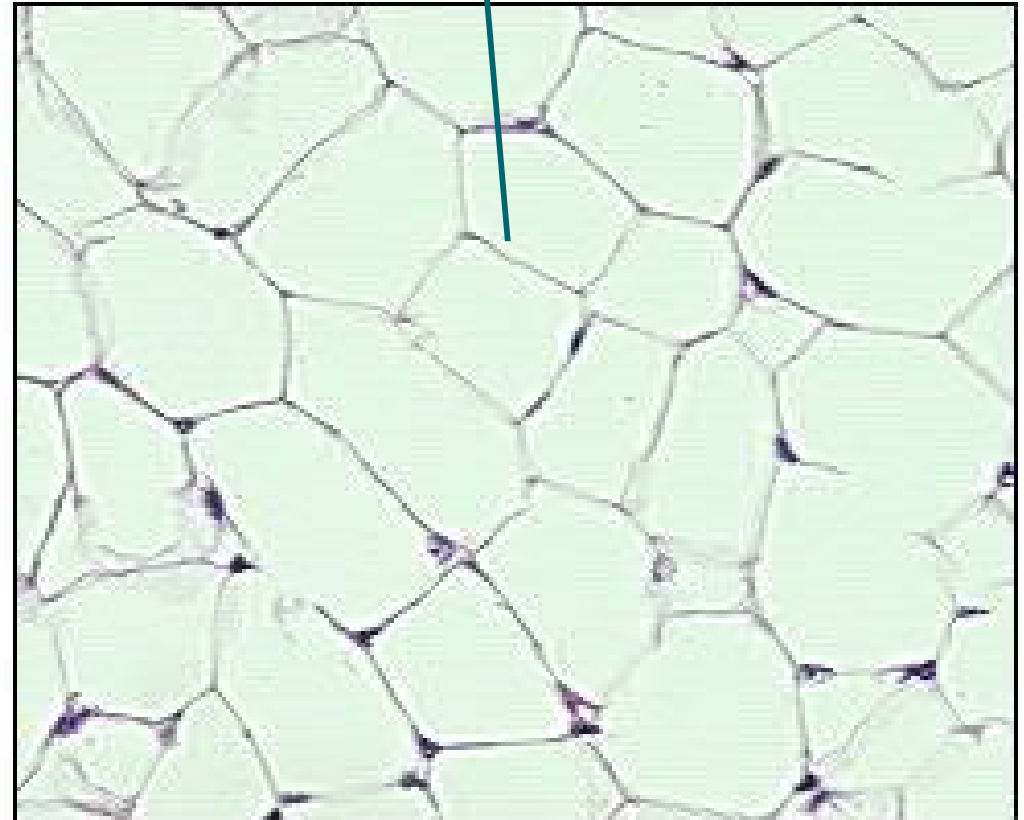
Nature Reviews | Endocrinology

Villarroya et al 2017 Nature Rev.Endocrin. 13: 26-35

Ruskea rasva näyttää  
pilkulliselta (mitokondriot)



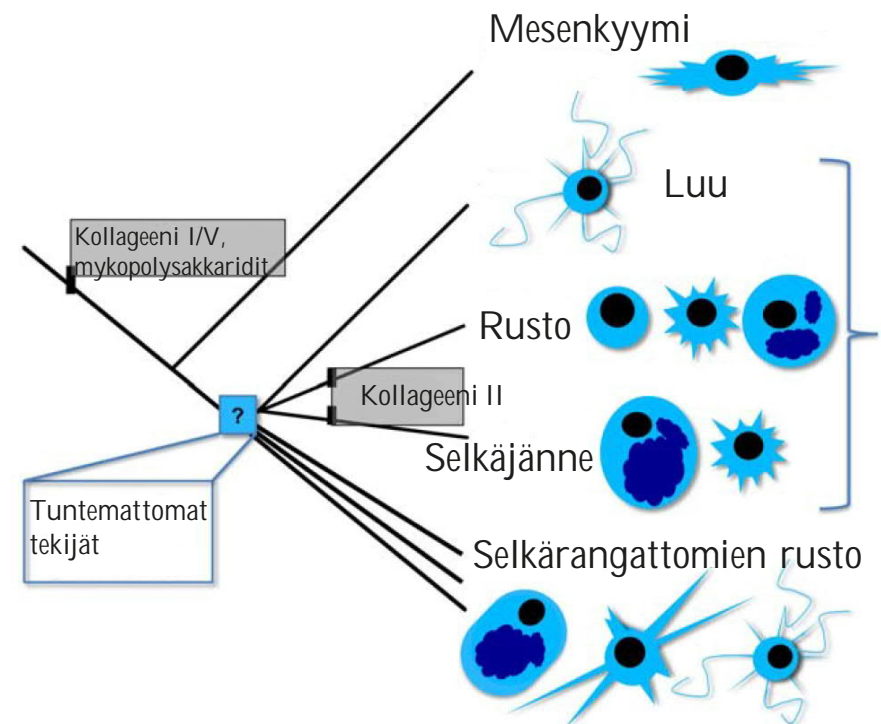
Valkea rasva näyttää tyhjältä  
(valtava rasvapisara)



# Rusto

Rusto ja luu kehittyvät samantapaisesti, mutta niissä käytetään eri kollageenia.

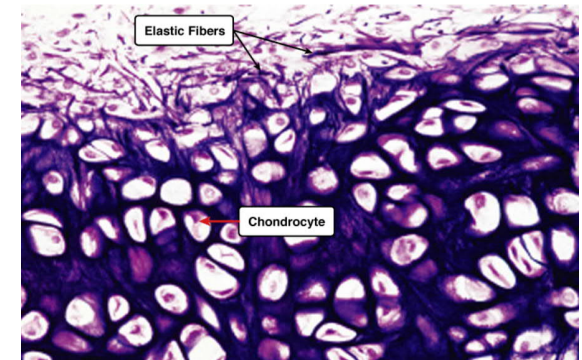
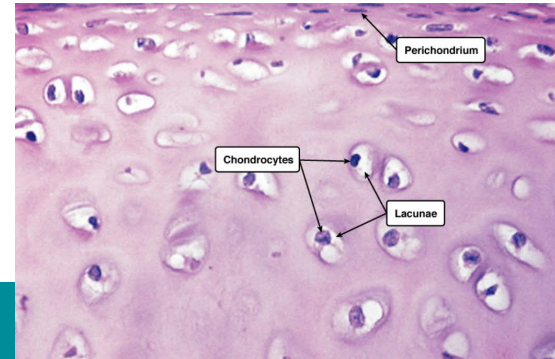
- Rusto on yksinkertaista kudosta, jossa ei ole verisuonia (vauriot ovat heikosti korjattavia)
- Rusto kehittyy, kun alkion mesenkyymisolut muuttuvat kondroplasteiksi, jotka erittävät kollageeni II:ta ja proteoglykaania (aggregaania).



Cole 2011 Eur.Cells. Mat. 21: 122-129

# Ruston luokittelu

Rusto	Rakenne	Merkitys
Lasirusto	Tyypillinen rustorakenne	Sikiön ja rustokalojen tukiranka, henkitorvi, keuhkoputki
Elastinen rusto	Soluväliaineessa elastiinia (keltaisia säikeitä)	Korvalehdet
Säikeinen rusto	Säikeet järjestyksessä. Lähinnä kollageeni I	Pehmeiden kudosten kiinnitys luihin

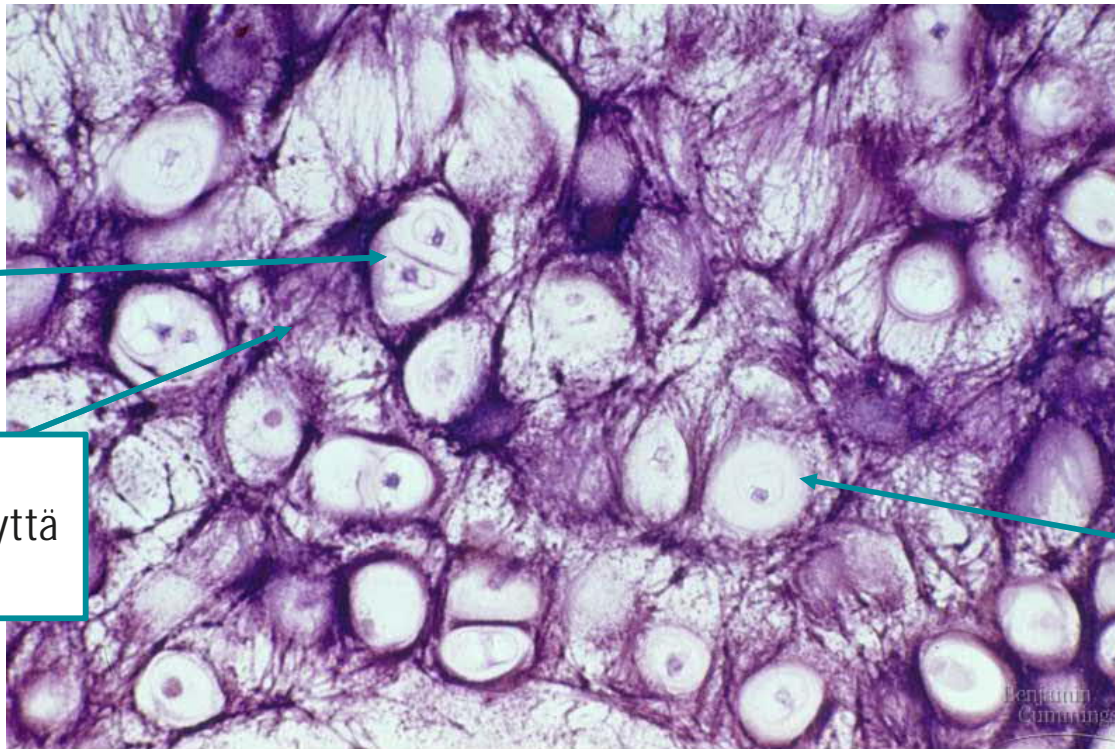




# Ruston rakenne

Kaksi rustosolua  
ja niiden tumat

Solujen ympärillä  
tummaksi värjäytynyttä  
ruston perusainetta

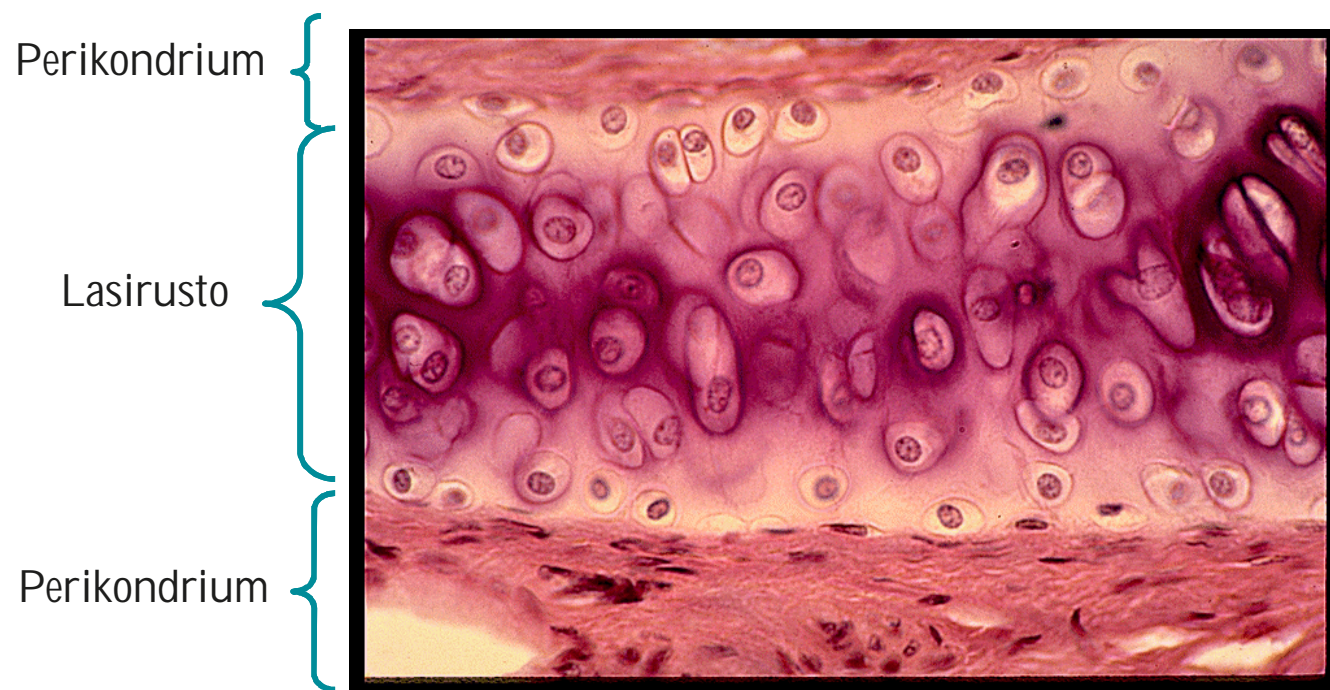


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Onteloa, jossa  
rustosolu on,  
kutsutaan  
"lacunaksi" tai  
"kondroniksi".



# Rustokudoksen rakenne



Rustokudosta ympäröi molemmin puolin jäykkä sidekudos, josta käytetään nimitystä perikondrium.

# Ruston kasvu

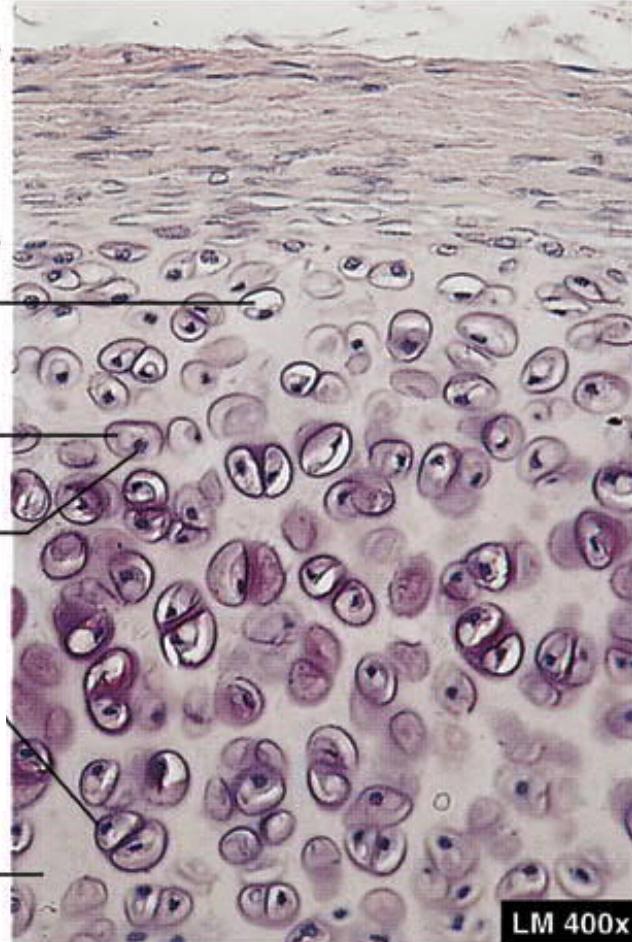
*Perikondrium  
(sidekudosta)*

*Lacuna -ontelo*

*Kondrosyytti  
tuma*

*Jakautunut  
rustosolu*

*Ruston  
väliainetta*



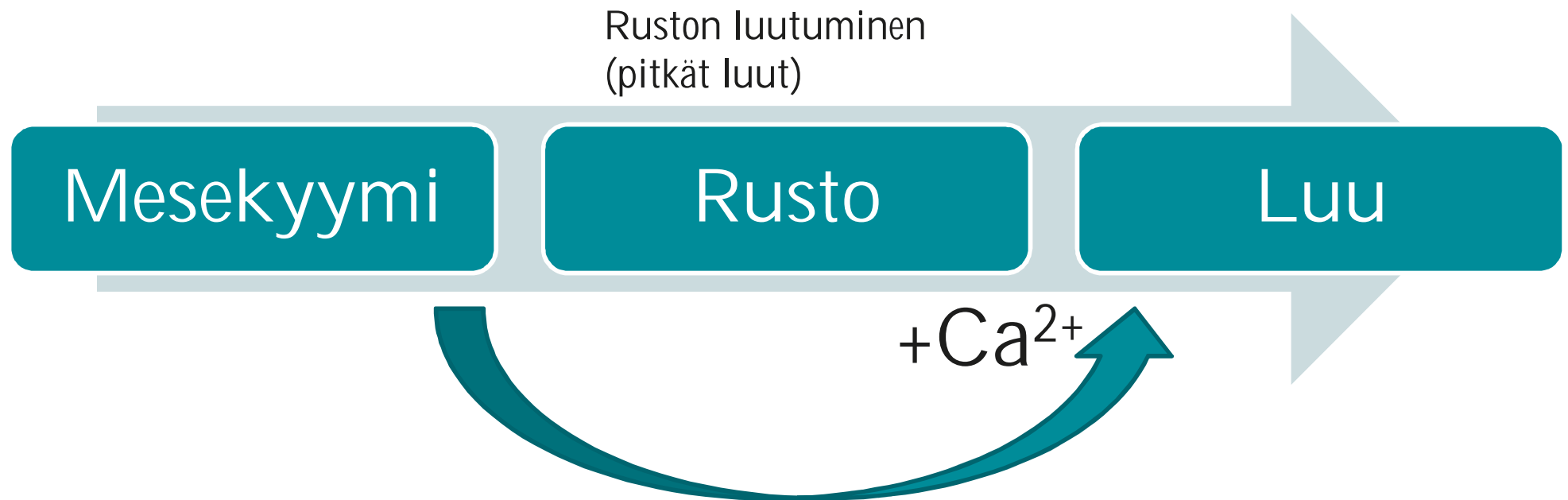
Appositionaalinen kasvu:

Kondroblastit tuottavat uutta rustoa vanhan pinnalle perikondriumien alimmasta kerroksesta käsin.

Interstitiaalinen kasvu:

Jakaantuvat kondrosyytit tuottavat uutta rustoa ruston keskelle erittämällä ruston väliainetta.

# Luu



Sidekudoskalvon sisällä tapahtuva luun muodostuminen  
(Leukaluu, solisluut, ohuet luut)

# Luun koostumus

normaali luu



Luu ilman kalsiumsuoloja



(b)

Luu ilman kollageenia

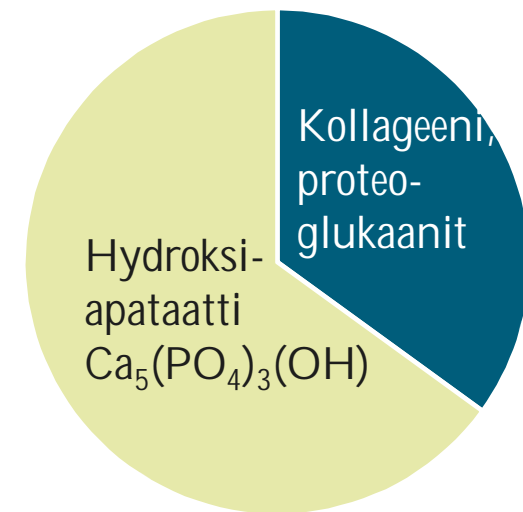


(c)

## Luusolut:

- Osteoblastit (nuoret luusolut)
- Osteosyytit (vanhat luusolut)
- Osteoklastit (luun makrofagit)

soluväliaine



■ orgaaninen ■ epäorgaaninen

# Luiden ja niitä ympäröivän sidekudoksen jaottelu

## anatomia

Tiivis luu

Sieniluu

## hienorakenne

Primaarinen  
(woven) luu

Sekundaarinen  
(lamellar) luu

## sidekudos

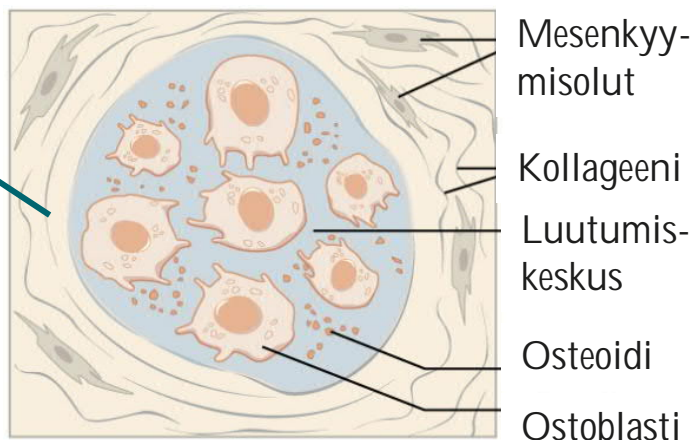
Sisältä  
endosteum

Ulkoa  
periosteum

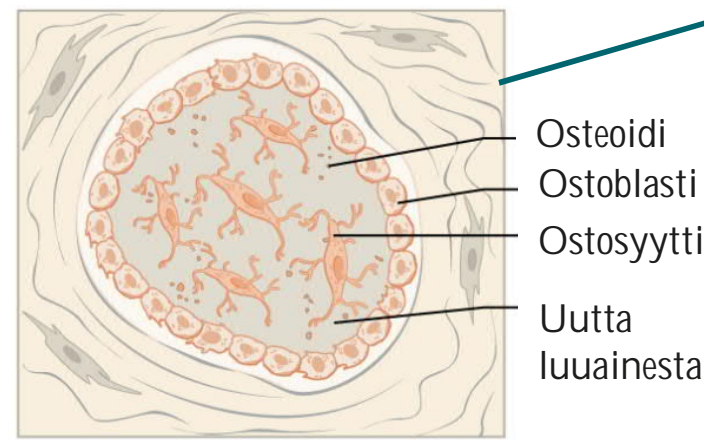


## Ohuiden luiden muodostuminen

Nuoret luusolut esiintyvät kasaumissa erittäin soluvälitilaan osteoidi nimistä ainetta, joka kovettuu kalsiumin vaikutuksesta



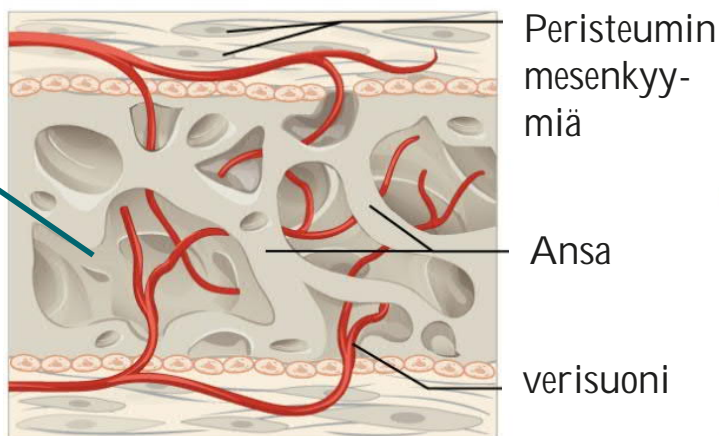
(a)



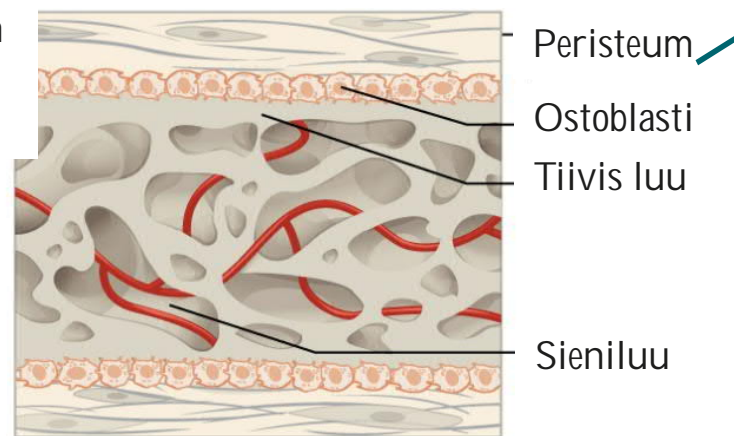
(b)

Osteoblastit jäävät jumiin soluväliaiineeseen ja muuttuvat osteosyyteiksi. Ympäristön sidekudos muuttuu uusiksi osteoblasteiksi

Verisuonten vieressä osteoidi ei kovetu, jolloin luun keskiosaan jää onkaloita (ansoja, trabeculae). Pinnan osteoblastit kehittyvät periosteumiksi



(c)



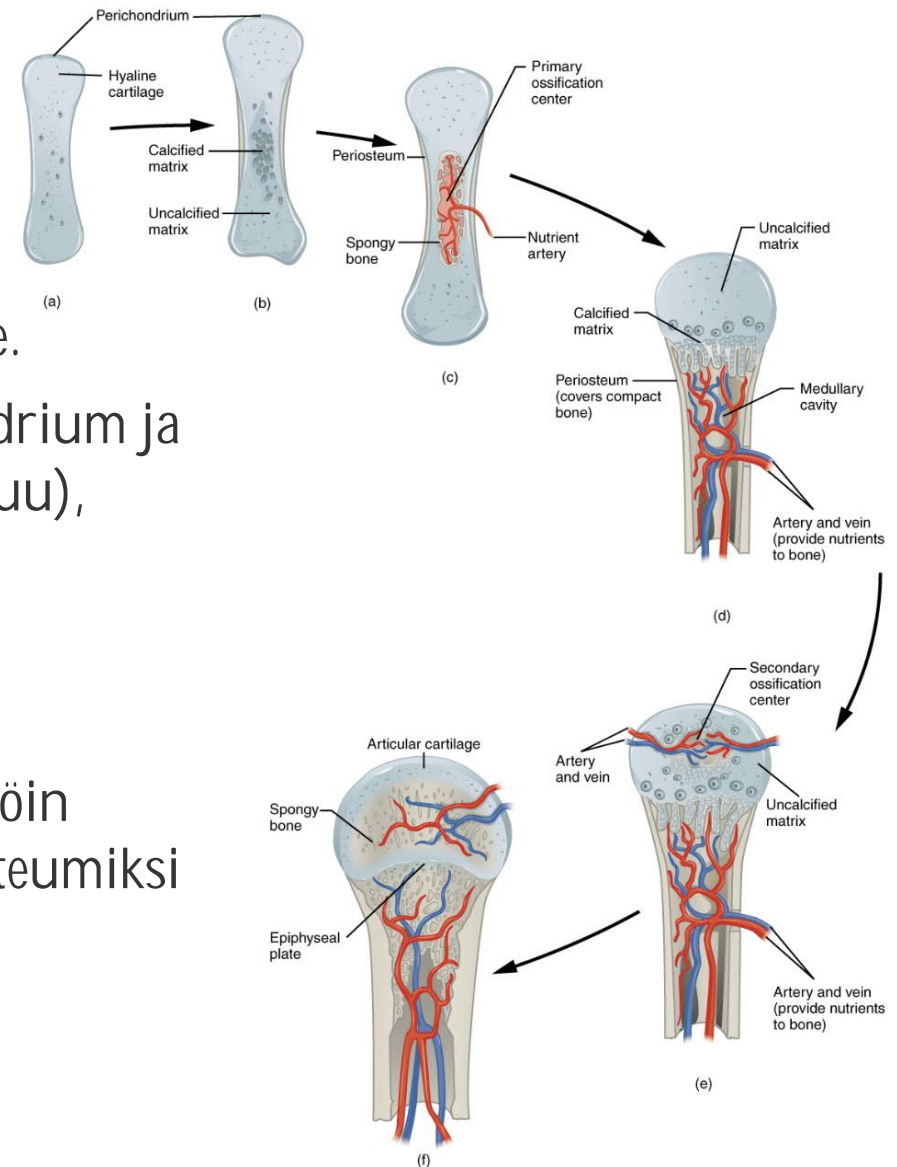
(d)

Periosteum muodostaa suojakerroksen. Verisuonet kasautuvat muodstaen luuytimen.

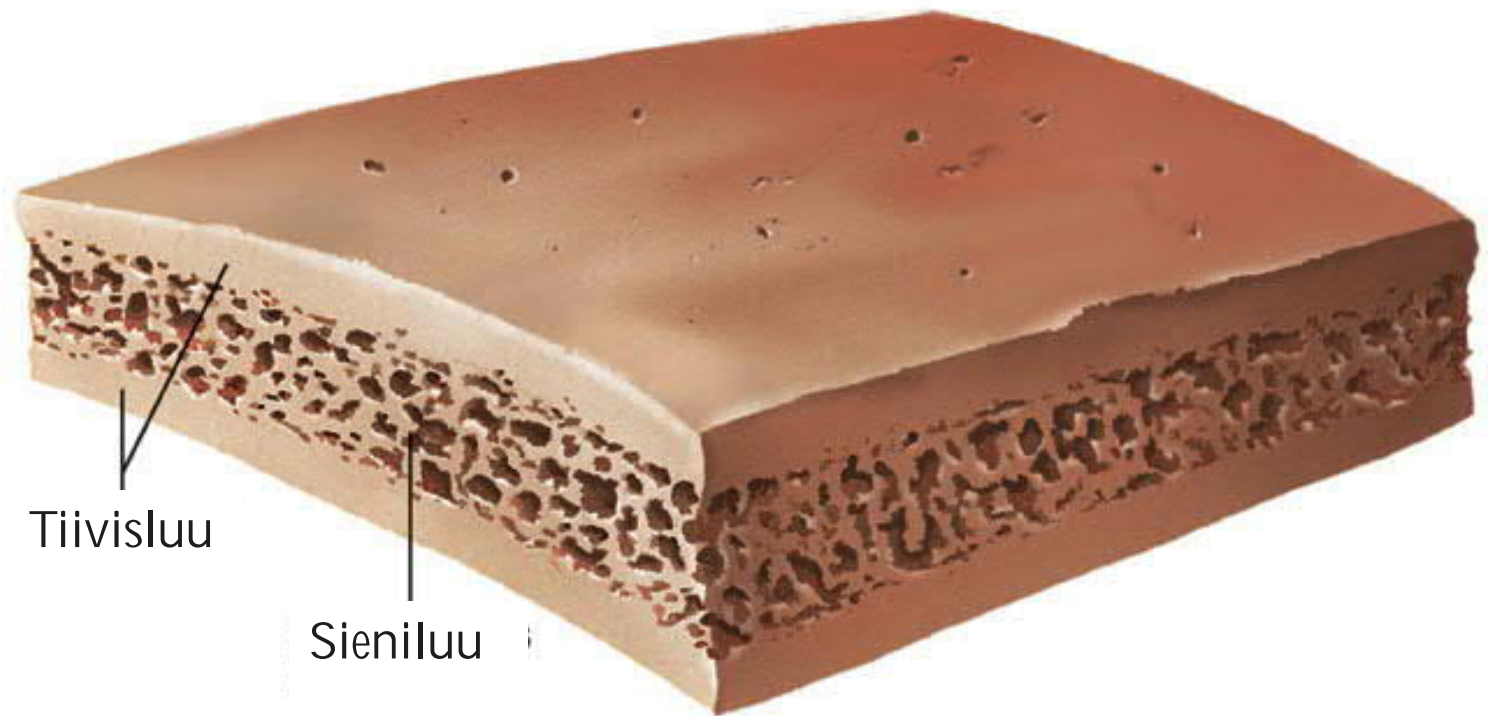


# Paksujen luiden muodostuminen

- a) Paksut luut muodostuvat rustokudoksen pohjalle.
- b) Ruston päähän muodostuu rustokalvo, perichondrium ja rustosoluja ympäröivä kudos kalsifioituu (kovettuu), jolloin rustosoluille ei saada ravinteita.
- c) Rustokudos kuolee, minkä jälkeen tyhjään tilaan tunkeutuu verisuoni tuoden paikalle luusoluja.
- d) Ruston kasvaessa hiussuonet lävistävät sen. Tällöin rustokalvo muuttuu luuta muodostavaksi periosteumiksi (primaarinen luun muodostus)
- e) Myöhemmin sama kehitys jatkuu luun päissä (sekundaarinen luun muodostus)

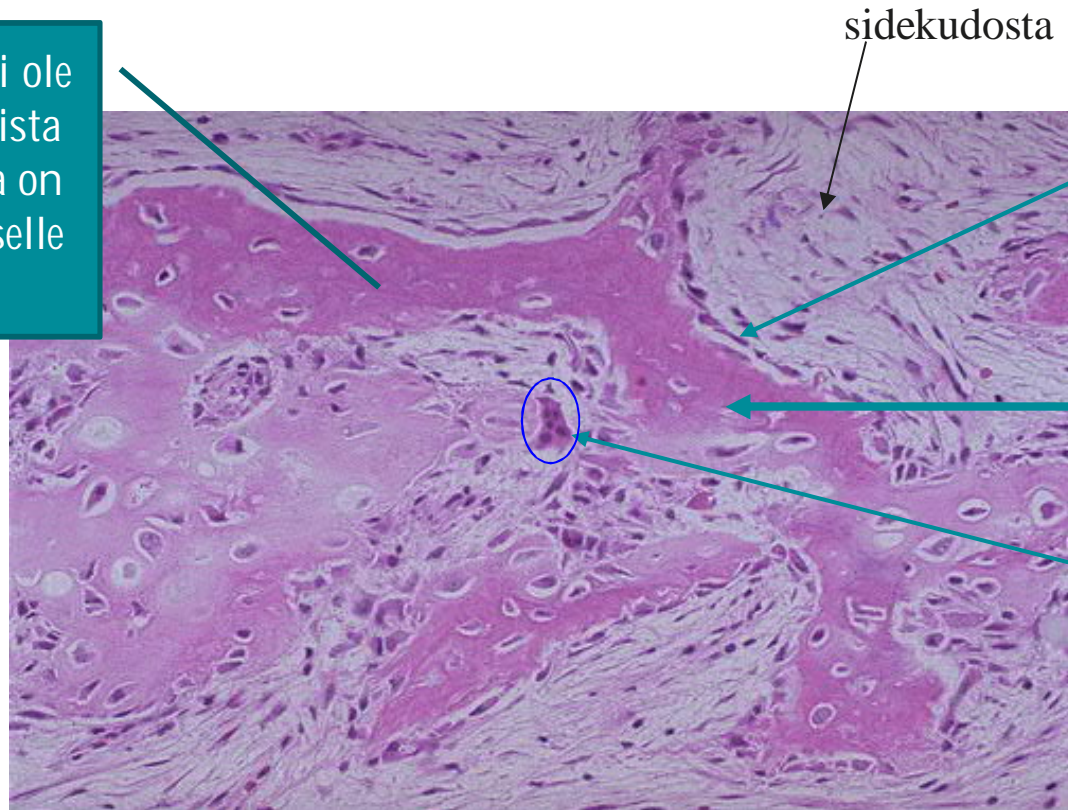


# Anatominen rakenteen jako



# Jako hienorakenteen mukaan

Primaarisessa luussa ei ole säännöllistä kerroksellista lamellirakennetta, joka on tyypillistä sekundaariselle luulle.



*Osteoblasteja muodostuvan luun pinnalla*

*Vasta muodostunut luujuoste*

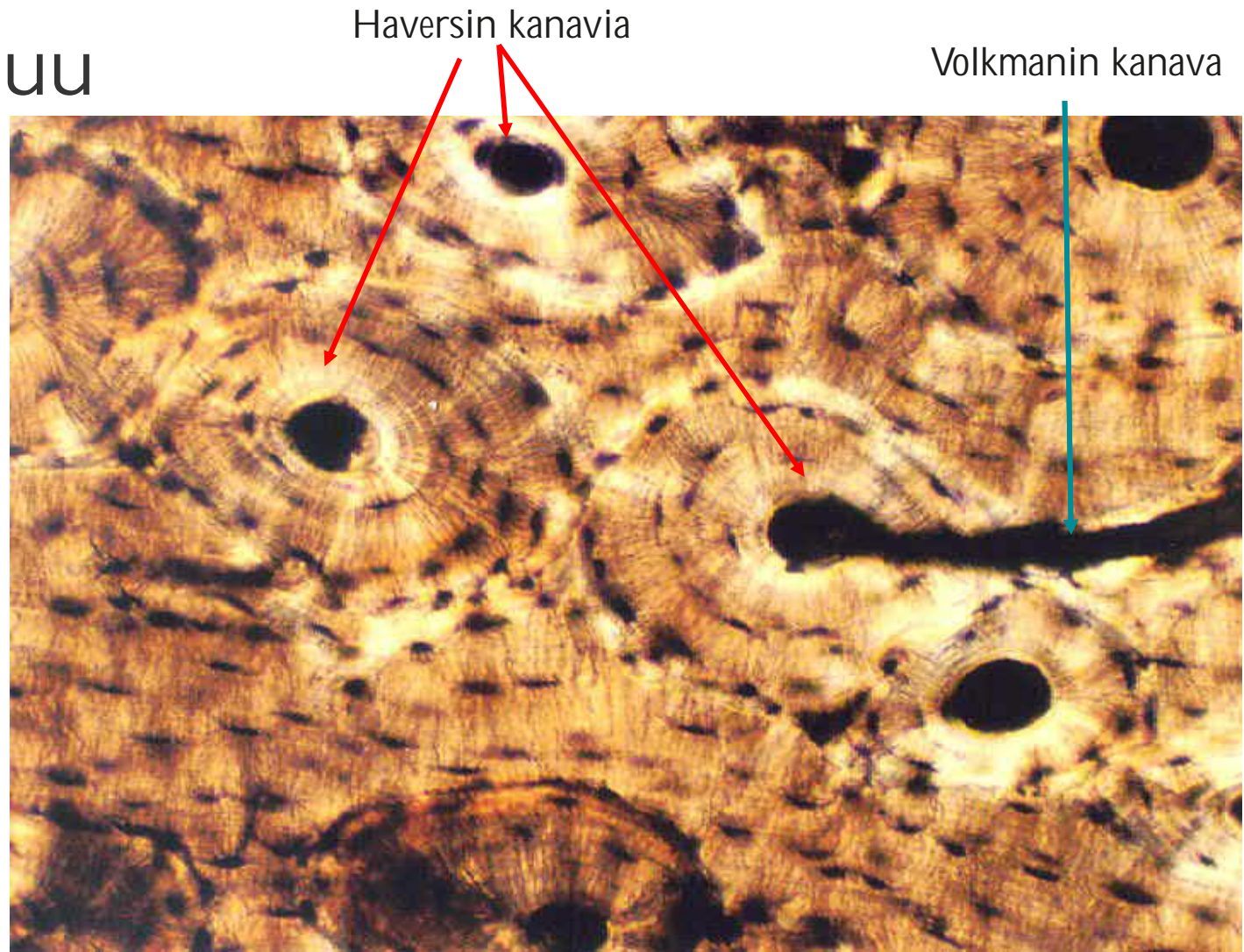
*Osteoklasti on luun makrofagi, joka poistaa luukudosta.*

**Primaariluuta** murtuman alueella (Huom! ei lamellirakennetta)



# Sekundaarinen luu

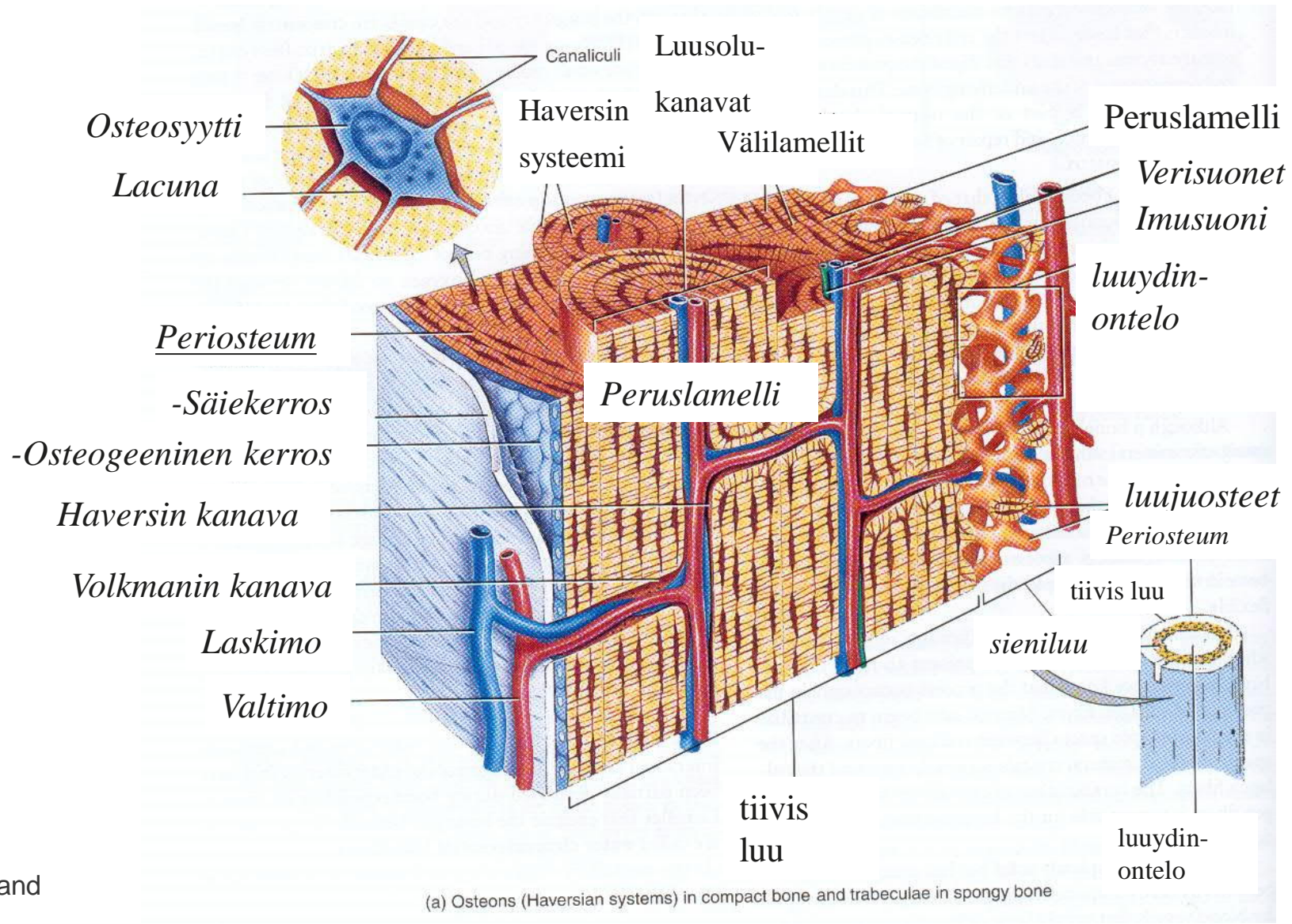
Tiiviille sekundaariselle luulle on tyypillistä kerroksellinen lamellirakenne (vuosirengasmaisia kehiä)



# Sekundaarisen luun rakenne

Haversin systeemi:

- Haversin kanava, jossa ovat verisuonet ja hermot (Huom! luu on aktiivista, elävää kudosta).
- Ympärillä 8-15 Haversin lamellia (3-7  $\mu\text{m}$ ).
- Poikittaiset Volkmanin kanavat alkavat peri- ja endosteumista ja yhdistävät vierekkäisiä Haversin kanavia.
- Peruslamellit kiertävät koko luuta ympäri,
- Välilamellit sijaitsevat Haversin lamellien väleissä.
- Luusolukanavat (canaliculi) ovat luusolujen jatkeita lamellien sisällä.





# Sekundaariluuta (Huom! lamellirakenne)

Tiiviin sekundaariluun rakenne – luun poikkileikkaus



Volkmanin kanava yhdistää kaksi vierekkäistä Haversin kanavaa toisiinsa.

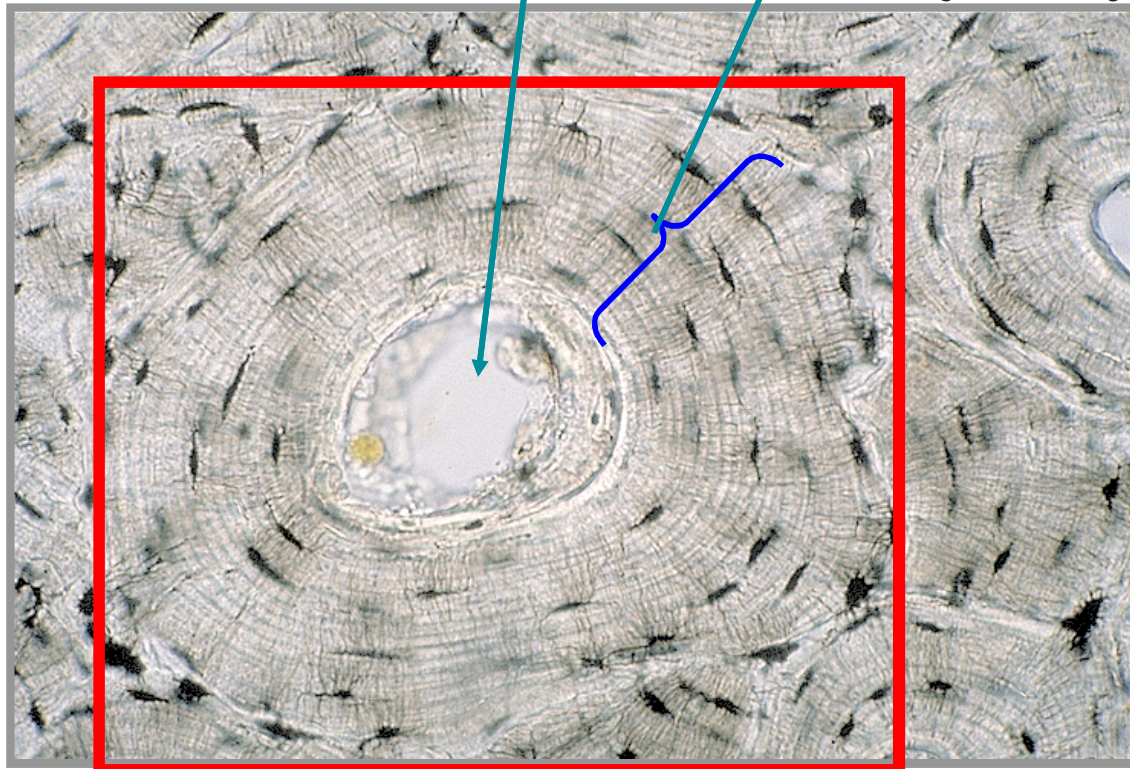
Haversin systeemi muodostuu luukerroksista (lamelleista), jotka ympäröivät Haversin kanavaa.

Haversin kanava kulkee luun pituusakselin suuntaisesti. Sen sisällä ovat hermot ja verisuonet.

# Haversin systeemi

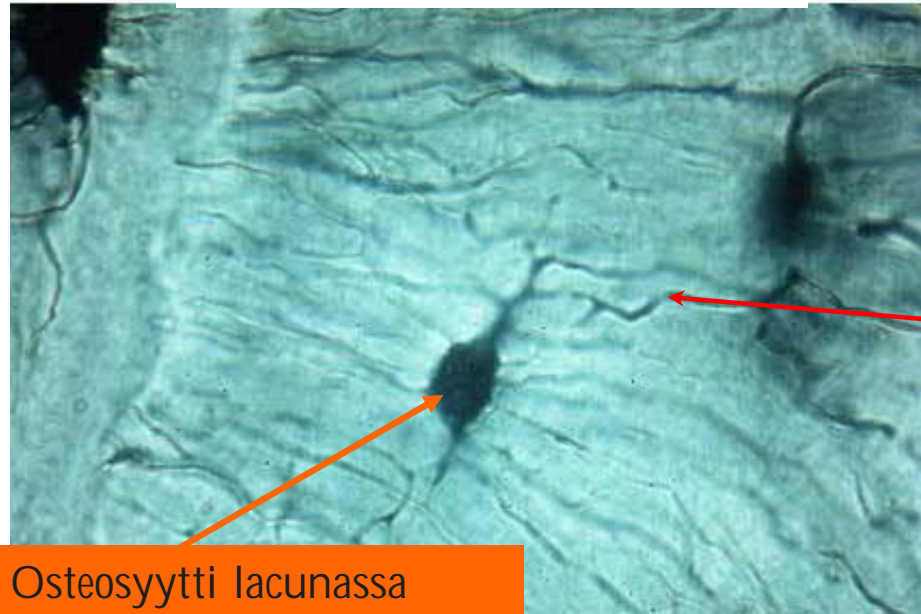
Haversin kanava

4-5 lamellikerrosta, joiden välissä  
luusoluja, osteosyyttejä





Luusolu lamellikerrosten välissä



Luusolukanava  
on luusolun haara  
lamellin sisällä.

Osteosyytti lacunassa

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)

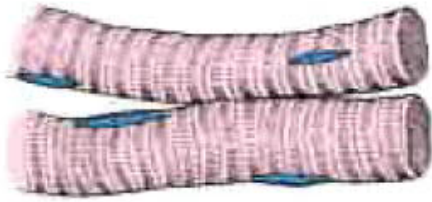


# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Lihaskudos





## Luustolihas

- Ø 10-100 µm, pituus jopa 1 m
- Tumia paljon, solun reunalla
- Poikkijuovainen
- Voiman tuotossa "kaikki tai ei mitään"



## Sydänlihas

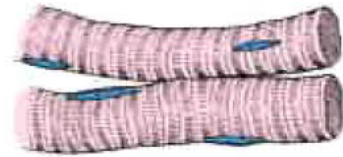
- Ø 10-15 µm, pituus 80-100 µm
- Yksi tuma keskellä
- Poikkijuovainen
- Voiman tuotossa "kaikki tai ei mitään"



Ross Histology

## Sileä lihas

- Ø 0,2-2 µm, pituus 20-200 µm
- Yksi tuma keskellä
- Sileä
- Hidas osittainen voimankäyttö

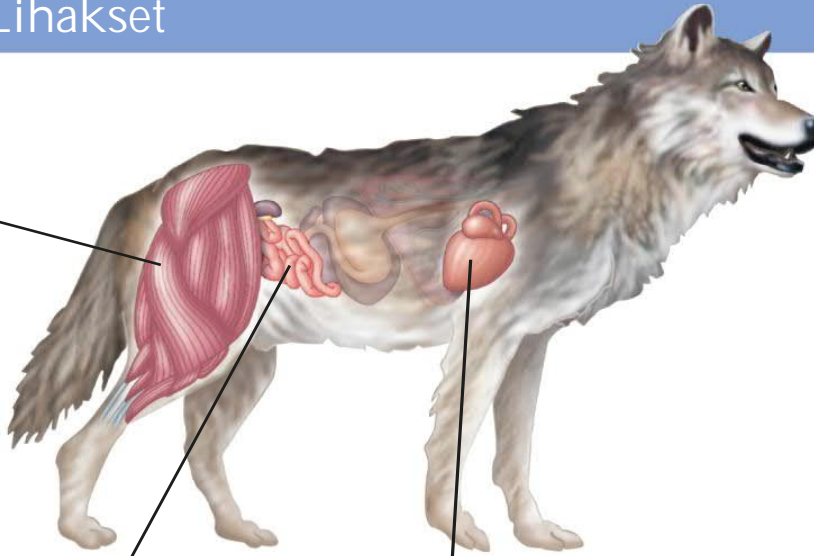
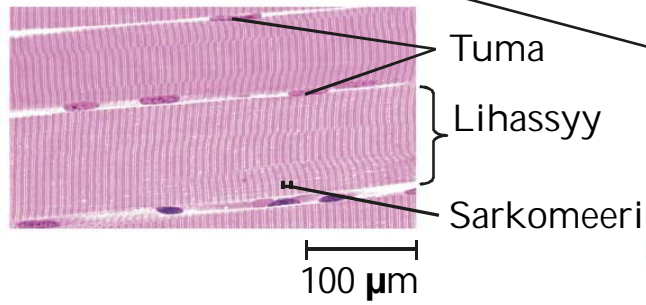


Ross Histology

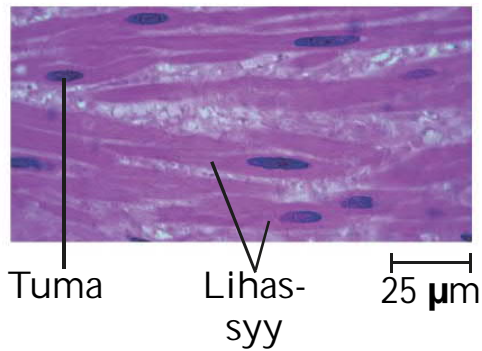
	Luustolihas	Sydänlihas	Sileä lihas
Säädeltävä hermotus	somaattinen	autonominen	Autonominen
Solujen jakautuminen	ei	ei	Kyllä
Kudoksen uusiutuminen	Vähän	Ei	Kyllä
Soluväliliitokset	ei	Kyllä (useita tapoja)	Kyllä (aukkoliitokset)
Supistumistapa	Ca <sup>2+</sup> + tropomyosiini	Ca <sup>2+</sup> + tropomyosiini	Fosforylaatio
Lihassyö	Yksi solu	Usea solu yhdessä	Yksi solu

# Lihakset

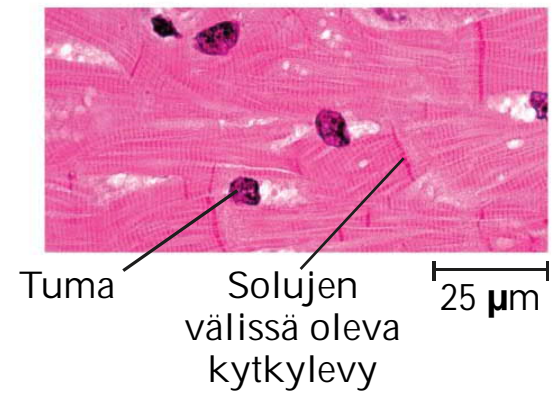
Luustolihas



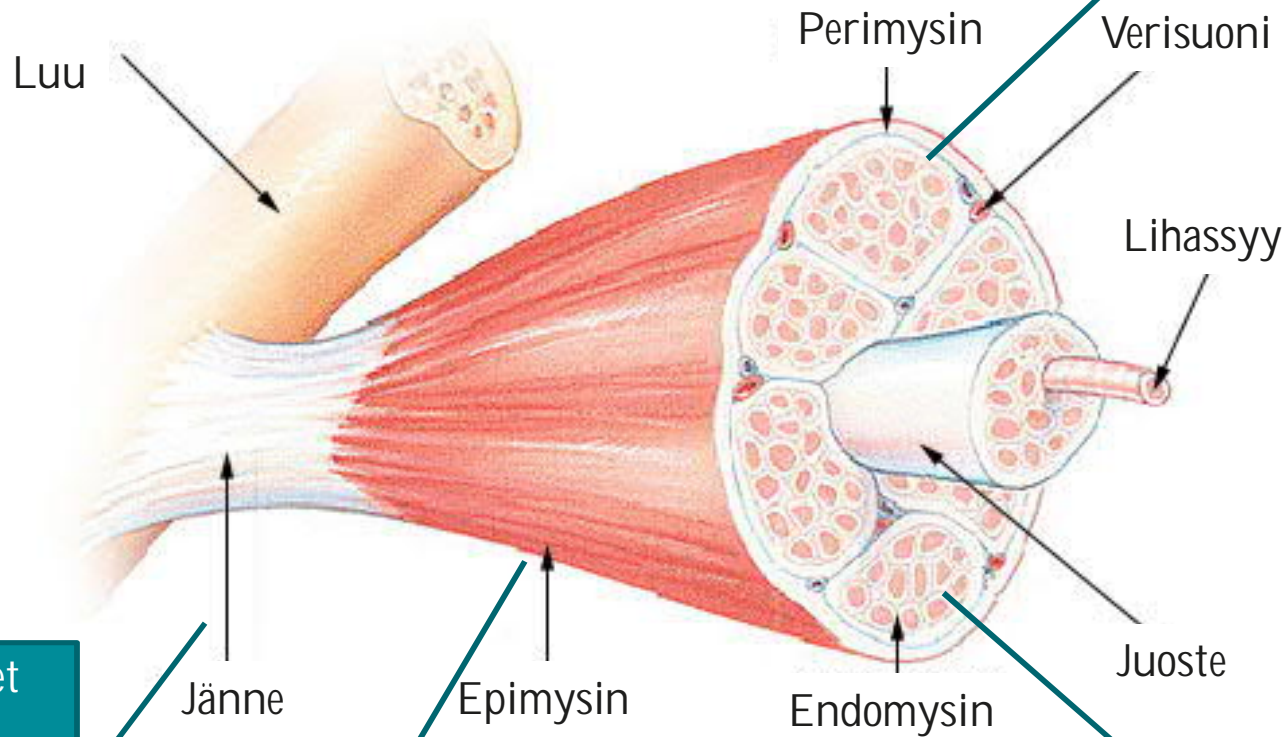
Sileä lihas



Sydänlihas



# Luustolihas



Syiden yhteenliittymää, juostetta, ympäröi paksumpi sidekudos, perimysin, jossa kulkee paksumpia verisuonia ja hermoja.

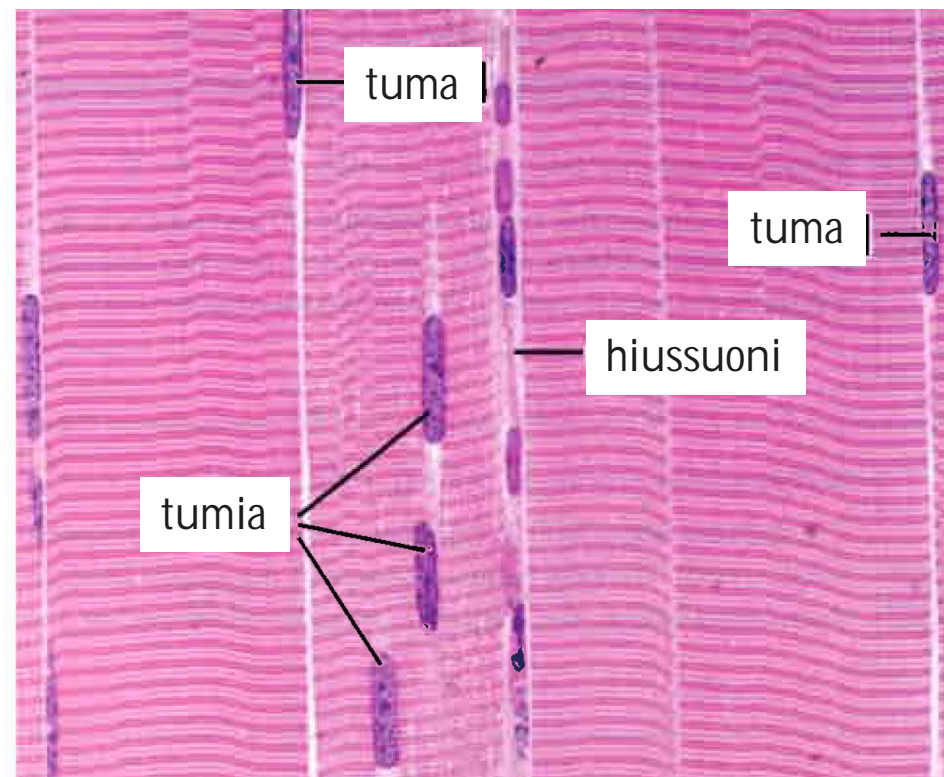
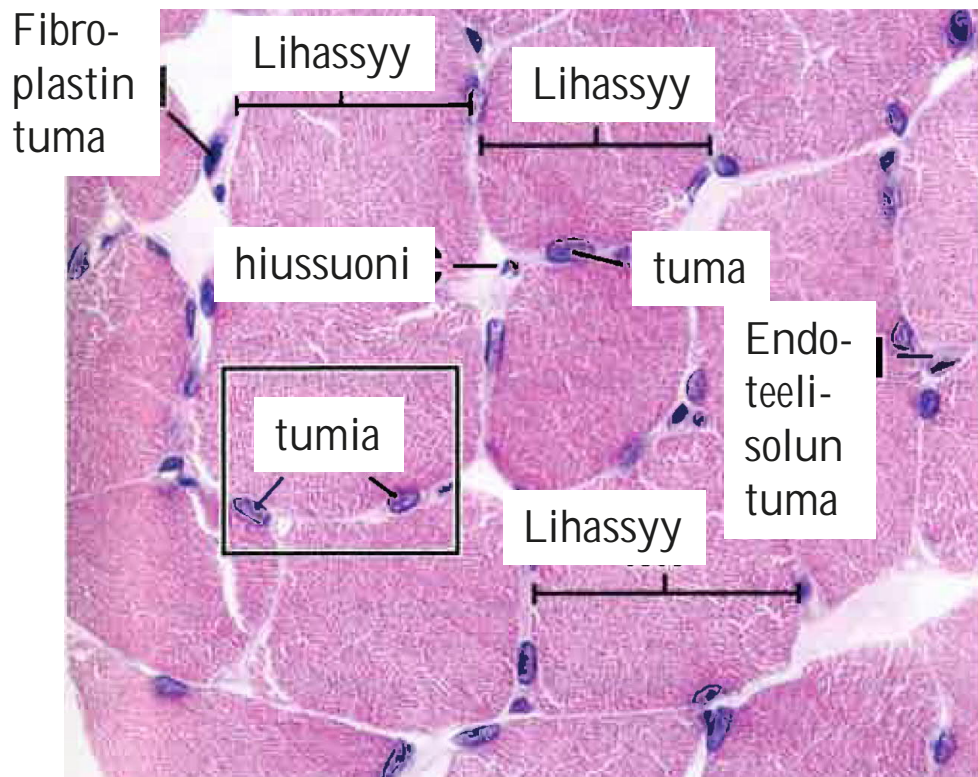
Luustolihakset kiinnitetään jänneillä luihin.

Kokonaista lihasta ympäröi sidekudoskerros, epimysin.

Yksittäisiä lihassyitä ympäröi sidekudoskerros, endomysiini. Sisältää ohuita verisuonia ja hermoja.

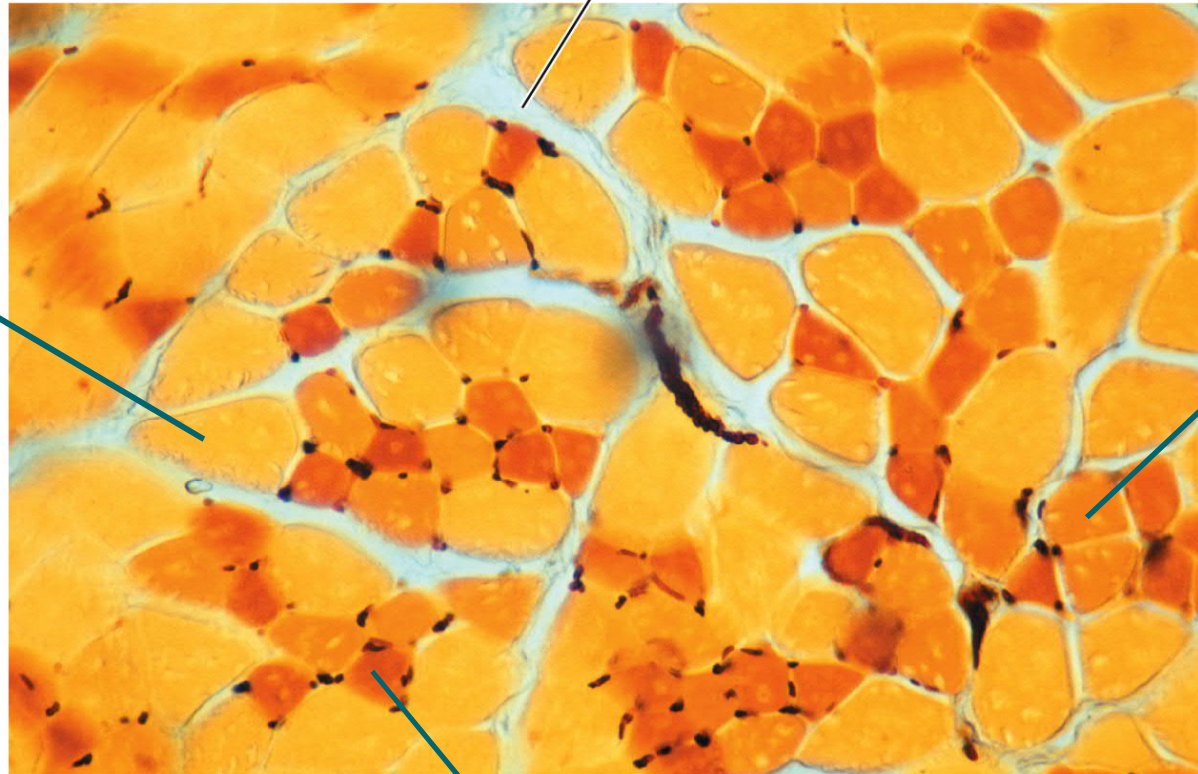


# Luustolihasen rakenne





Sidekudos



Nopeat glykolyttiset lihassyt ovat suuria ja niissä on vähän mitokondrioita

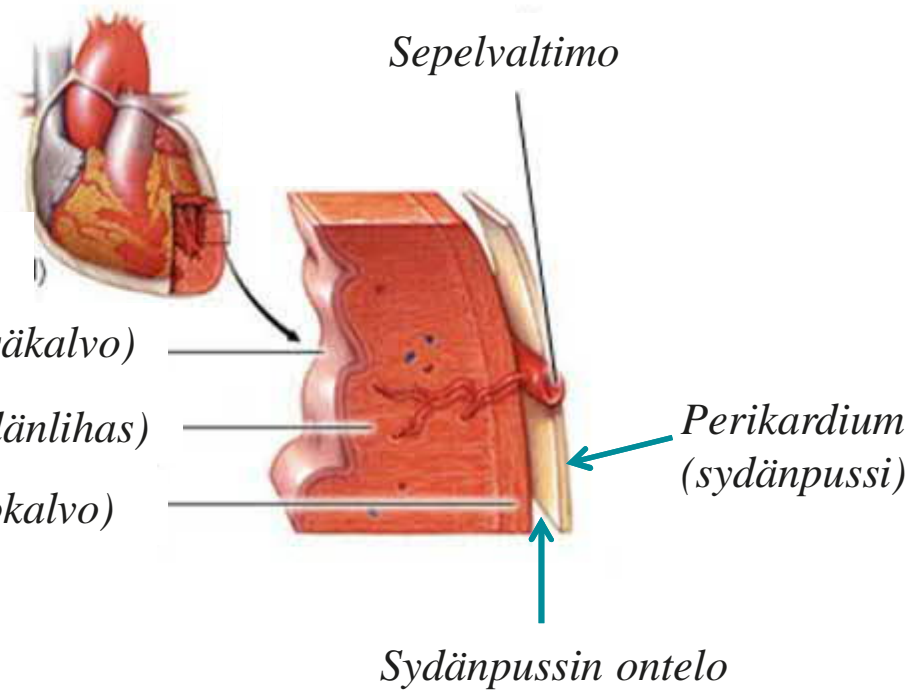
Nopeat oksidatiiviset lihassyt sisältävät paljon mitokondrioita, mutta niiden koko on nopeiden ja hitaiden solujen väliltä.

50  $\mu\text{m}$

*ANIMAL PHYSIOLOGY 4e*, Figure 20.14  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

Hitaat oksidatiiviset lihassyt sisältävät paljon mitokondrioita. Solut ovat pieniä.

# Sydänlihas



# Juovaton (sileä lihas)

Sileä lihas toimii autonomisen hermoston ohjaamana esim. verisuonten seinämässä, ruoansulatuskanavassa, hengitysteissä.

Lihakset jaetaan viskeraaliseen ja multi-unit tyyppisiin.

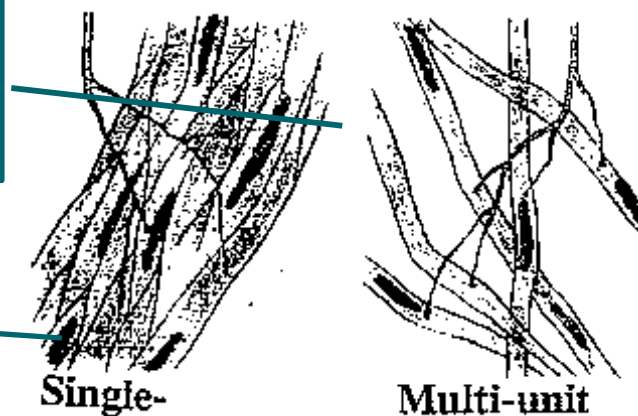
Multi-unit tyyppisissä sileissä lihaksissa jokainen lihassolu on erikseen autonomisen hermoston säätelemä, mutta jokainen solu toimii erillisenä yksikkönä.

Viskeraalisissa sileissä lihaksissa solut toimivat yhdessä kokonaisuutena (synsytium).

Rentoutunut sileälihas

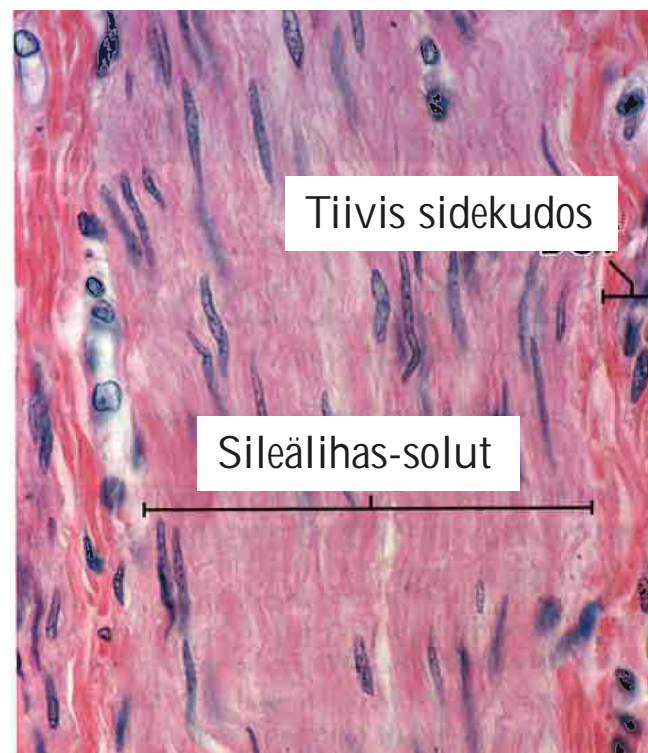
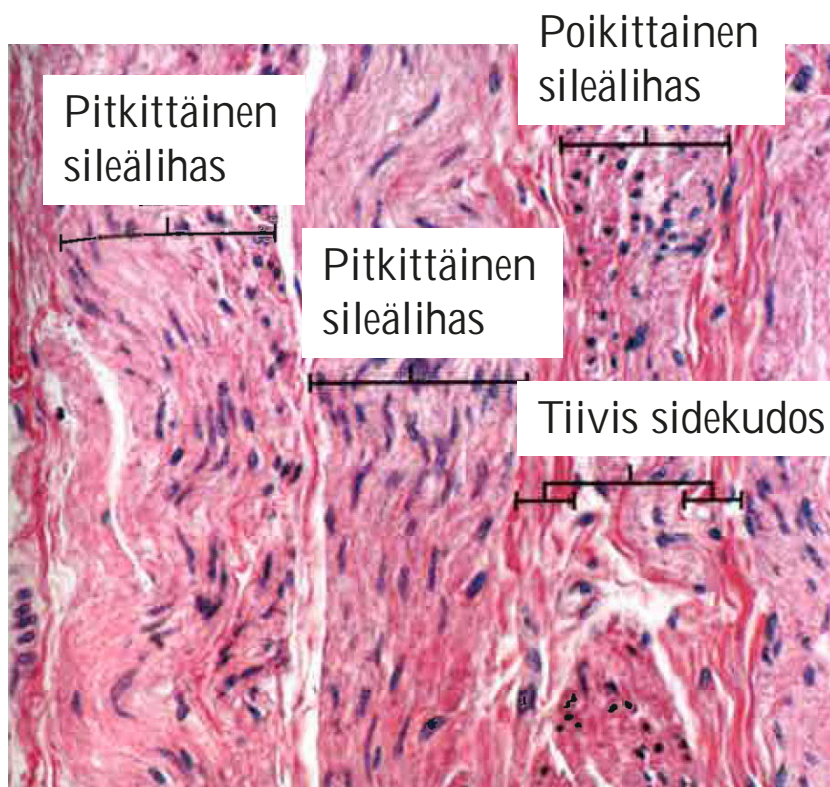
Supistunut sileälihas

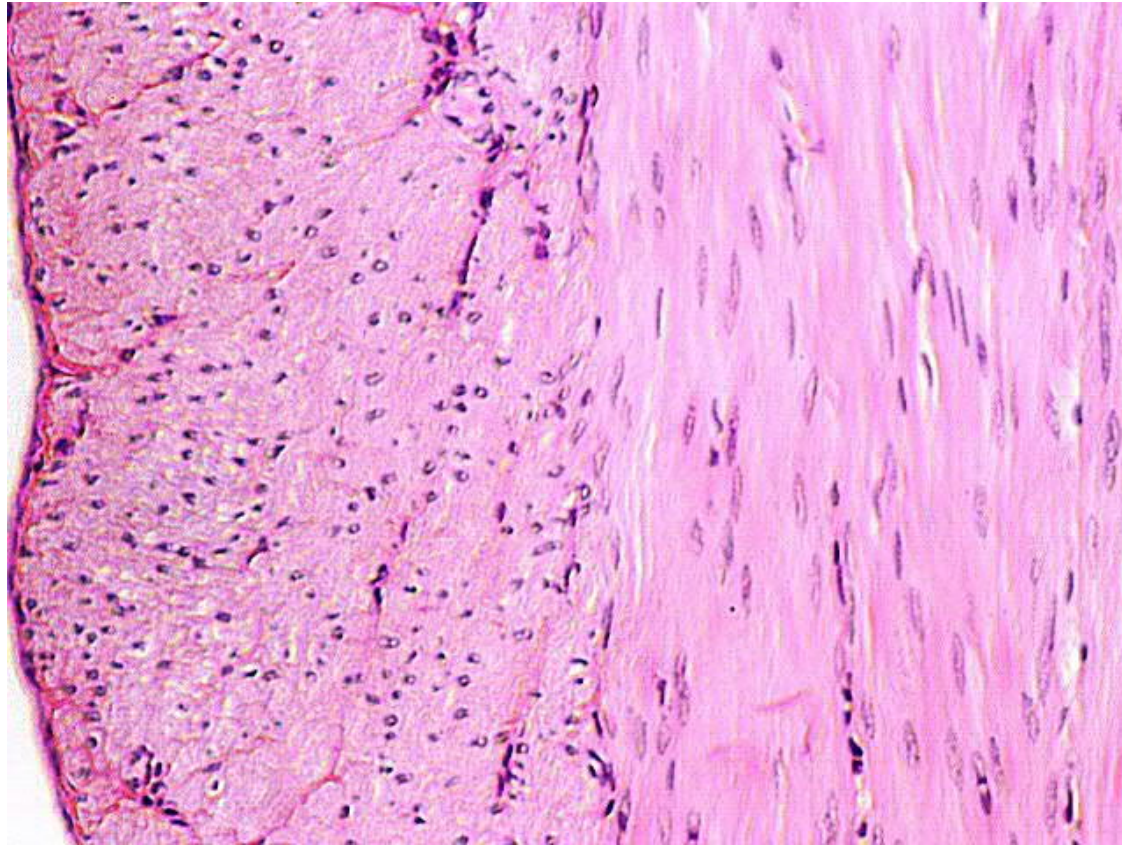
Aktiinin ja myosiinin punos  
Supistumisen vuoro-vaikutuskohta supistuminen





# Sileälihaksen rakenne







# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)

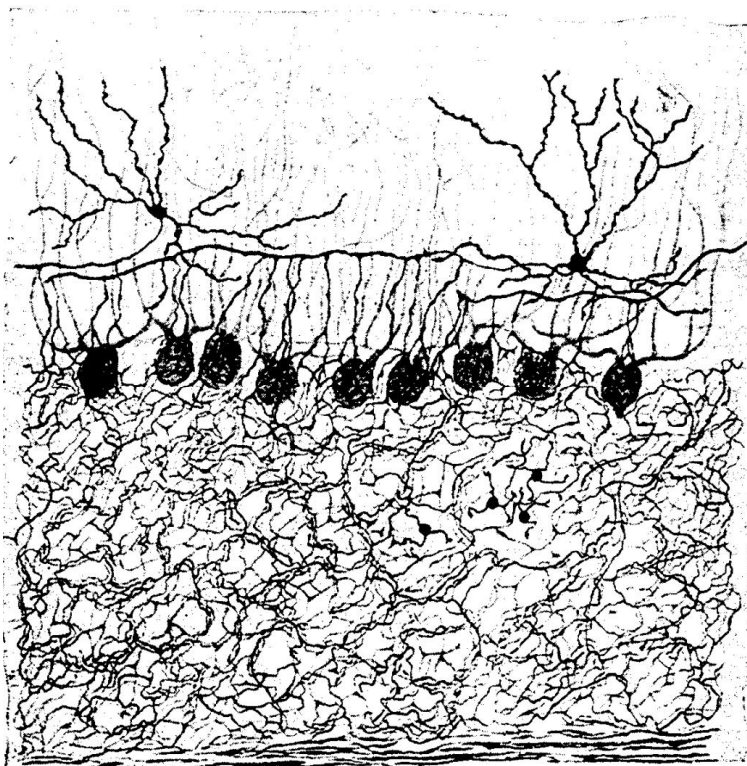


# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

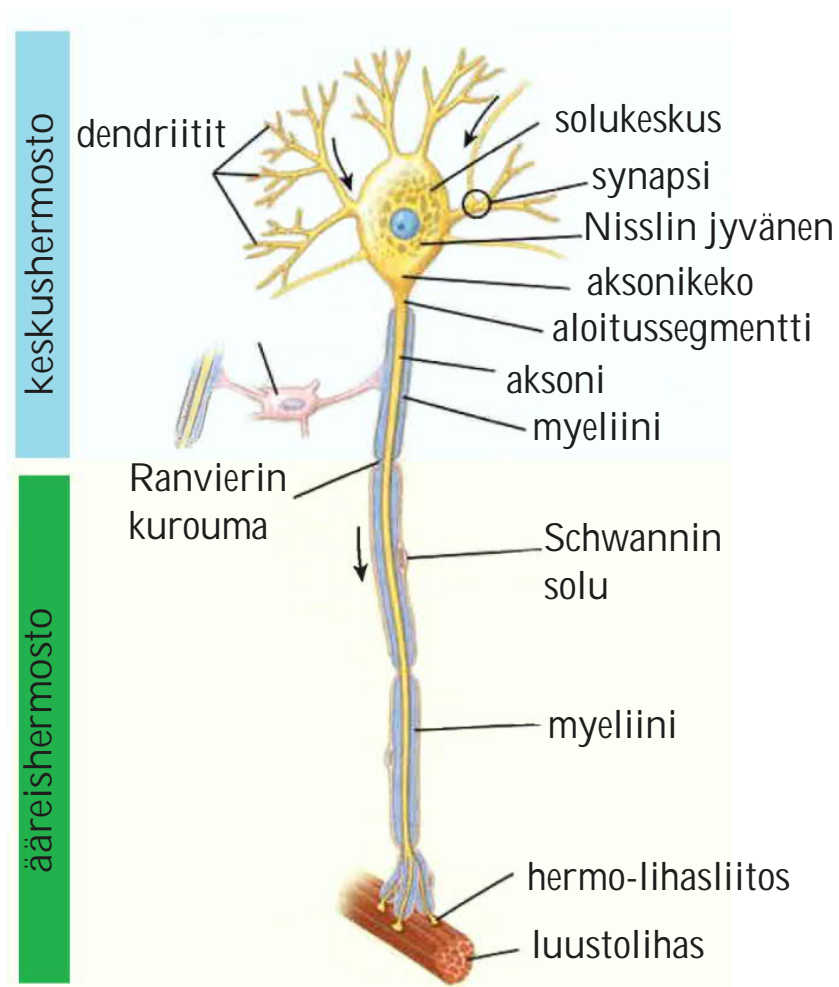
Hermokudos

# Hermokudos



Golgi C. 1906. Nobel lecture

UEF // University of Eastern Finland



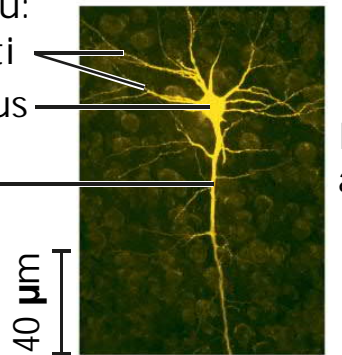
Ross Histology

# Hermokudos



## Hermot

- hermosolu:
- dendriitti
- solukeskus
- aksoni

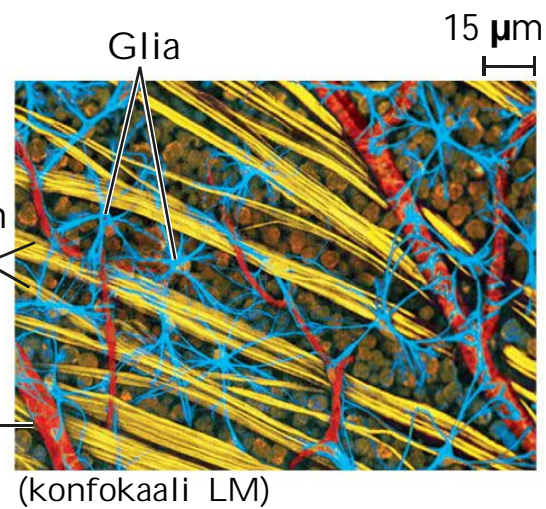


(Fluoresenssi LM)

## Glia

- Hermosolujen aksonit

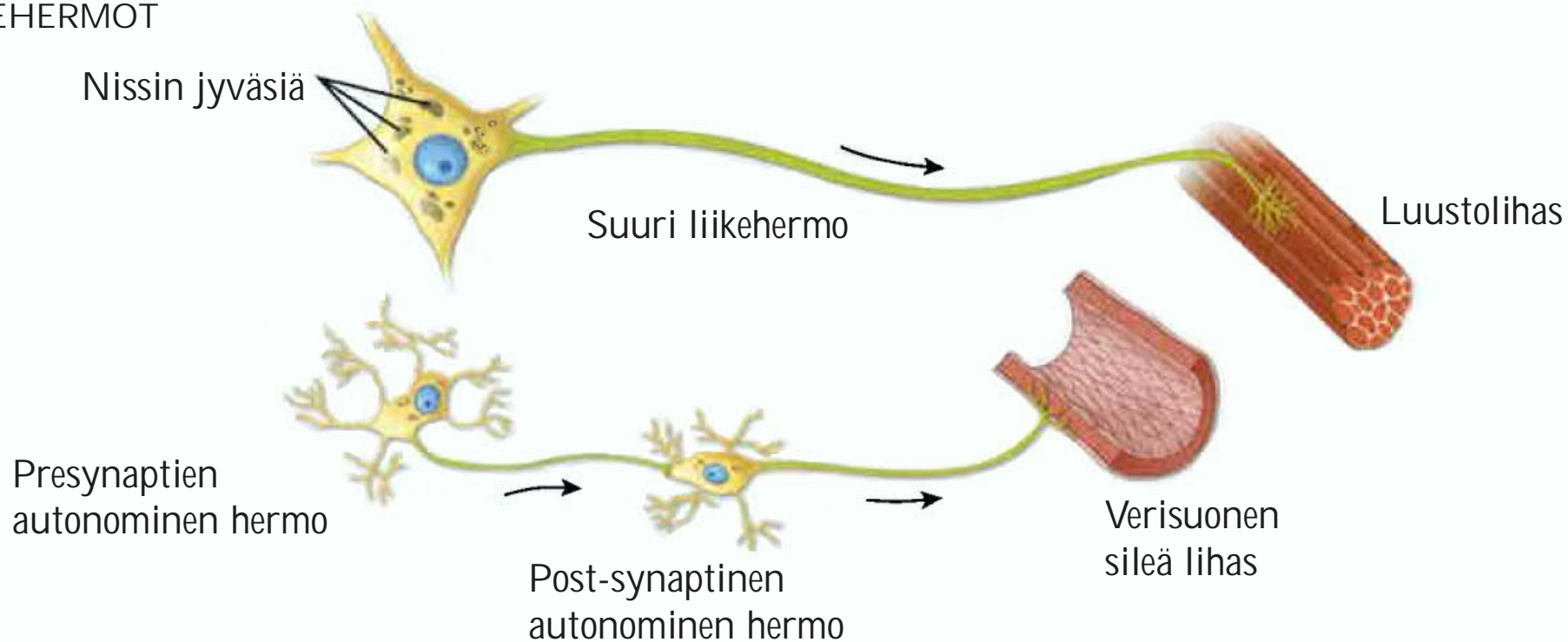
- Verisuoni



(konfokaali LM)

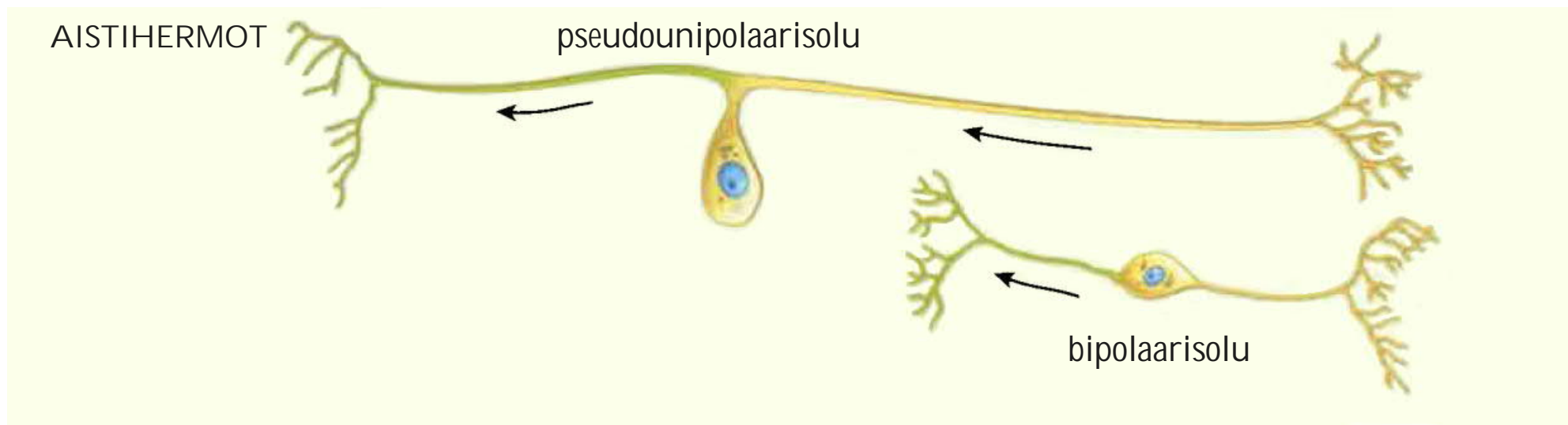
# Hermosten rakenne

## LIIKEHERMOT



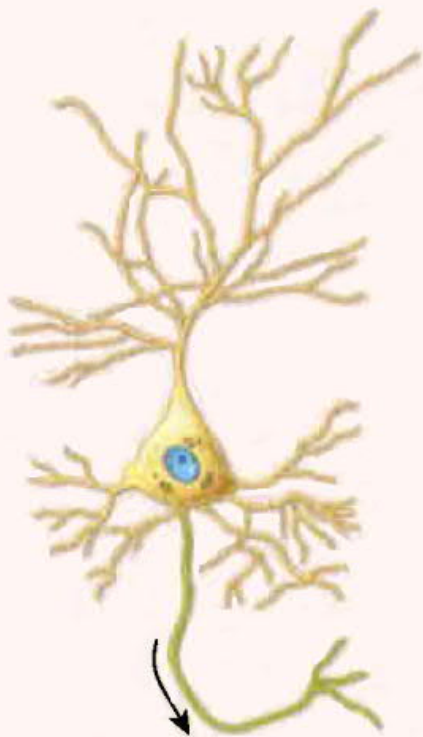


# Hermosten rakenne

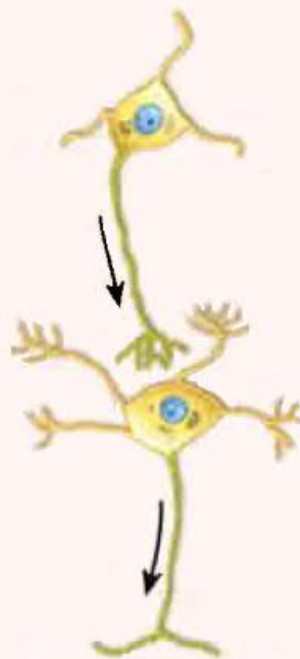


# Hermosten rakenne

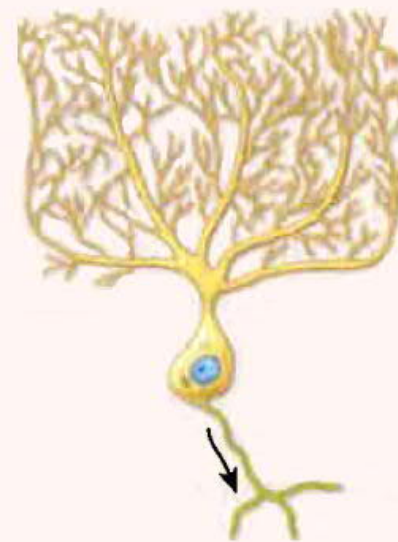
VÄLIHERMOT



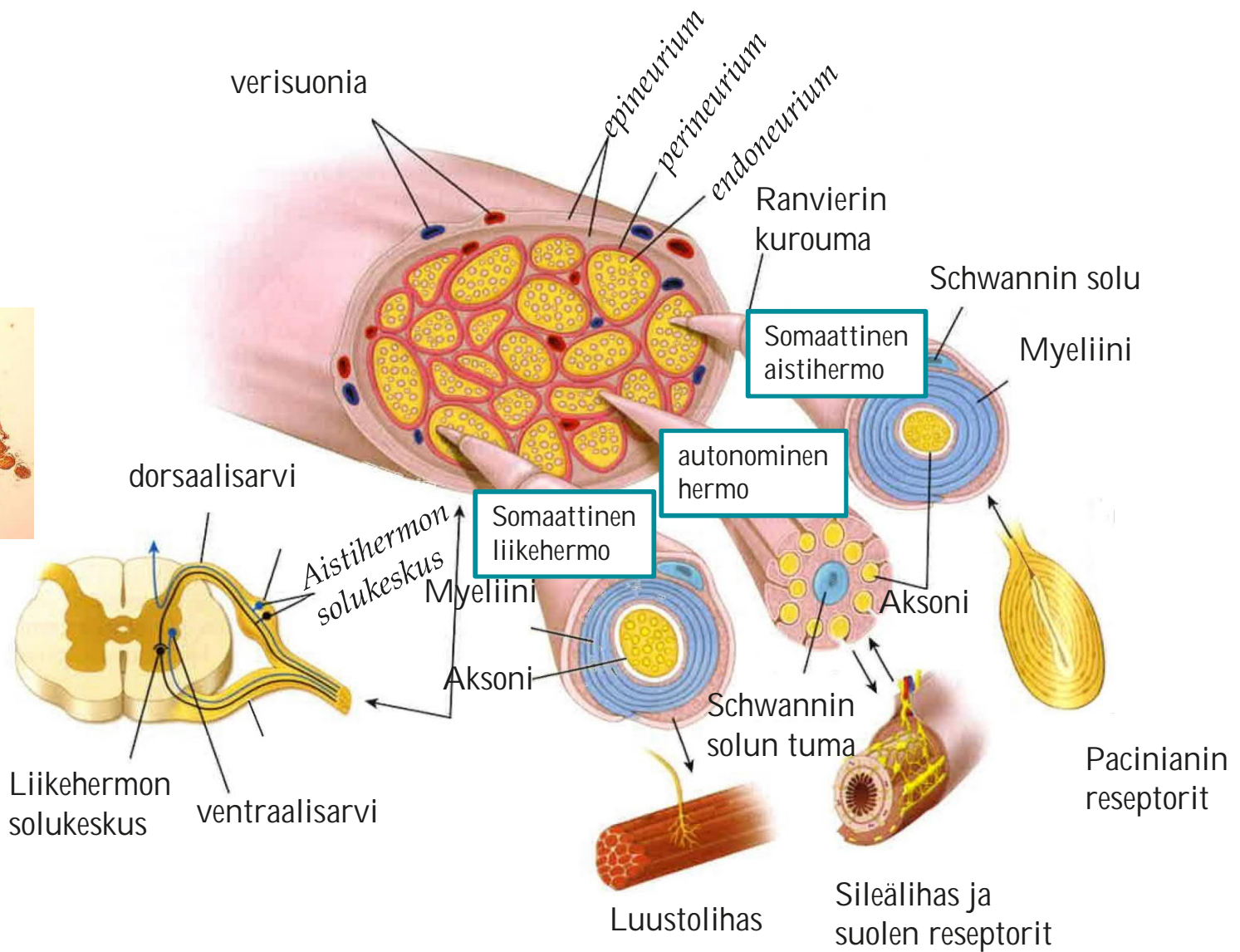
Pyramidisolle



välihermo

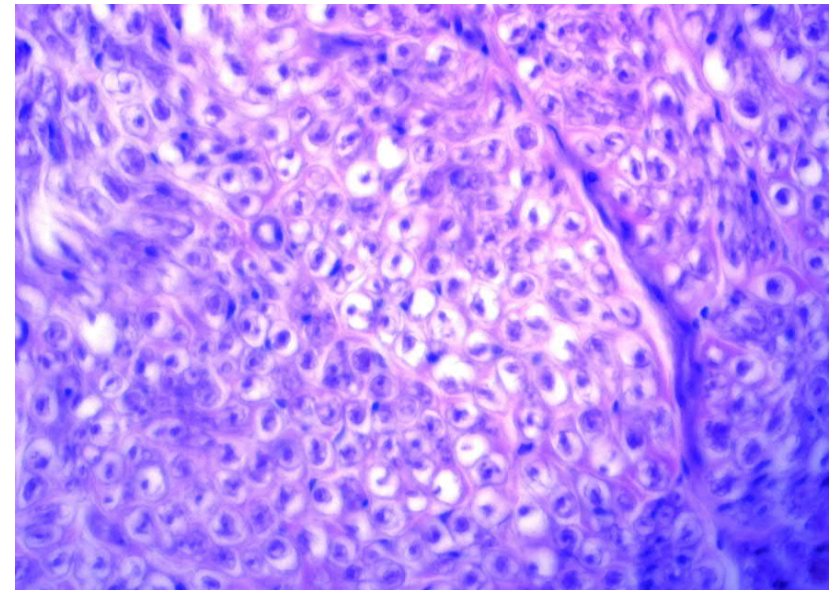
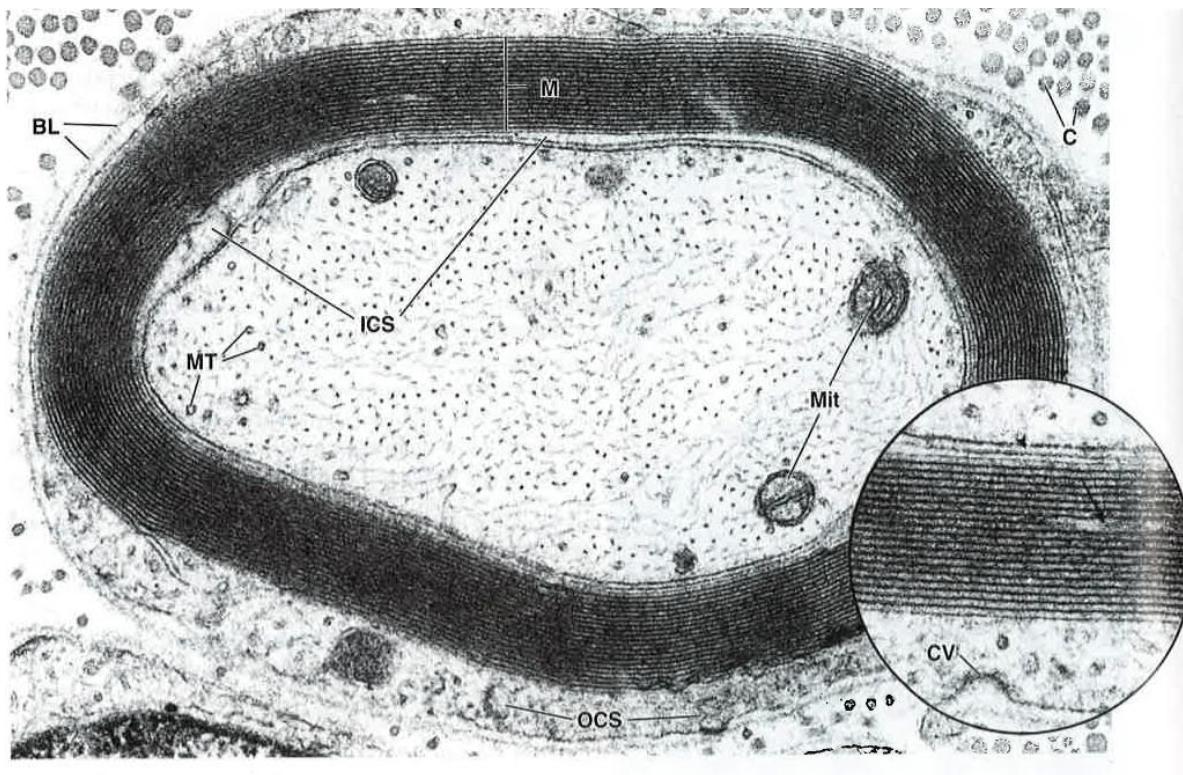


Purkinje solu



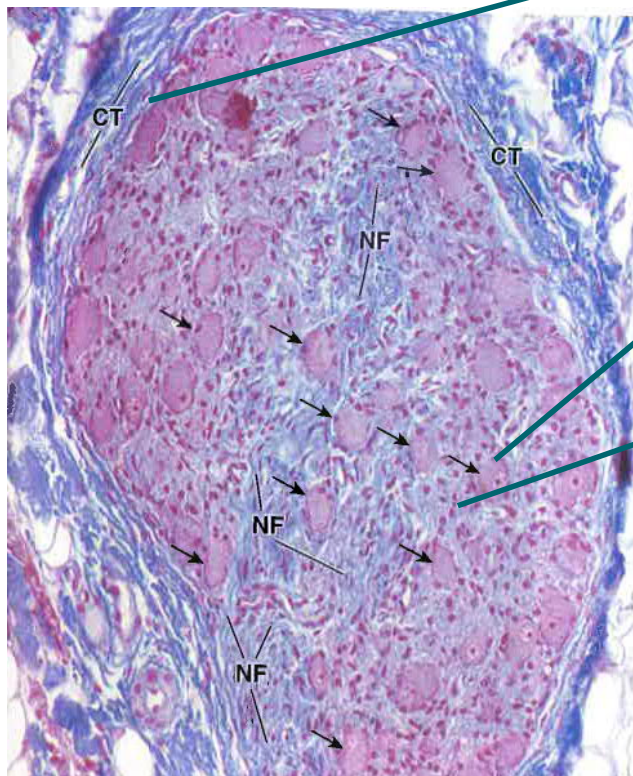


# Myelliinituppi





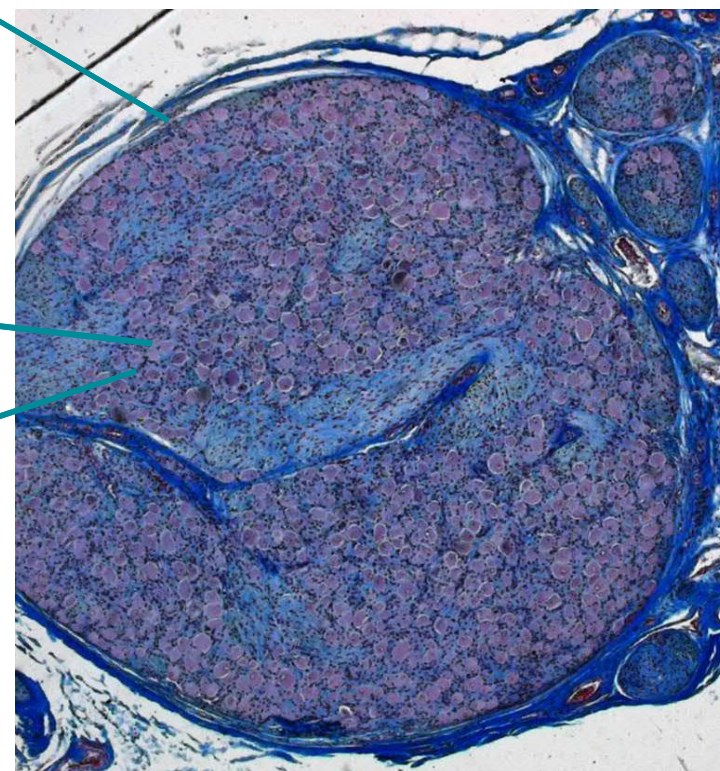
# Ganglio



sidekudoskapseli

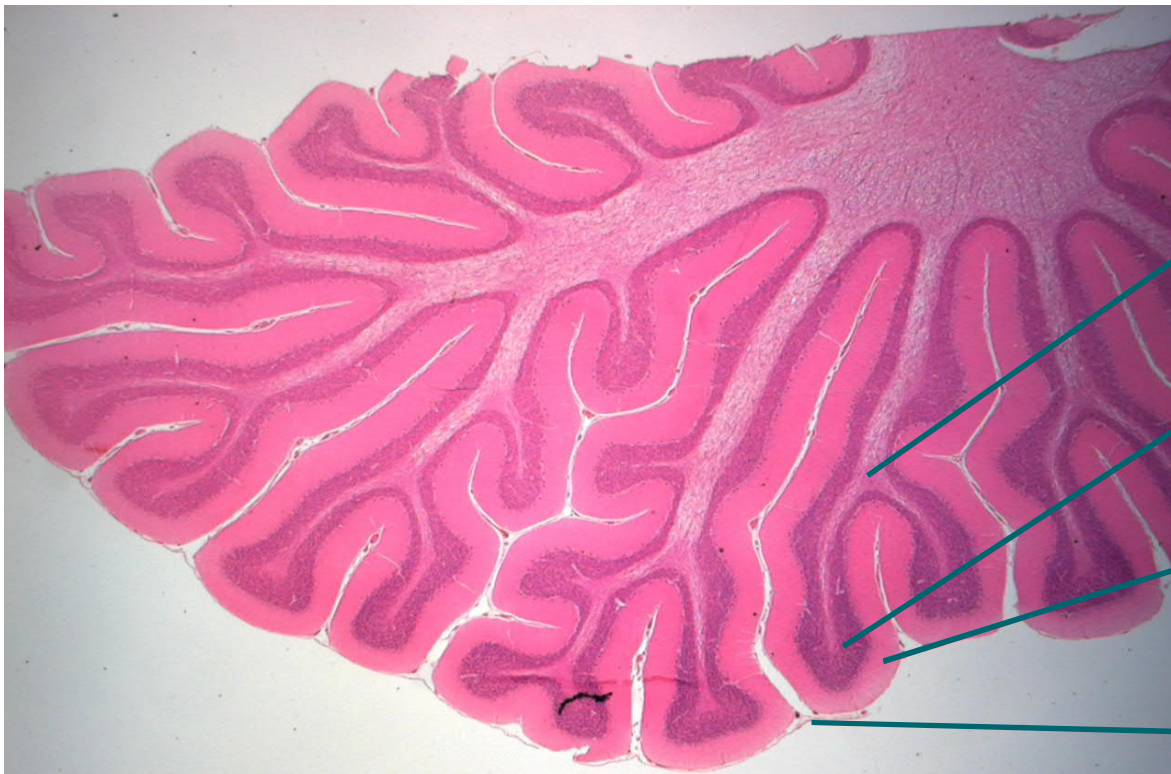
Aistihermojen  
solukeskus

Satelliittisolut  
(pienet tumat)





# Keskushermosto



Juosteinen  
valkea aines

gyväkerros

Molekulaari-  
kerros

Pehmyt  
aivokalvo

Harmaa  
aines

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

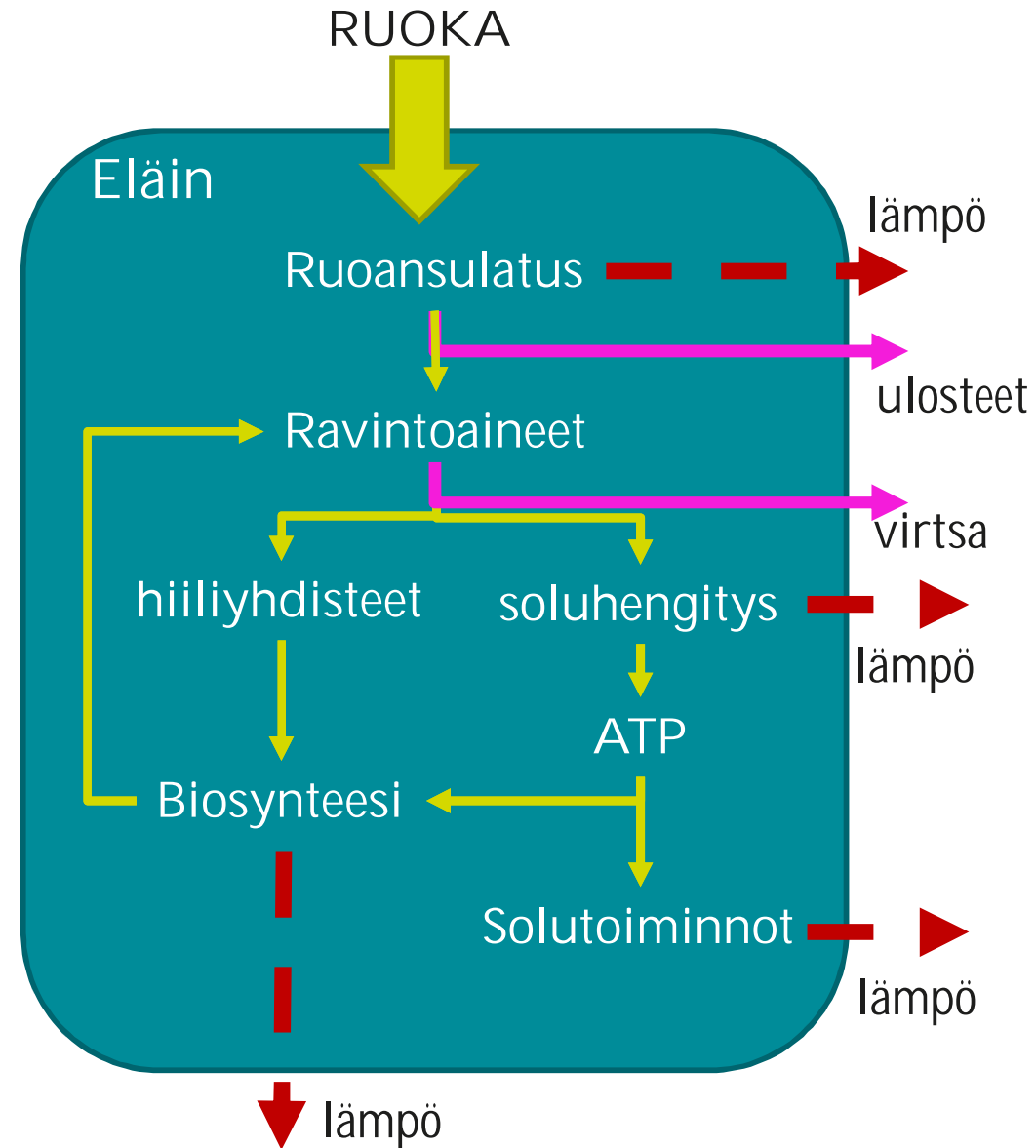
3122243 5 op

Energian kulutus

# Avoin järjestelmä

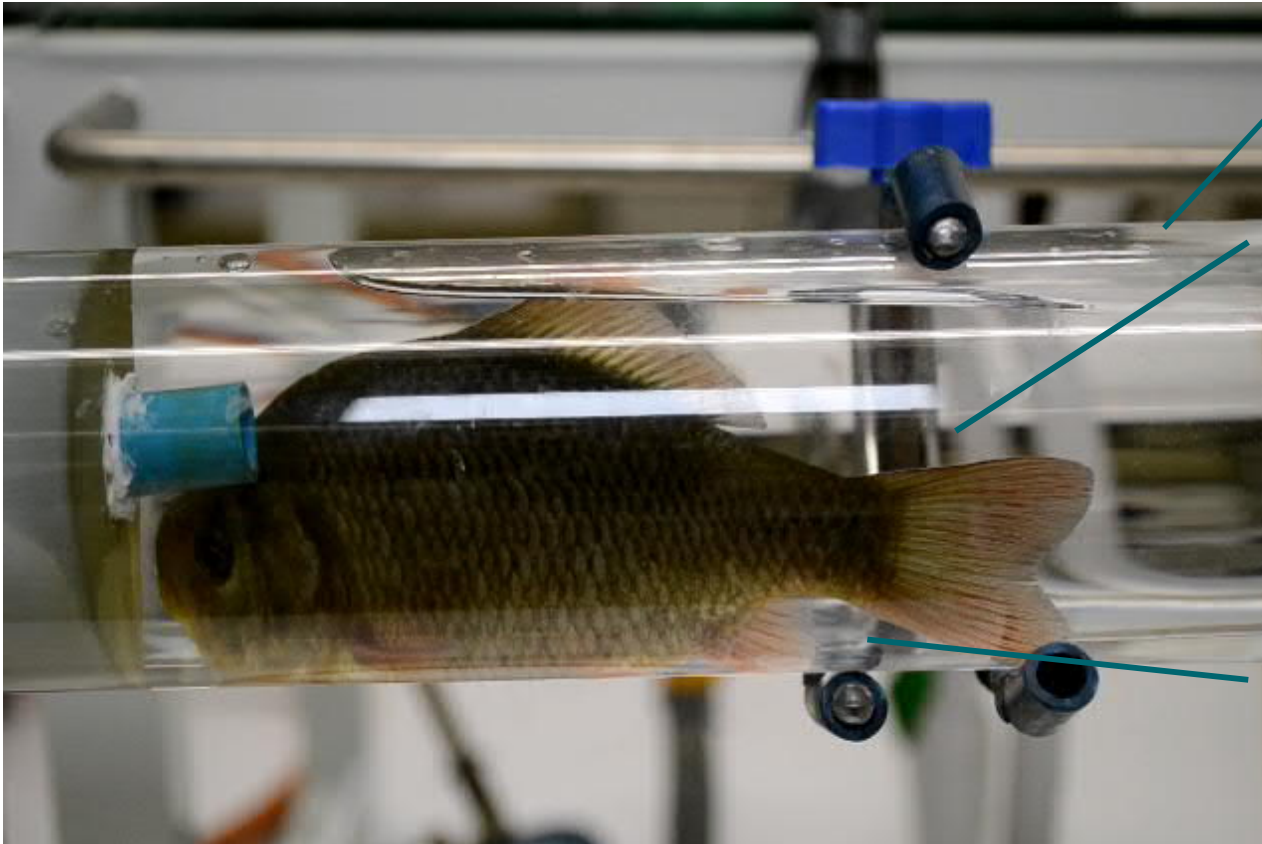
Eläimet ovat avoimia järjestelmiä, jotka ottavat ympäristöstä ainetta ja energiaa, joiden avulla se pysyy dynaamisessa tasapainotilassa (steady-state).

- Fysiologia tutkii aineiden ja energian kulkua ja niiden muutoksia eläimissä.



# Aineenvaihdunta

Aineenvaihdunnan nopeus kertoo kuinka paljon eläin tarvitsee energiaa. Yksikkönä  $1 \text{ kcal} = 4.184 \text{ kJ}$ .



Energiaa kuluu:

- Hengissä pysymiseen
- Erilaisia ruumintoimintoja varten

Kaksi tapaa mitata:

- epäsuorasti hapen kulutuksena
- suorasti lämmöntuotona.



# Perusaineenvaihduntanopeus BMR

Perusaineenvaihdunnannopeus (basal metabolic rate, BMR) mittaa endotermisen (tasalämpöisen) eläimen energiankulutusta.

Rajoitukset:

- Paastonneelta eläimeltä
- Eläimen ollessa lepotilassa (liikkumatta)
- Termoneutraalilämpötilassa

Ihmisillä miehet 1600-1800 kcal/päivä; Naiset 1300-1500 kcal/päivä

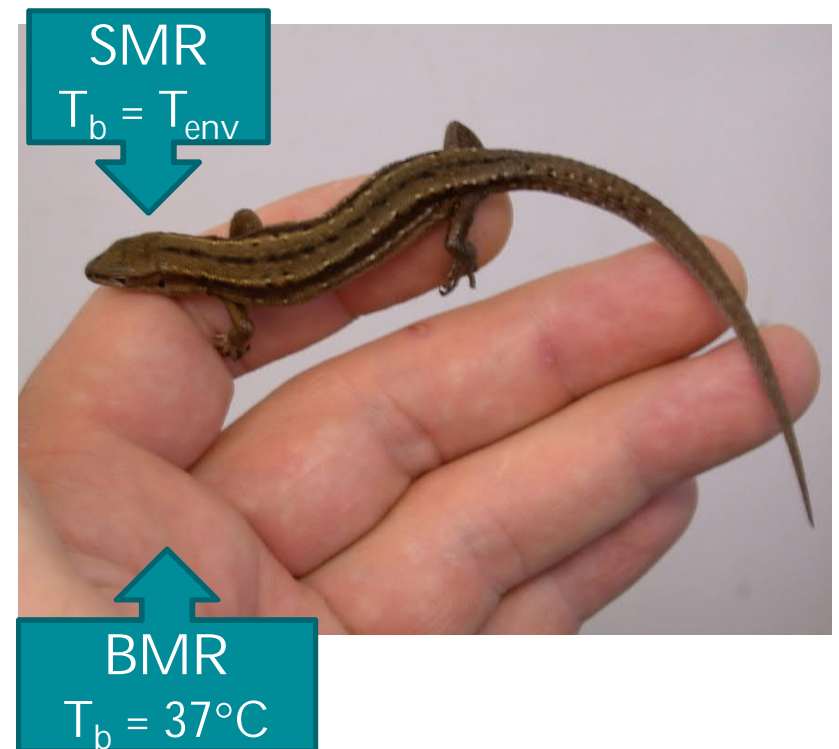


# Vakioaineenvaihdunnan nopeus SMR

Vakioaineenvaihdunnannopeus (standard metabolic rate, SMR) mittaa ektotermisten eläinten aineenvaihdunnan nopeutta.

Rajoitukset:

- Paastonneelta eläimeltä
- Eläimen ollessa lepotilassa
- Tietyssä lämpötilassa
- Stressittömässä ympäristössä



# Miksi aineenvaihdunnan nopeus vaihtelee?

## Ruumiinrakenne

ikä

sukupuoli

koko

## Liikkuminen

Ruumiinlämpötila

hormonitasapaino

aktiivisuustaso

## Ympäristö

Hapen saatavuus

Vuorokauden aika

lämpötila

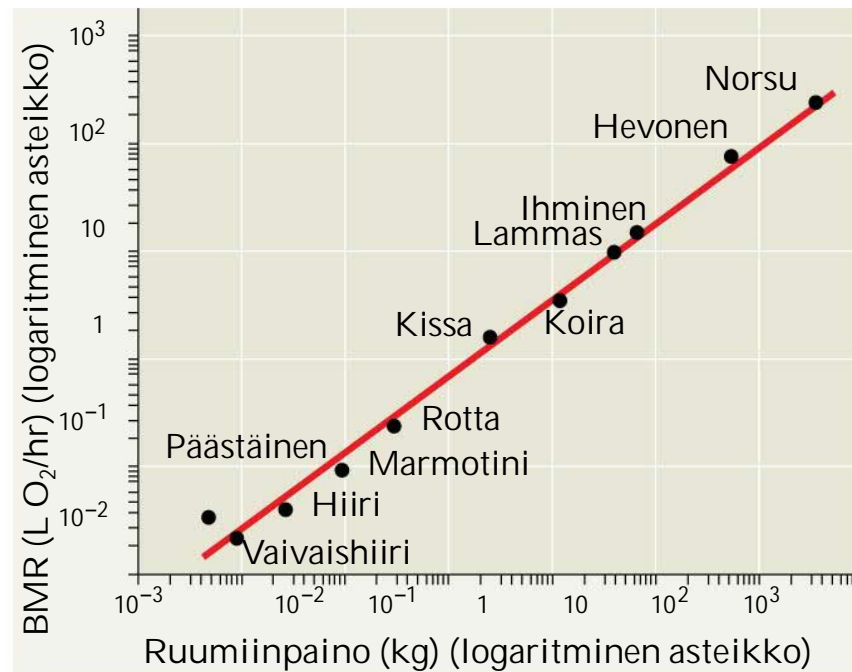
ravinto

# Miten verrata hiiren ja norsun aineenvaihduntaa?

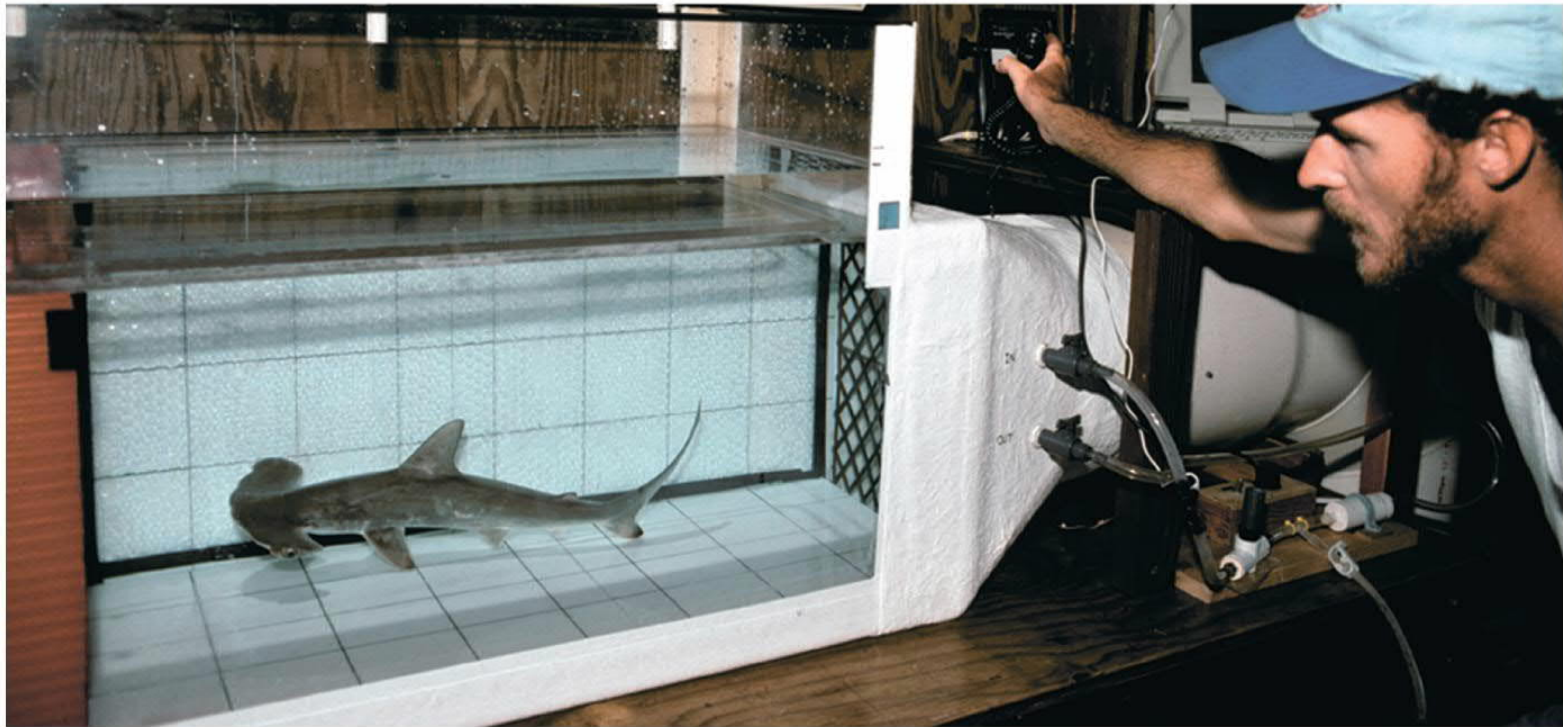
Suuret eläimet luonnollisesti kuluttavat enemmän energiaa (soluja on enemmän).

- Usein eläimiä verrataan määrittämällä painoon suhteutettu spesifinen metabolianopeus = aineenvaihdunnan nopeus (BMR/SMR) painoyksikköä kohden (esim. kcal/kg)
- Pienillä eläimillä spesifinen metabolianopeus on korkeampi kuin suurilla eläimillä.
- Heijastuu suurena hapen tarpeena.

# Massan vaikutus aineenvaihduntaan

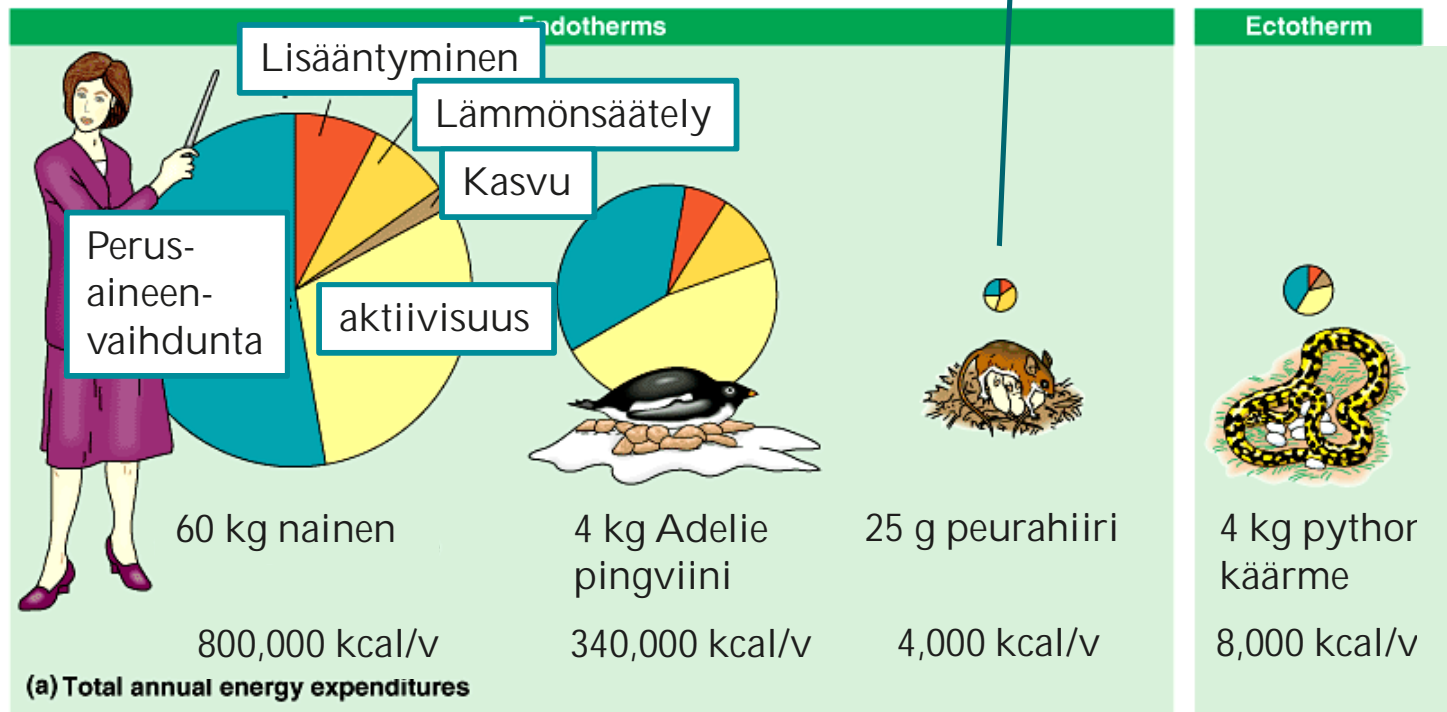






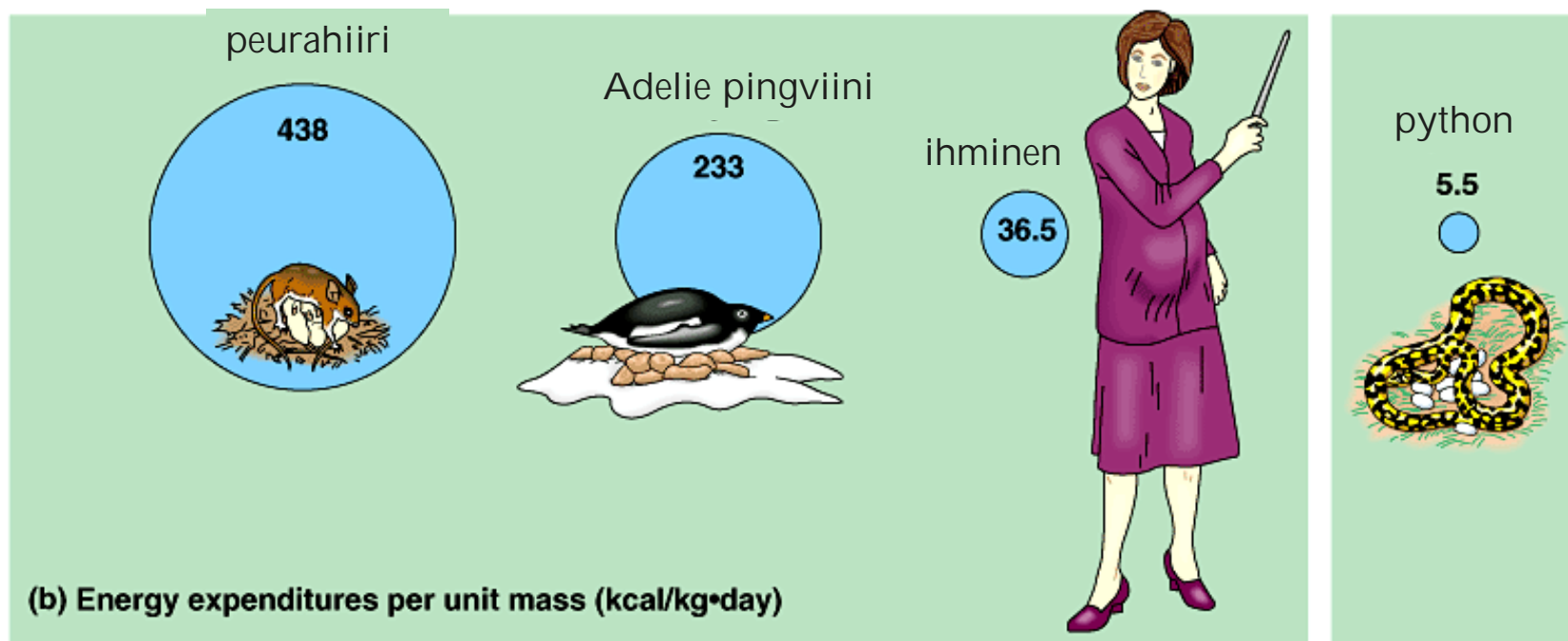
# Kokonaisenergiankulutus

Lämmönsäätely kuluttaa enemmän energiaa pienillä eläimillä



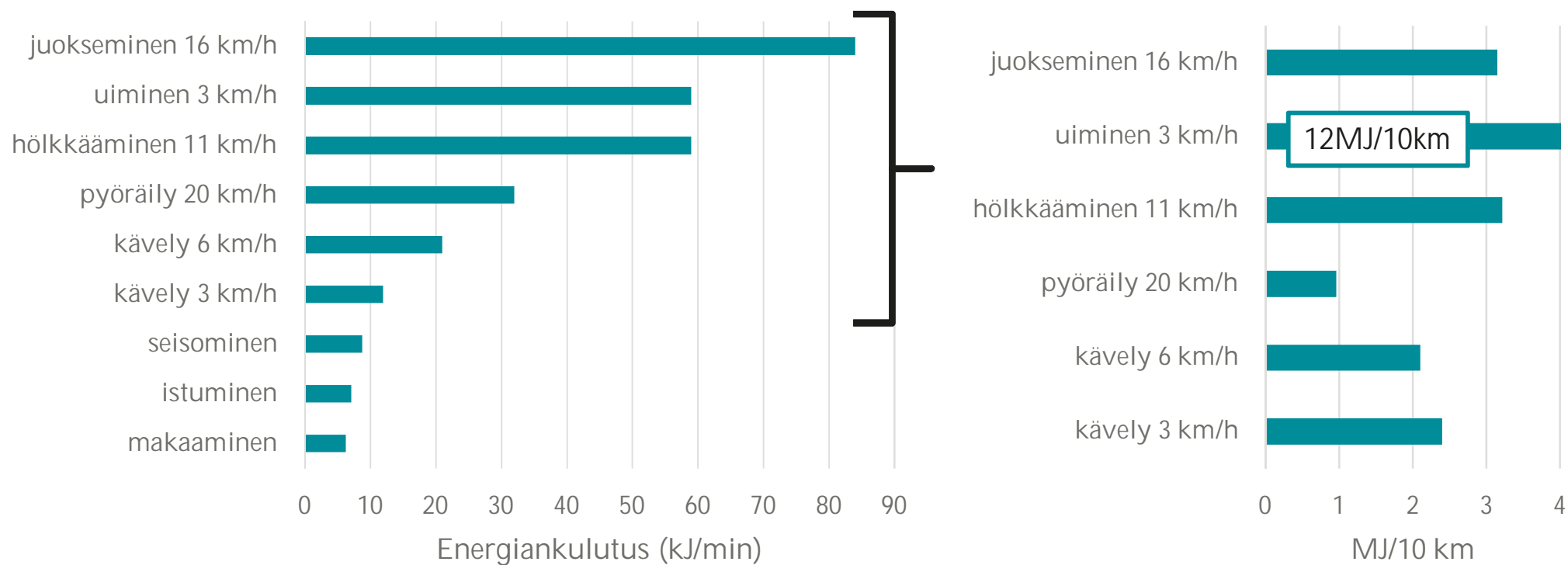
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

# Massaspesifi energiankulutus



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

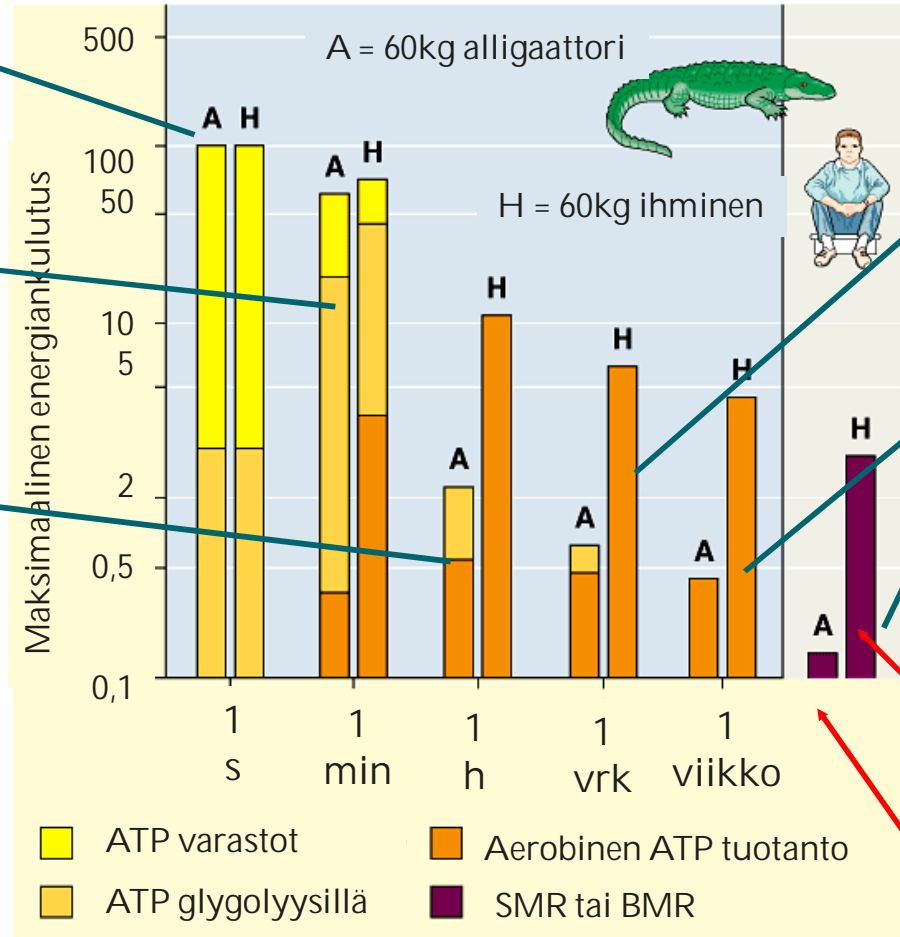
# Energiankulutus ja liikkuminen



Lyhyessä sprinttijuoksussa energiankulutus on sama

Kuitenkin ihmisen kyky tuottaa ATP:tä aerobisesti on korkeampi

Pitkän matkan juoksussa glykolyysi ei kykene tuottamaan energiaa, jolloin alligaattori väsy.



Ultramatkoilla ihminen on jo huomattavasti tehokkaampi

Niinpä ihminen vaeltaa, alligaattori on paikkaeläin.

kuluttaa 5 kertaa enemmän energiaa kuin saman kokoinen vaihtolämpöinen

BMR  
SMR

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

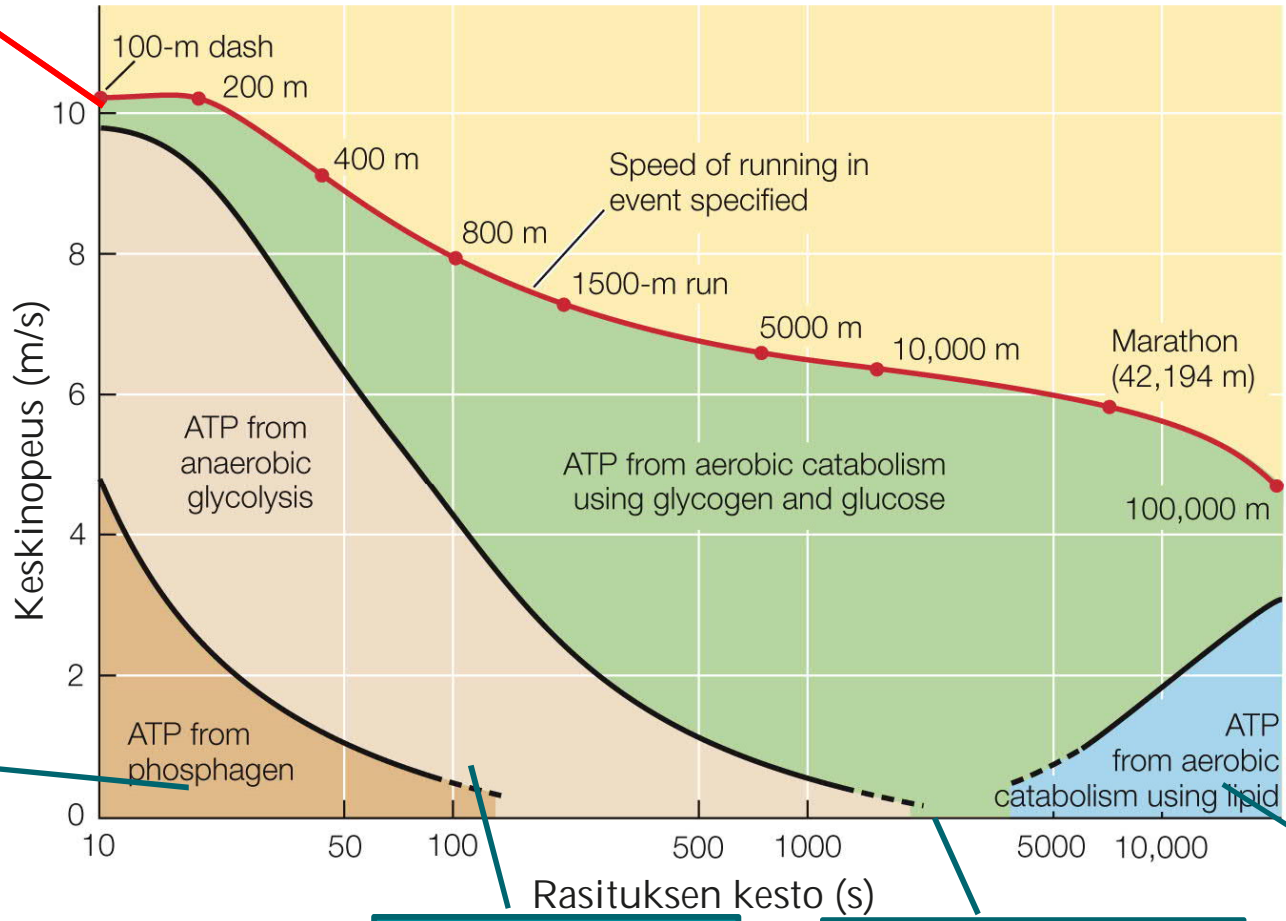


Juoksu nopeus

Oksidatiivinen ATP-tuotanto

Glygolyyttinen ATP-tuotanto

Lyhyitä matkoja voidaan juosta hengittämättä ATP varastoilla



ANIMAL PHYSIOLOGY 4e, Figure 8.12 © 2016 Sinauer Associates, Inc.

Nopeus alenee, kun ATP tuotetaan pääasiassa mitokondrioissa.

Kaikki ATP tuotetaan mitokondrioissa

Lipidien hajotus

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)



# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Homeostasia

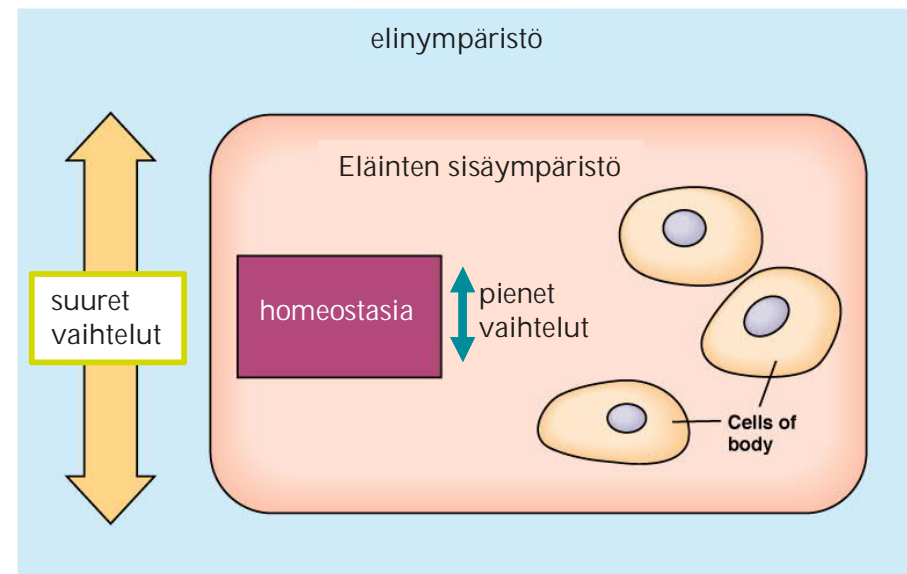
# Sisäisen ympäristön säätely on elämän edellytys

Eläimellä on kaksi ympäristöä: ulkoinen ja sisäinen (Claude Bernard: milieu interior).

- Ulkoinen ympäristö = elinympäristö
- Sisäinen ympäristö = kudosp neste ja veri
- Aineiden vaihto veren ja solujen välillä.

Homeostaasi: Sisäisen ympäristön vakioisuus; dynaaminen tasapainotila (Walter B. Cannon).

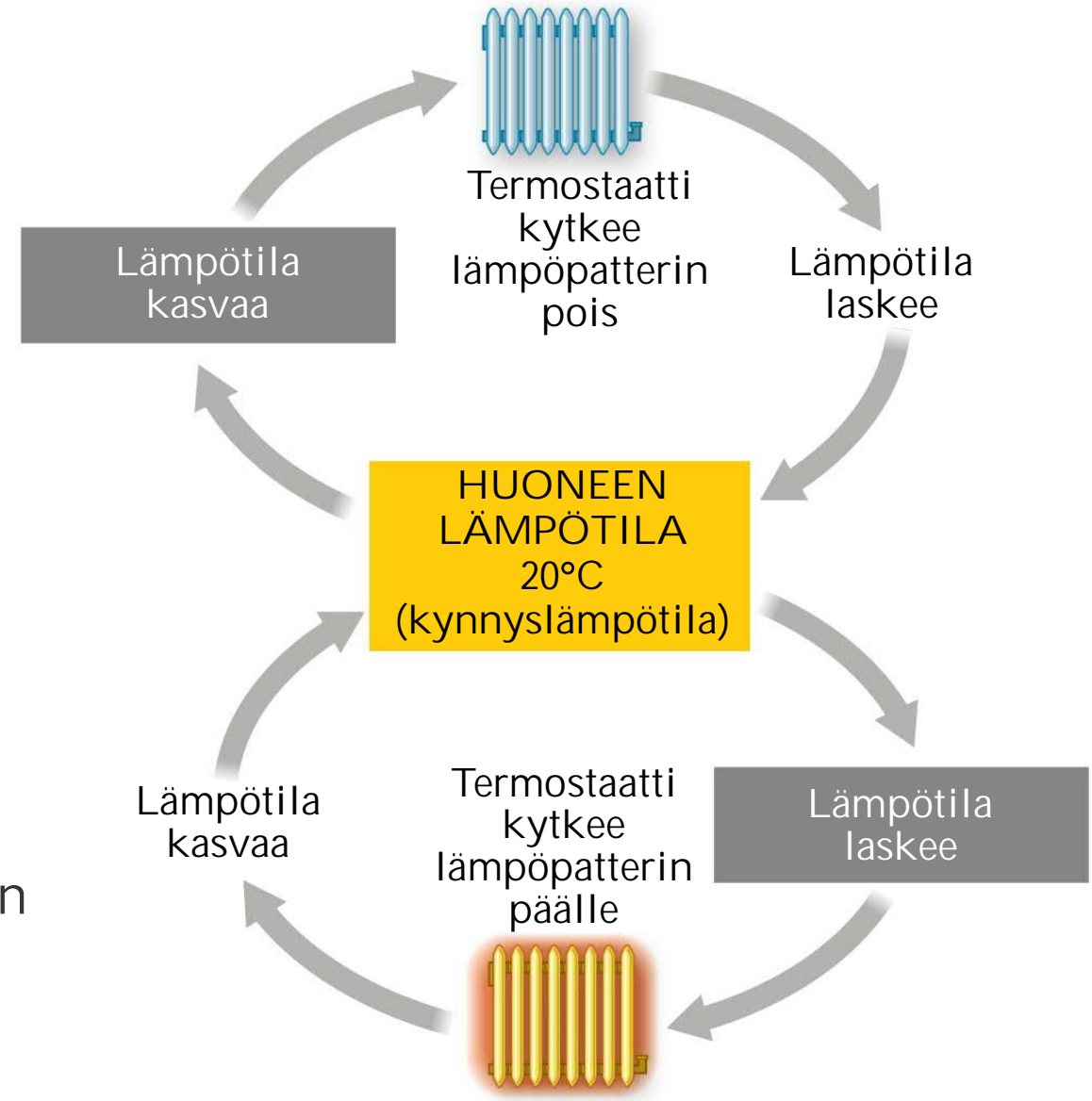
- Säädeltäviä tekijöitä: pH, lämpötila, ioniväkevyys jne.



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

# Homeostasian säätelyjärjestelmät

- Tunnistin (sensor) havaitsee muutoksen.
- Valvontakeskus (control center) käsittelee viestit ja ohjaa toteuttajia.
- Toteuttaja (effector) tuottaa vasteen.
- Vaste vaikuttaa ärsykkeeseen joko heikentämällä (negatiivinen palaute) tai voimistamalla (positiivinen palaute) sitä.





# Negatiivinen ja positiivinen palaute

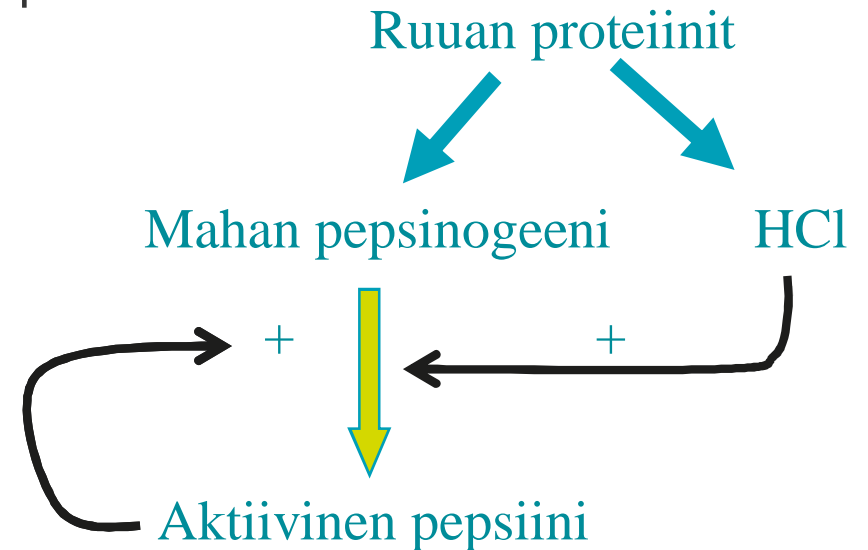
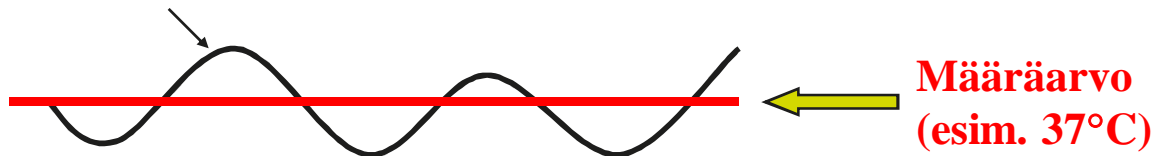
## Negatiivinen palaute

- Estetään ärsykettä ja vastetta

## Positiivinen palaute

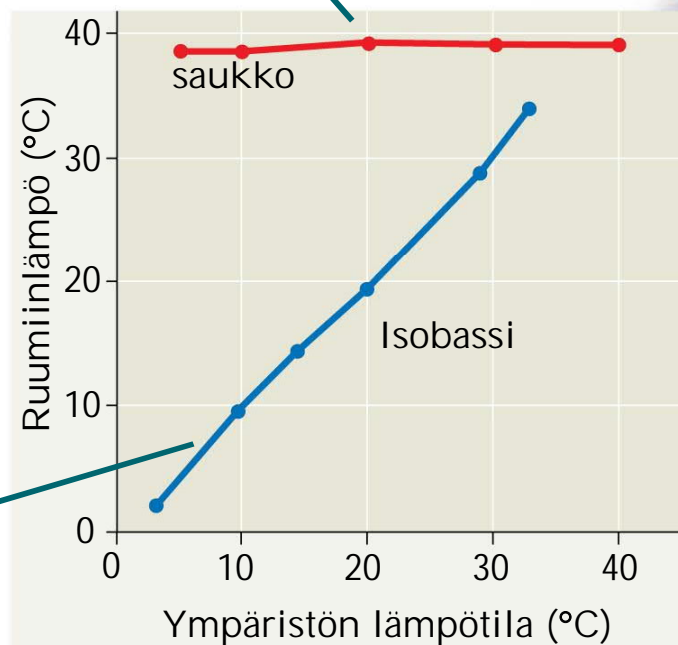
- voimistaa ärsykettä ja vastetta
- Esim. LH piikin säätely ja pepsiniin muodostus

Todellinen lämpötila



# Sisäisen ympäristön säätely

Säätelijät pitävät sisäympäristön muuttumattomana



Mukautujat antavat sisäympäristön muuttua

Eläimet ovat joidenkin tekijöiden suhteen säätelijöitä ja toisten mukautujia

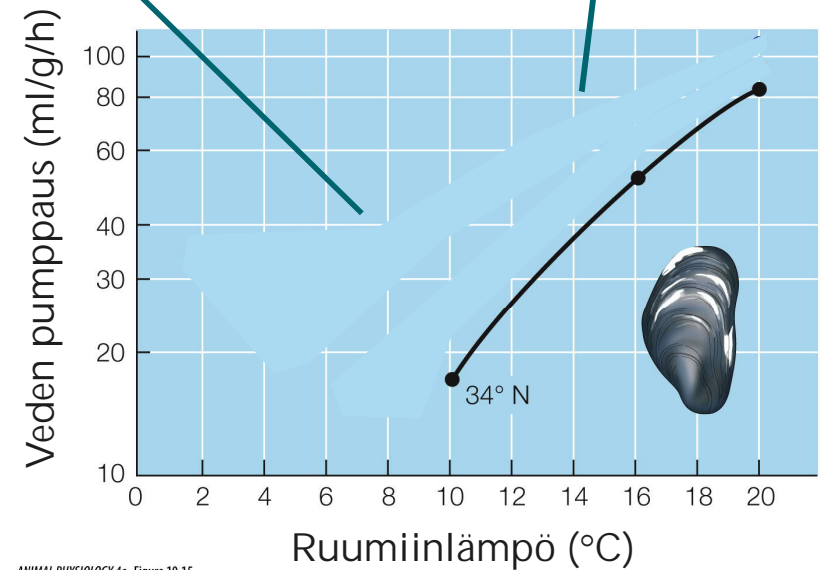
# Sopeutuminen

Eläimet voivat fysiologisesti sopeutua (akklimoitua) muuttuneisiin olosuhteisiin:

- elintoiminnot muuttuvat olosuhteiden mukaisesti.
- Akklimaatio (laboratorio-olosuhteissa).
  - Vain 1 muuttuja
- Akklimatisaatio (luonnossa)
  - Usea ympäristötekijät muuttuu

Mikäli simpukoita kerätään kylmemmiltä alueilta, ne ovat aktiivisempia kylmässä

1950-luvulla havaittiin simpukoiden aktiivisuuden vaihtelevan lämpötilan mukaan

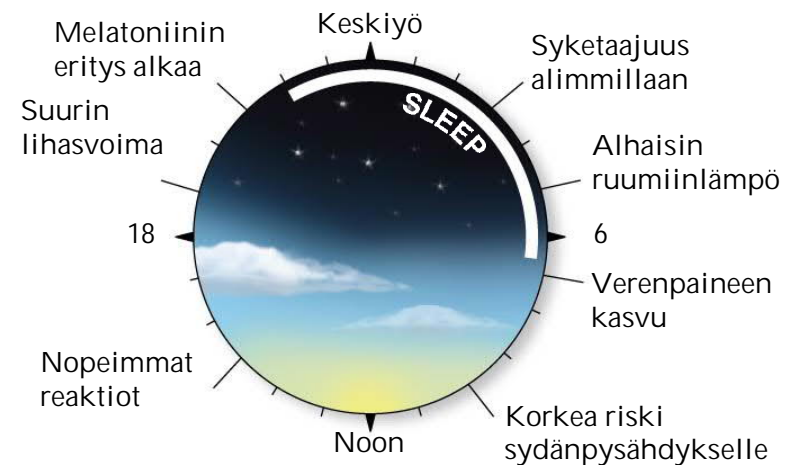
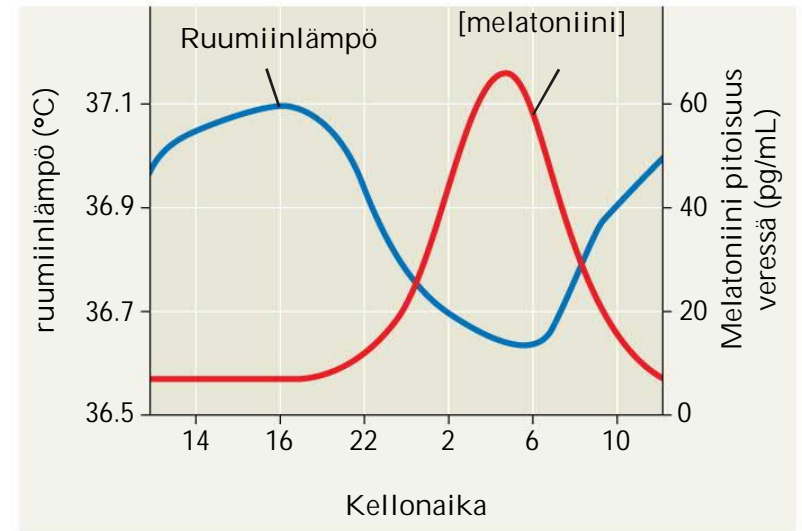


ANIMAL PHYSIOLOGY 4e, Figure 10.15  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

# Homeostasian muutokset

Termostaattien lisäksi elimistön tasapainotilaa myös muutetaan

- Esimerkiksi ihmisen ruumiinlämpö vaihtelee vuorokauden eri aikoina
- Syynä vaihtelulle on biologinen kello, joka säätelee useita ruumiintoimintoja (jopa vuodenaikaisvaihtelua)



# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)





# Eläinfysiologia ja histologia

3122243 5 op

Lämmönsäätely

Vesa Paajanen

UEF // University of Eastern Finland

---

## Säteileminen (Radiation)

Säteilemistä tapahtuu sekä eläimeen että siitä pois (lämpösäteily)

Siirtyminen voimistuu esim. tuulen viedessä pois lämpöä.

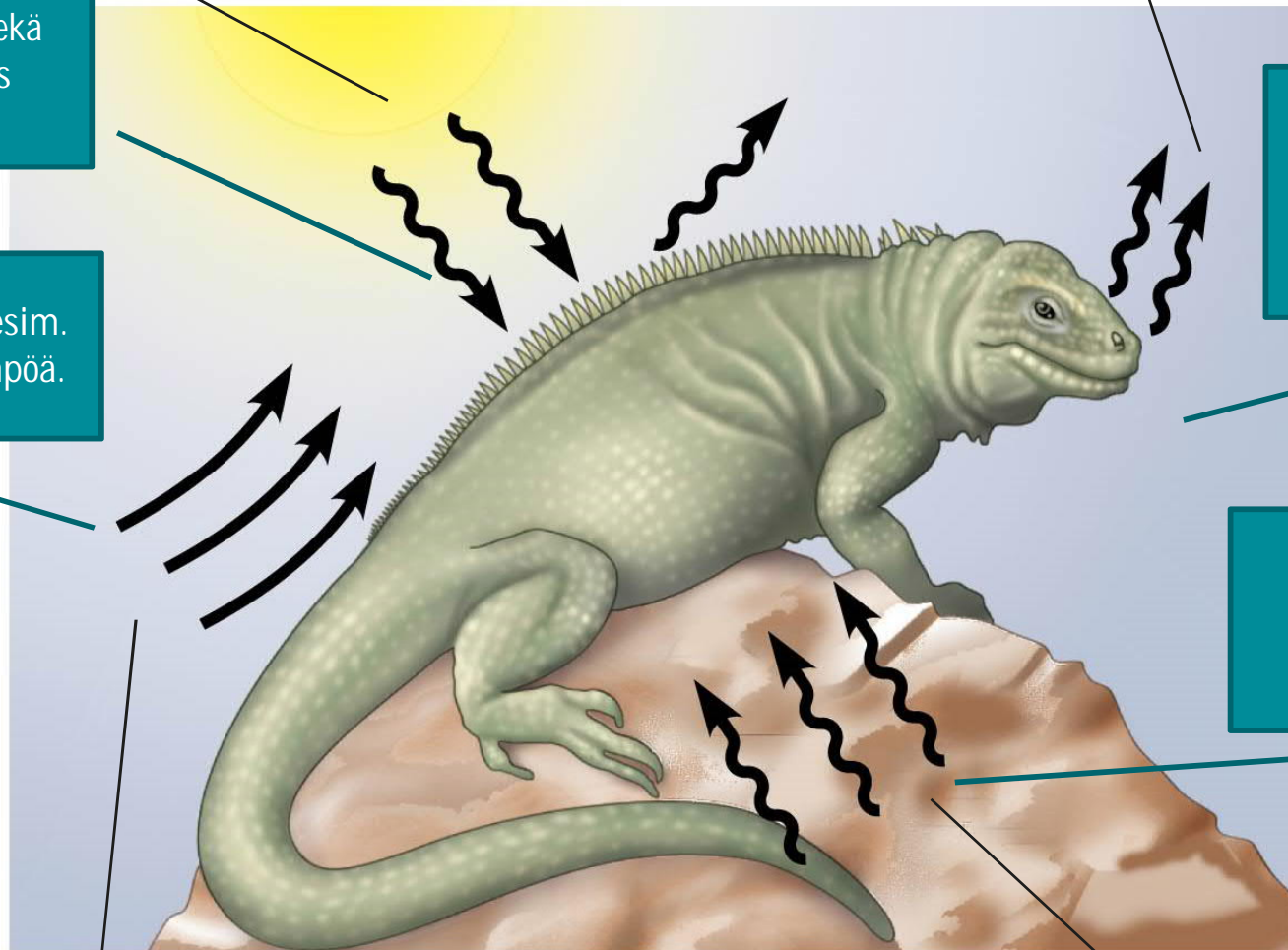
## Haihtuminen (Evaporation)

Haihtuminen on veden muuttumista kaasuksi (hengitys, hien haihtuminen). Tehokas viilennyskeino

Johtuminen tapahtuu molempiin suuntiin ja on erittäin tehokasta vesiympäristössä.

## Siirtyminen (Convection)

## Johtuminen (Conduction)



# Lämmönsäätelyn lajit

## Ektoterminen

eläin saa lämmön ympäristöstä

Kalat, sammakkoeläimet,  
matelijat, useimmat  
selkärangattomat

## Endoterminen

tuottaa aineenvaihdunnassaan  
oman lämpönsä

Aineenvaihdunnan nopeus 4-  
10 kertaa suurempi

Nisäkkäät, linnut, jotkut kalat,  
eräät hyönteiset

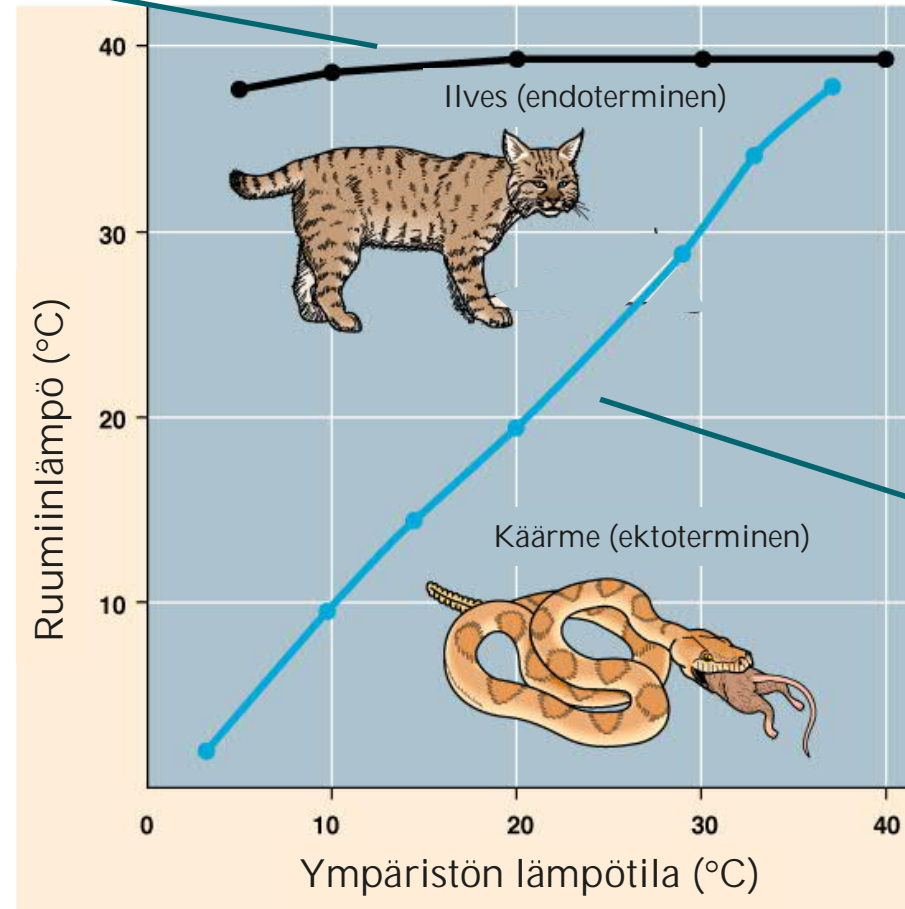
## Heteroterminen

Endotermisiä eläimiä, joiden  
ruumiin lämpötila vaihtelee  
ajallisesti tai paikallisesti  
kehon eri osissa.

Kameli, karhu, kolibri, hait,  
tonnikalat, lentävät hyönteiset

Endoterminen eläin pyrkii säilyttämään ruumiinlämpönsä vakiona kaikissa lämpötiloissa.

- Lisääntynyt energiankulutus sekä kylmässä että kuumassa
- Lämmitystä/jäähdytystä ei tarvita termoneutraalilla alueella



Ektoterminen eläin vaihtaa ruumiinlämpöä ympäristön lämpötilan mukaan

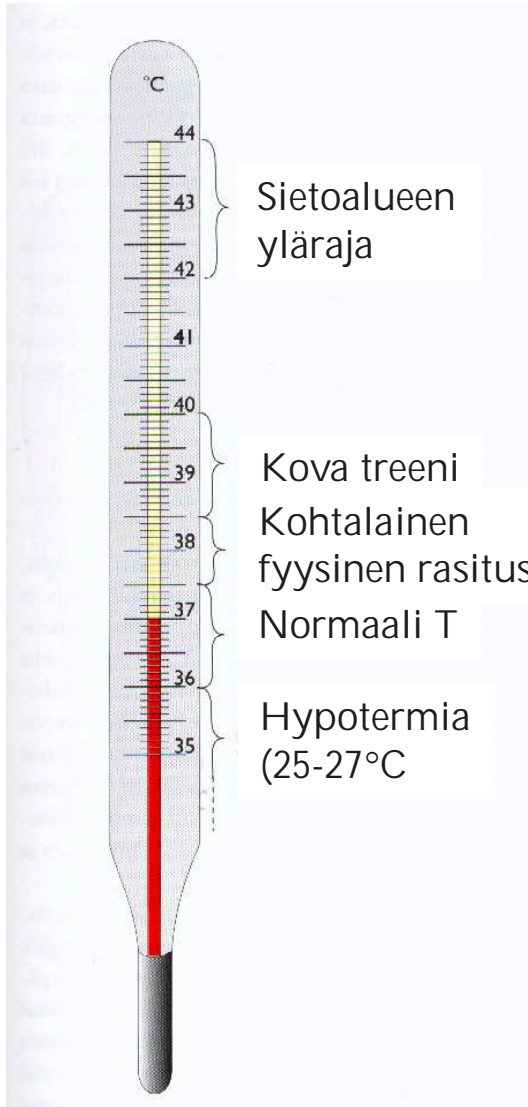
- Energiankulutus kylmässä vähäistä, niin myös aktiivisuus

©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

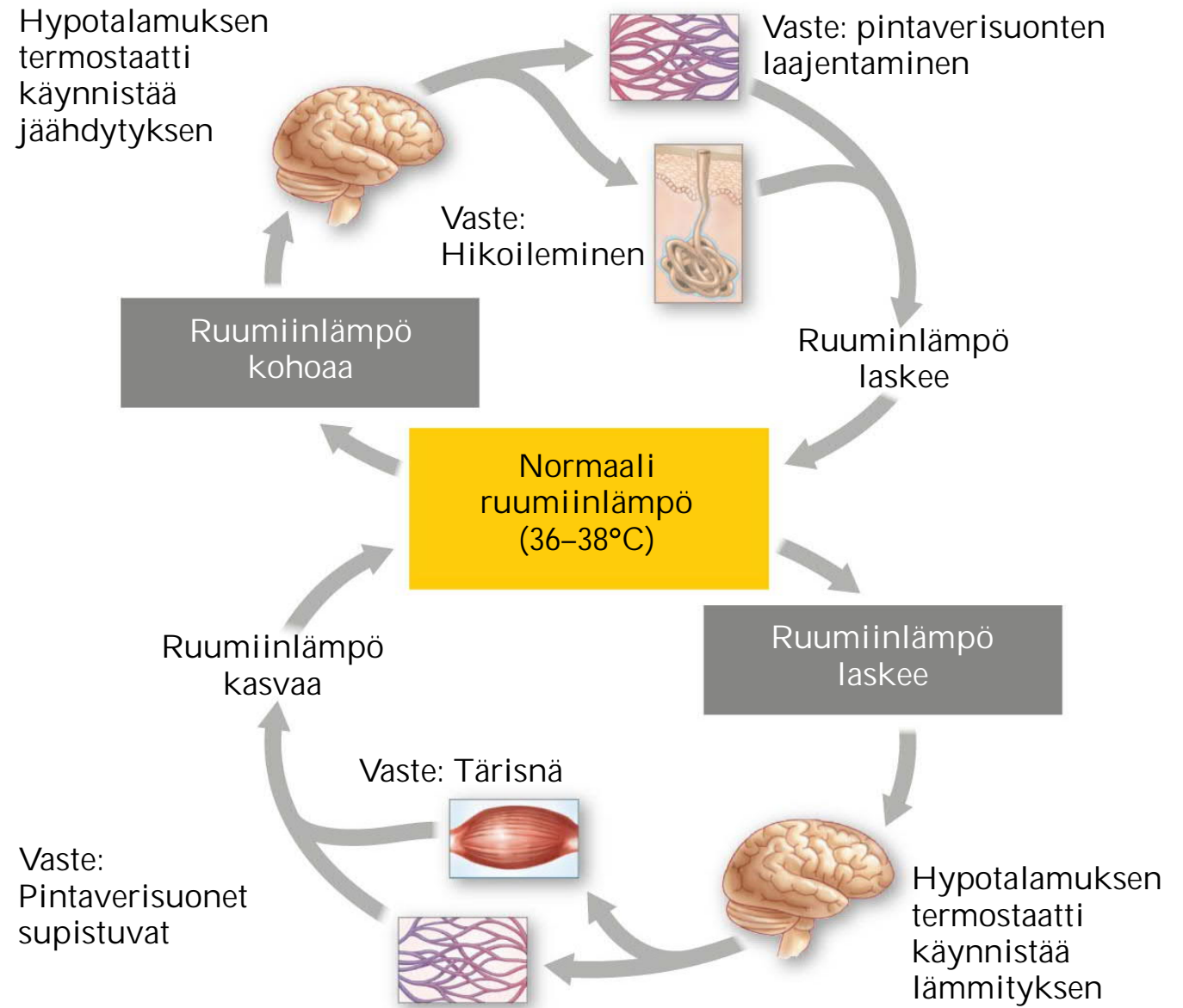
# Endotermisten lämmönsäätely







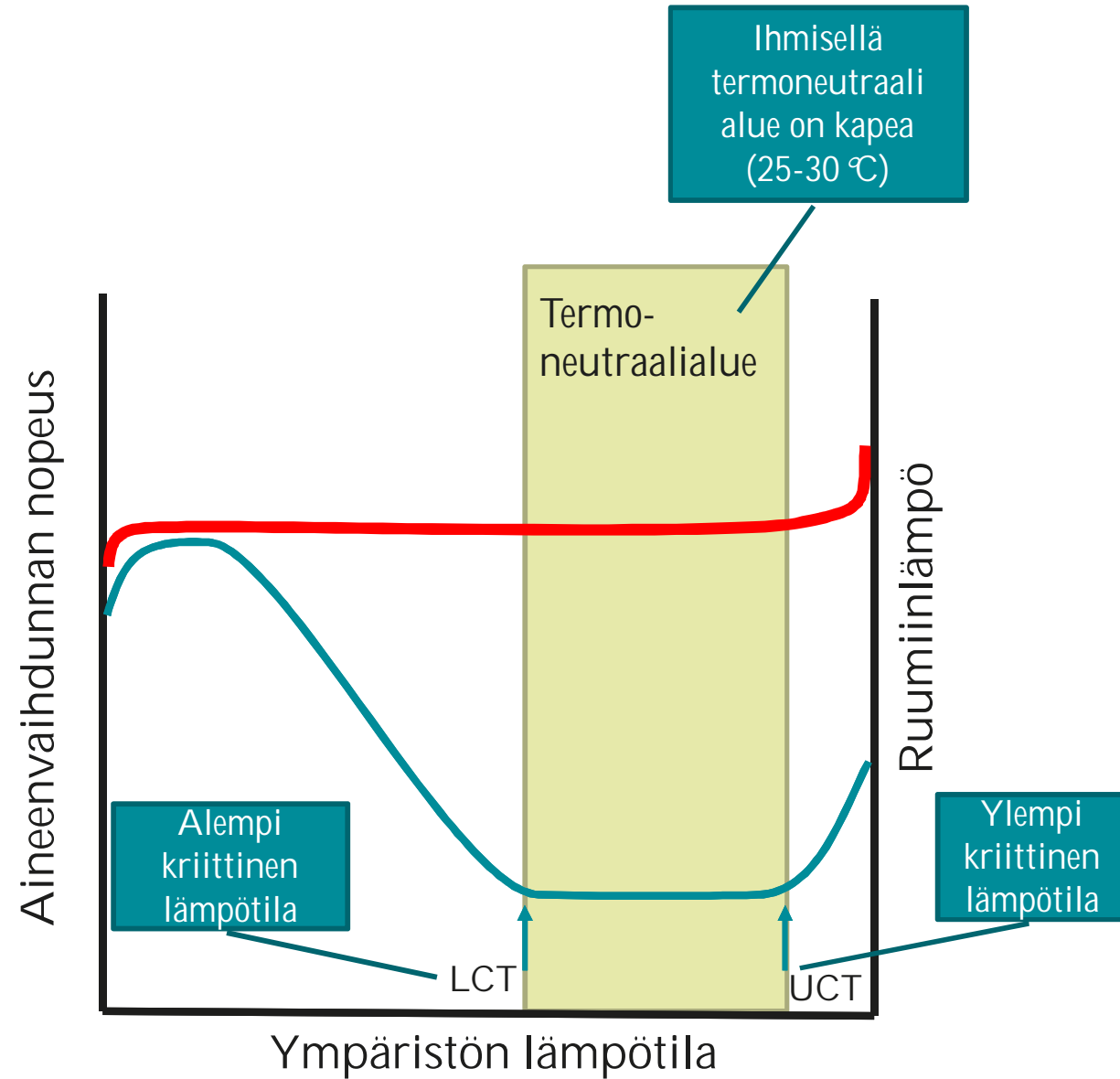
UEF // University of Eastern Finland



# Termoneutraali alue

Endotermiset eläimet pyrkivät pitämään ruumiinlämmön tasaisena ympäristön lämpötilasta huolimatta.

- Ylläpito kasvattaa energiankulutusta sekä kylmässä että kuumassa.
- Termoneuraalilla lämpötila-alueella lämmitystä tai jäädytystä ei tarvita.



# Lämmönsäätelyn mekanismit



## Käyttäytyminen

- Muutto
- Suojautuminen



## Eristäminen

- talviturkki
- rasvakerros



## heterotermisyys

- Kylmät sormet



## Jäähdytys

- Hikoileminen
- läähätys



## Lämmitys

- Täriseminen
- Ruskea rasva



# Käyttäytyminen

Elimistö pysyy lämpötasapainossa, kun Lämmön tuotto = Lämmön hukka  
Lämpöä voidaan kerätä tai sen poistumista estää käyttäytymisellä.



# Eristäminen

Lämpö karkaa ihon kautta tehokkaasti etenkin vesiympäristössä tai, jos ilma pääsee ihon pinnalla vaihtumaan

- Lämpöhukkaa vähennetään estämällä ilman vaihtumista iholla (karva-/höyhenpeite)
- Vesiympäristössä eristys tehdään rasvakerroksella.
- Eristys alentaa lämpötilaa, jossa aineenvaihduntaa tarvitaan lämmitykseen (LCT)



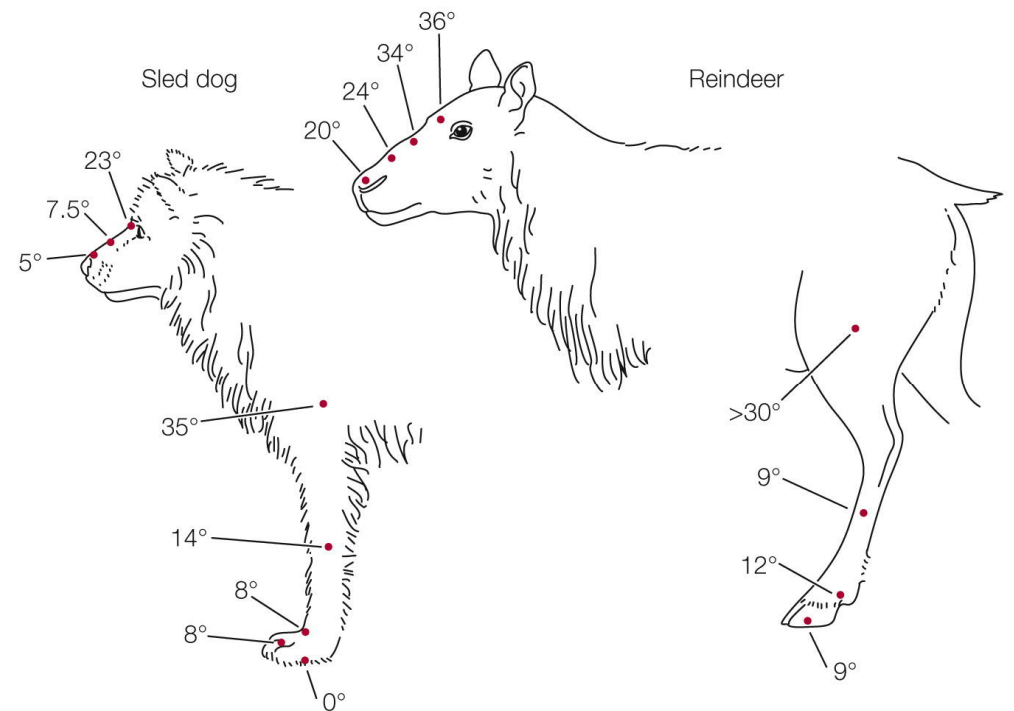




# Heterotermisyys

Endotermiset eläimet ovat harvoin tasalämpöisiä (etenkään viileässä ilmastossa).

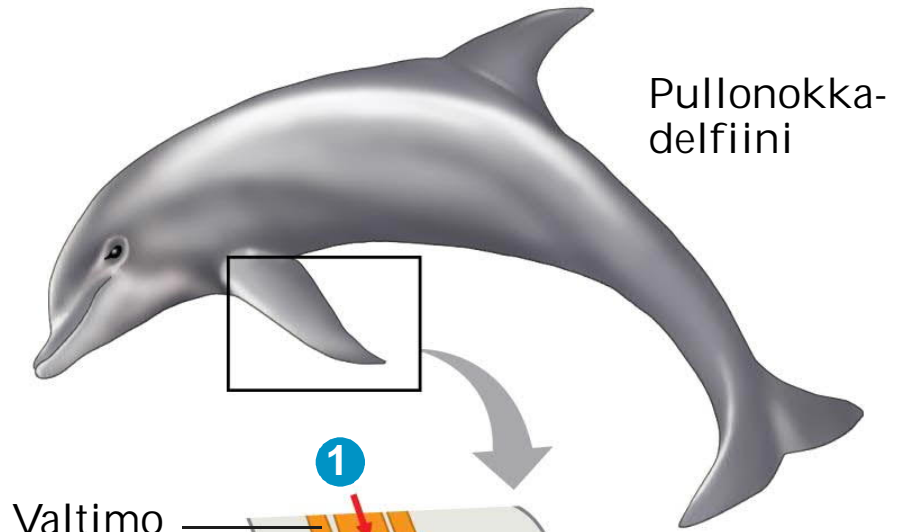
- Energiaa hukataan sitä enemmän, mitä suurempi lämpötilaero
- Kehon pinnan ja ulokkeiden annetaan jäähtyä, jolloin lämpöä karkaa vähemmän
- Etenkin tundraan sopeutuneilla lajeilla (vähäisessä määrin myös ihmisillä).



ANIMAL PHYSIOLOGY 4e, Figure 10.32  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

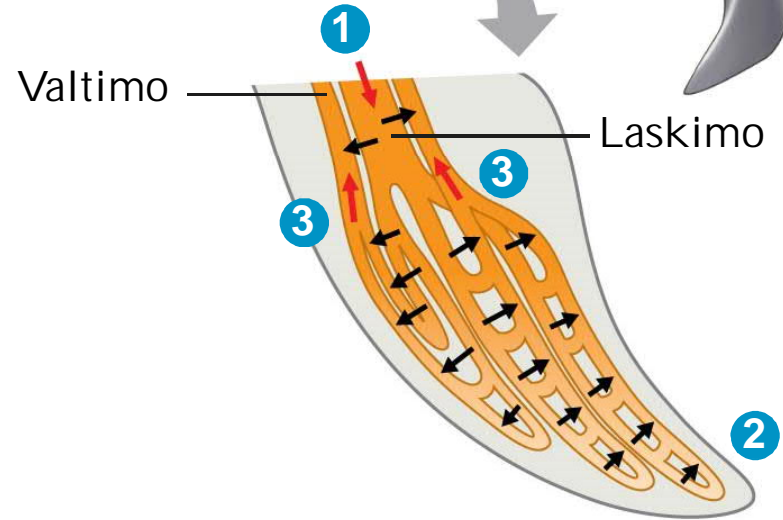
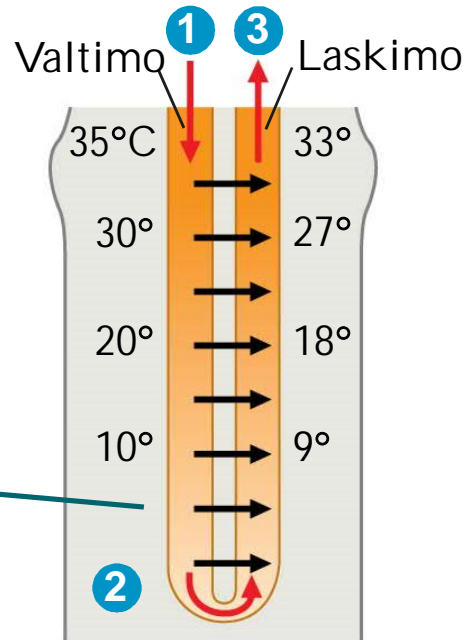


Kanadanhanhi



Pullonokkadelfiini

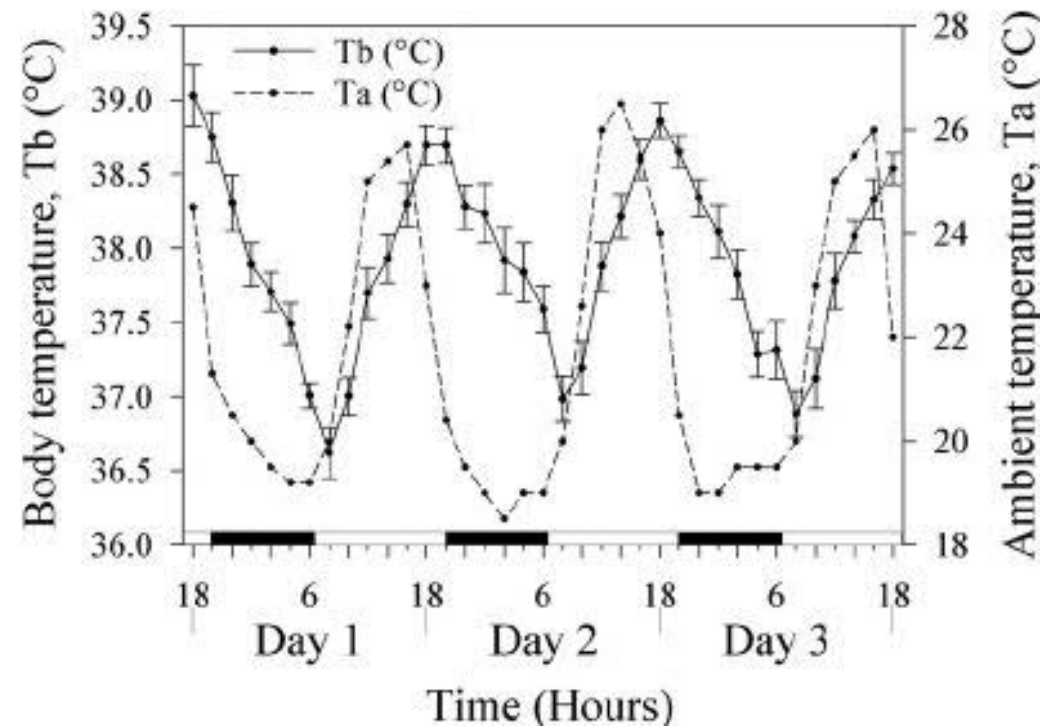
Raajojen valtimo ja laskimo kulkevat vierekkäin, jolloin lämpö siirtyy kohti kylmempää verisuonta. Tätä voimistetaan ohjaamalla veren virtaus eri suuntiin (vastavirtaperiaate)



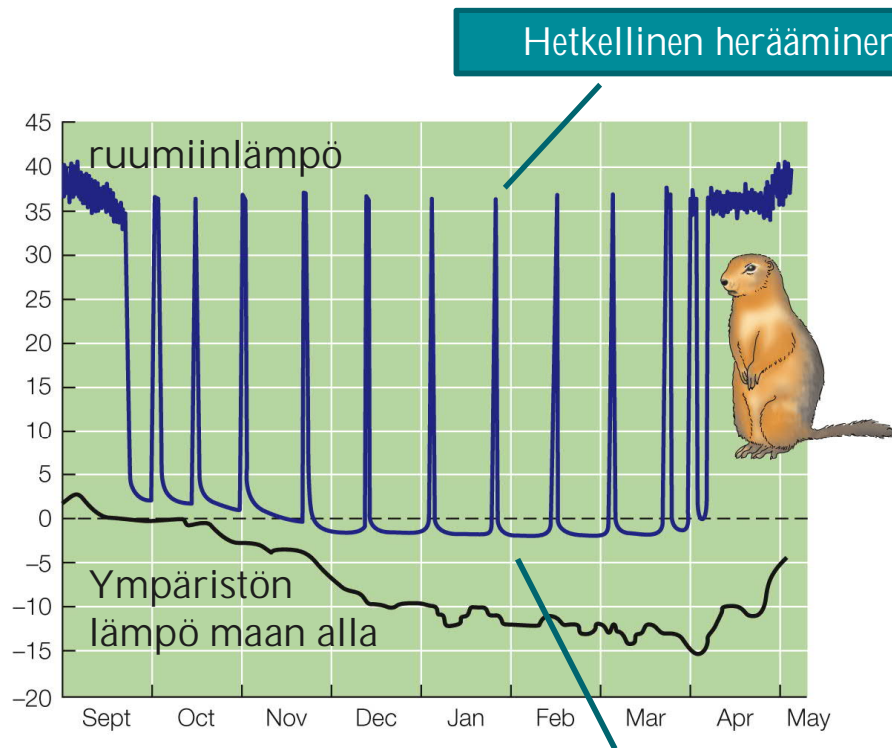
Key

- Lämmin veri
- Viileä veri
- Veren virtaus
- Lämmön siirtyminen

# Ajallinen heterotermisyys



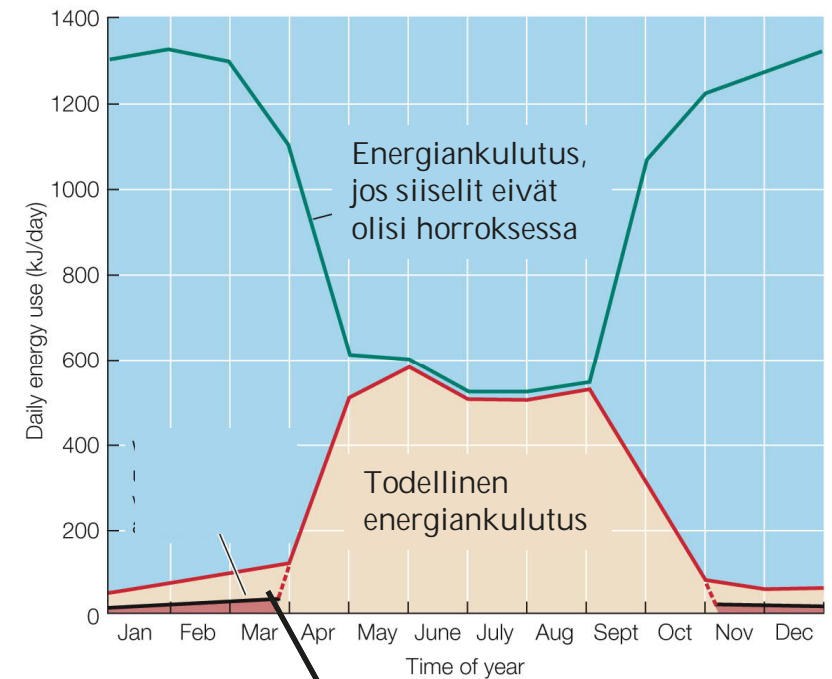
# Energian säästö ruumiinlämmön muutoksilla



ANIMAL PHYSIOLOGY 4e, Figure 11.12  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

Napasiiseli horrosta 8 kk ja alentaa ruumiinlämpönsä jopa alle 0 °C

UEF // University of Eastern Finland



ANIMAL PHYSIOLOGY 4e, Figure 11.15  
© 2016 Sinauer Associates, Inc.

Energiankulutus, jos siiselit eivät heräisi kesken talvella



# Jäähdytys

Kuumassa ilmanalassa käytetään veden haihtumista viilentämiseen

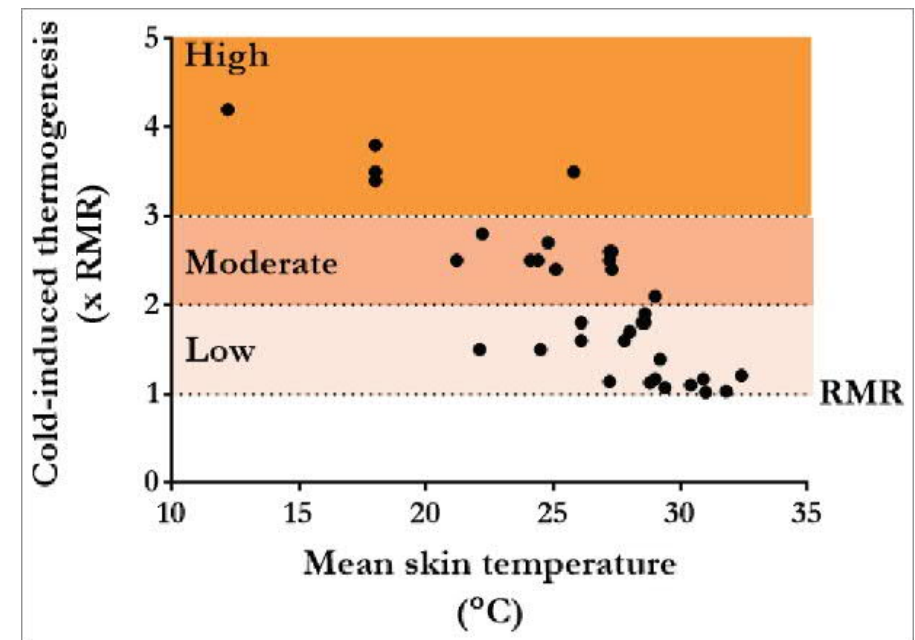
- Lisäämällä hengitystä (lähättämällä). Menetelmän haittana on hiilidioksidin menetys ja veren pH:n muutokset.
- Ihminen, hevoset, kamelit ja jotkut kengurut jäähdyttävät ruumista hikoilemalla. Vettä voidaan menettää jopa 2 l/h. Pitkään jatkuessaan haittana on suolatasapainon muutokset.
- Monet linnut lisäävät jäähdytystä nostamalla omaa ruumiinlämpöään (hypertermia)



# Lämmitys

Kylmässä lämmitystä voidaan lisätä biokemiallisten reaktioiden sivutuotteena.

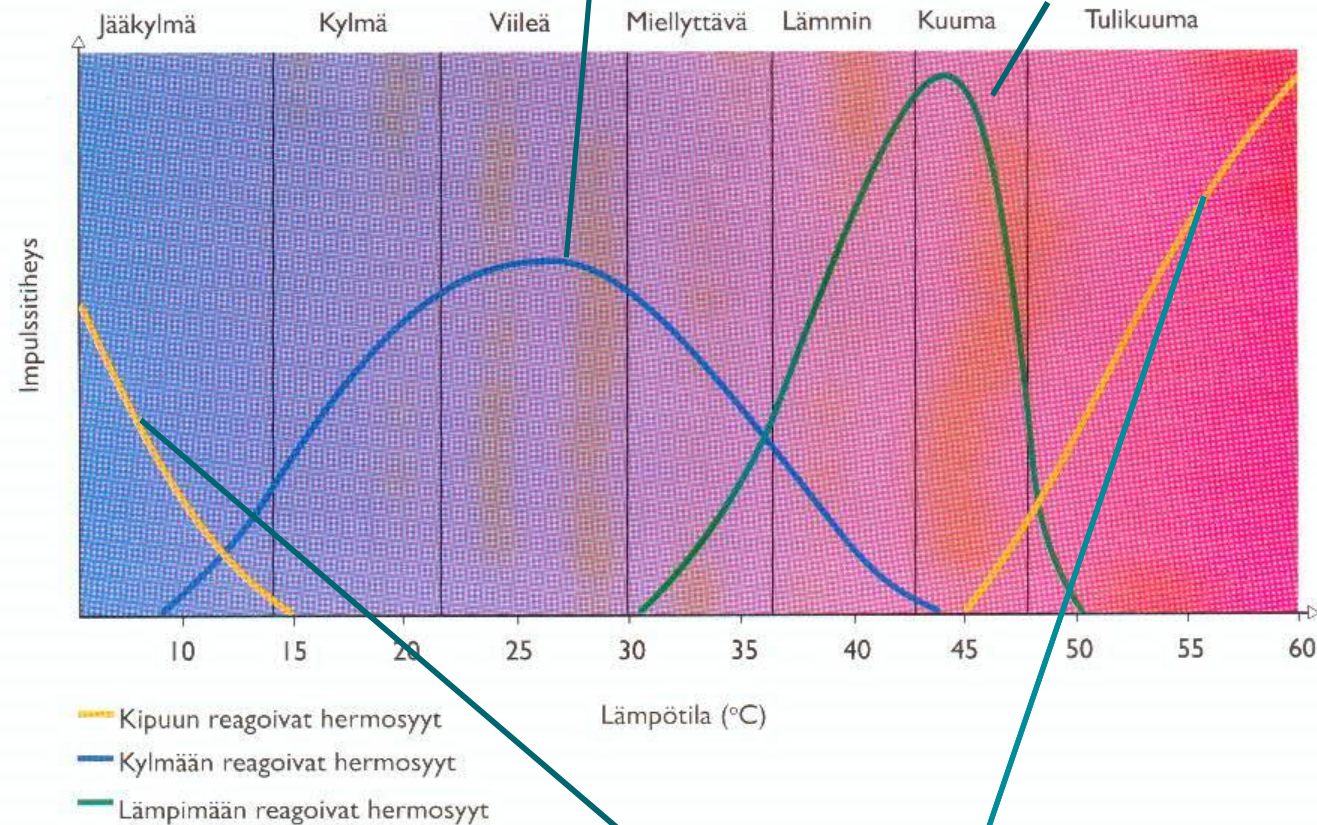
- Tehokkainta liikkumalla (ihmisellä energian kulus 15-20-kertaiseksi lepotilaan verrattuna).
- Lihasvärinä (shivering) käynnistyy kylmässä ja sillä voidaan saavuttaa 5-kertainen energiankulutus.
- Lihasvärinätön lämmöntuotto (nonshivering thermogenesis) ruskeassa rasvassa ja luustolihaksissa. Mitokondrioiden käyttö.



Kylmälle herkät hermosyyt (kasvoissa 20/cm<sub>2</sub>), muualla 1/cm<sub>2</sub>

# Lämmön aistiminen

Lämpimälle herkät hermosyyt



Kipuhermosyyt reagoivat <15 °C ja >45 °C lämpötiloissa

# Miksi endotermisyyttä käytetään?

hyödyt

Mahdollistaa aktiivisen elintavan monenlaisissa ympäristöissä.  
Hermosto, aistit ja lihakset toimivat tehokkaasti.  
Endotermiset eläimet menestyvät hyvin myös kylmillä alueilla.  
Tasalämpöisyys on ollut valintaetu tietyille eläimille tietyissä elinolosuhteissa.

Korkea ruumiin lämpötila = suuri metabolianopeus. (Ihminen 1300-1880 kcal/vrk; alligaattori 60 kcal/vrk (20°C))  
Vaatii paljon ravintoa.  
Vaatii tehokkaan hengityksen.  
Vaatii tarkan säätelyn vesitasapainon ja happo-emästasapainon säilyttämiseksi.

haitat

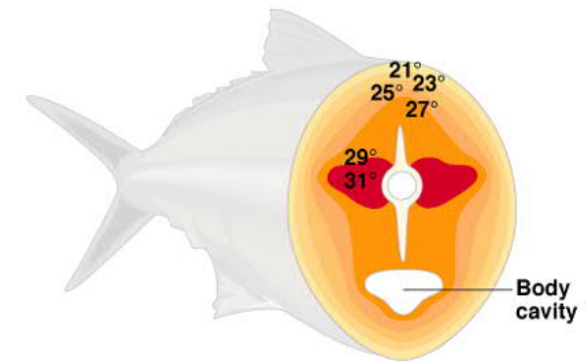
# Lämmönsäätely: Kalat

Vesiympäristössä lämpö karkaa tehokkaasti ympäristöön.

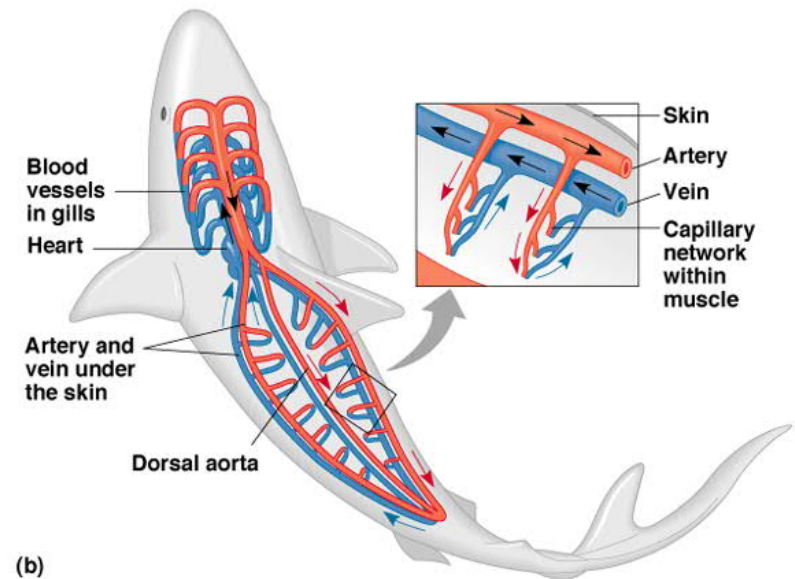
- Useimmat kalat ovat ektotermisiä (lämpö vaihtuu tehokkaasti kiduksissa).

Eräät tonnikalat, hait ja miekkakalat ovat osittain endotermisiä

- Keskushermosto ja silmät pidetään usein lämpimänä.
- Mekanismina vastavirtavaihdin ja muut verenkierron järjestelyt.



(a)

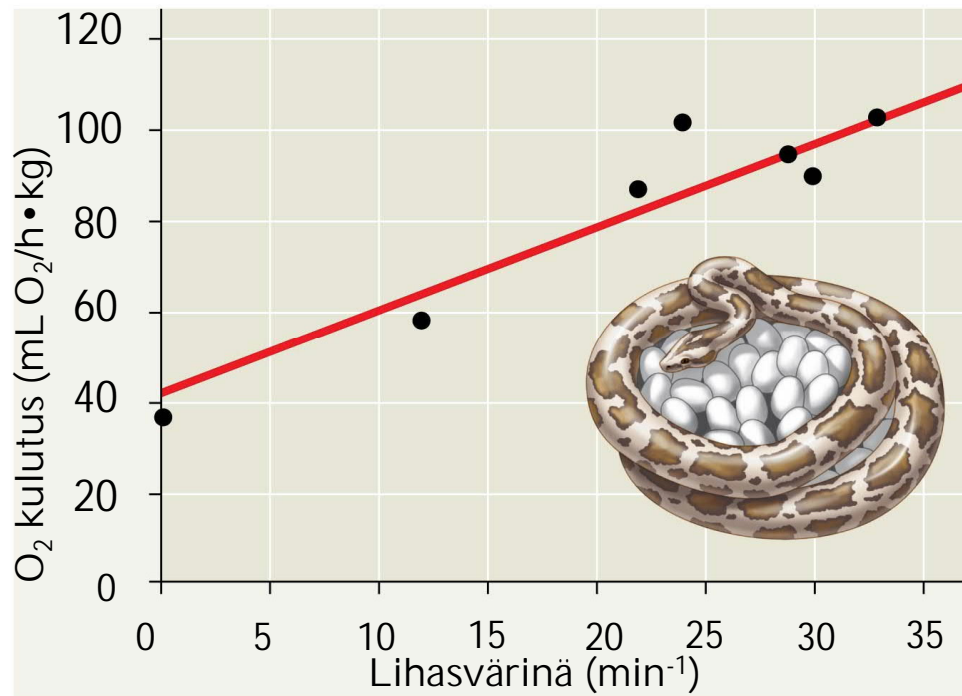


(b)

©1999 Addison Wesley Longman, Inc.



# Muut ektodermit selkärangaiset

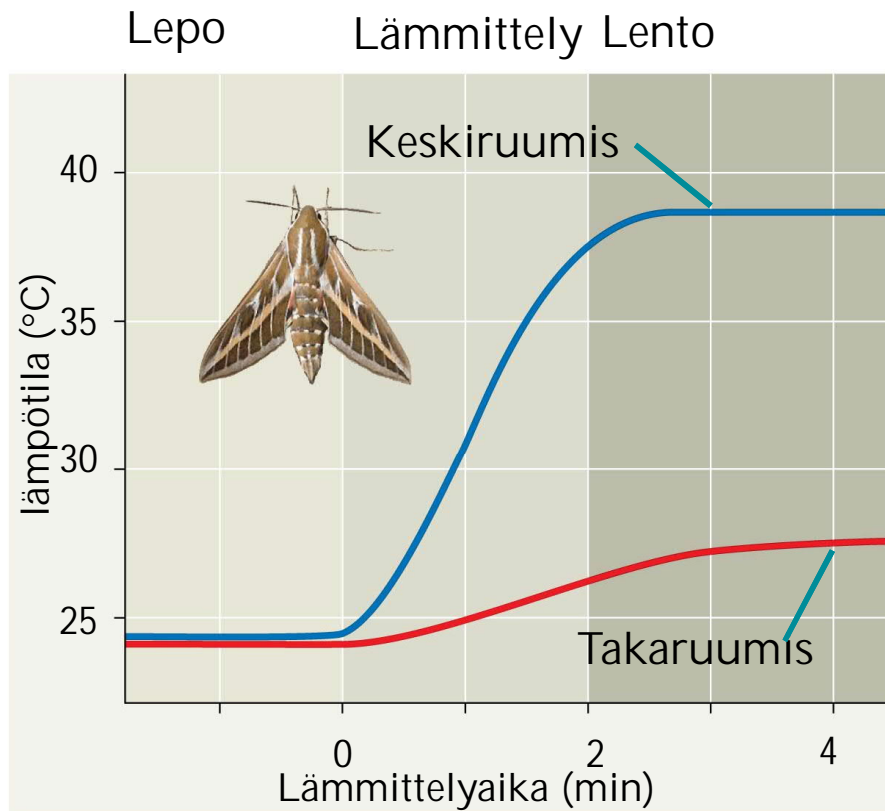


Hautova pythonkäärme käyttää lihasvärinää munien lämmittämiseen.

Joillain liskoilla esiintyy myös verisuonten tilavuuden säätelyä.

Kuitenkin ruumiinlämmön säätely tapahtuu pääasiassa käyttäytymisellä.

# Selkärangattomat



© 1974 AAAS

Osa selkärangattomista on endotermisiä

- Lentävät hyönteiset (kimalaiset, mehiläiset, perhoset)
- Tuottavat lämpöä lentolihaksillaan ennen lentoa lähtöä (kylmän lihaksen teho ei ole riittävä pitämään eläintä ilmassa).
- Kerääntyminen palloksi (käyttämislämmönsäätely)
- Vastavirtavaihdin

# Kiitos!



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

[uef.fi](http://uef.fi)

