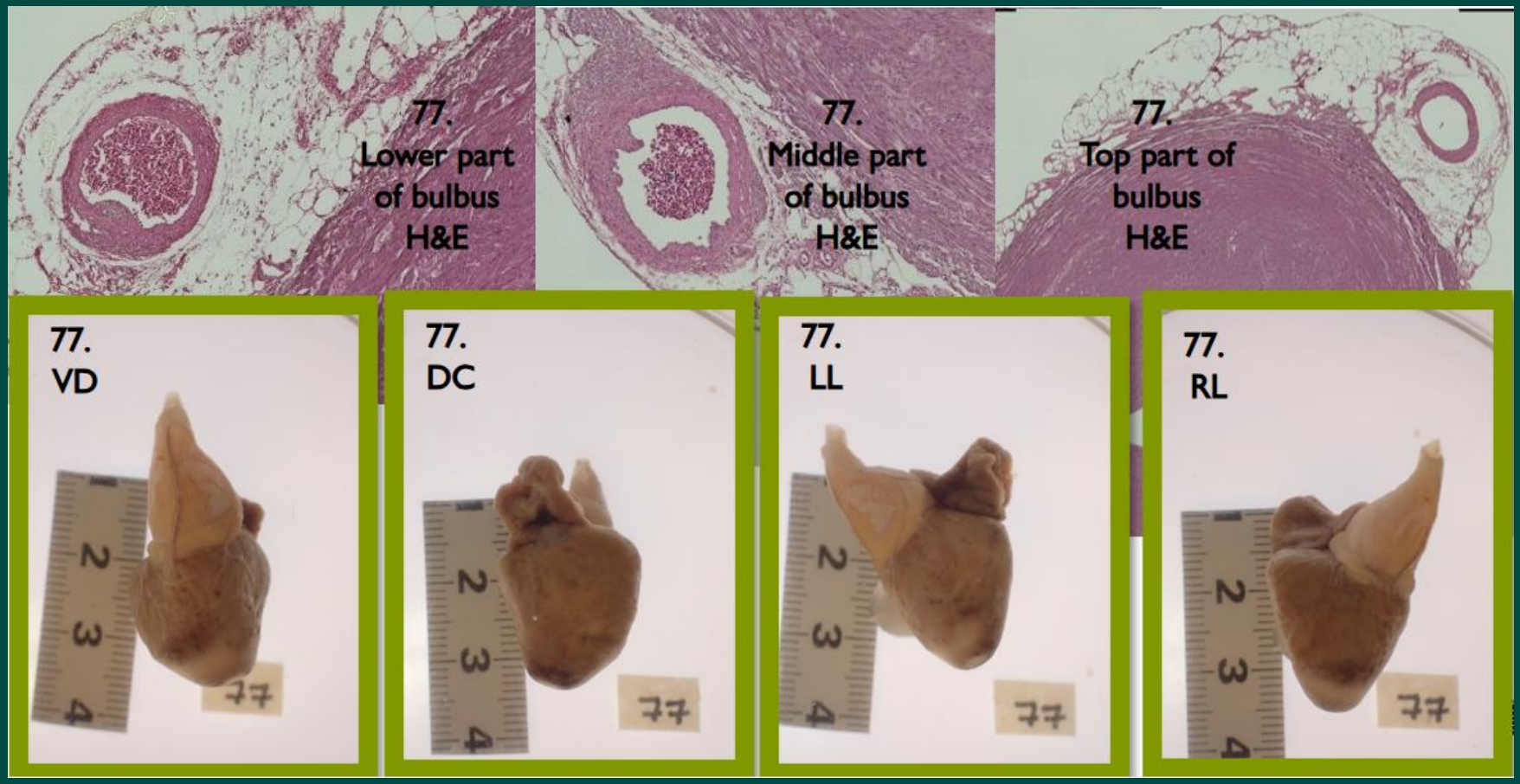
Kirjolohen sydänterveyden kartoitus

Essi Lindroth & Saga Kortetjärvi

Kalaterveyspäivät 2026

Euroopan unionin osarahoittama



Tausta

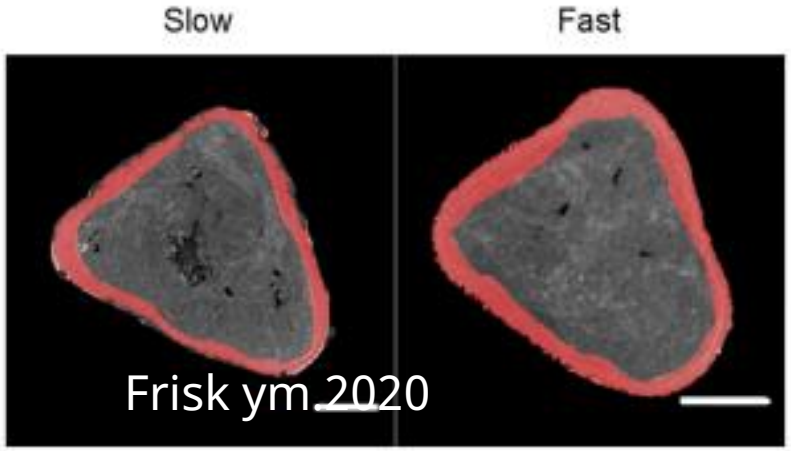
- Norjassa kasvatetulla lohella on havaittu huomattavia poikkeamia sydämen morfologiassa (Frisk ym. 2020, Engdal ym. 2024).
- Ruotsissa > 92 % kirjolohista **ateroskleroosia**, ahtauttaa sepelsuonia ja estää veren tehokasta virtausta sydänlihakseen. Osalla kaloista myös suurentunu kammioiden massa (RVM>0,12)(Brijs ym. 2020).
- Kasvatetuilla lohilla on useissa tutkimuksissa havaittu olevan **pyöreämpi sydän** villeihin kaloihin verrattuna. --> näkyy jo jokipoikasvaiheesta lähtien ja erot korostuvat perkuuikään mennessä (Halvorsen ym. 2025, Frisk ym. 2020) --> Sydämen pyöreys vaikuttaa negatiivisesti kalojen fyysiseen suorituskykyyn (Poppe ym. 2003).
- Kasvatetuilla kirjolohilla on havaittu olevan l**oivempi bulbuksen ja kammion välinen kulma**, jolla on havaittu olevan negatiivinen vaikutus kalojen kykyyn sietää stressiä (Brijs ym. 2020).
- Suomalaisilla kirjolohien sydänterveyden tilanteesta ei ole juurikaan tietoa ja maailmallakin tieto vielä puutteellista – esim. Miten sydänterveyteen voidaan vaikuttaa kasvatusolosuhteissa

Tavoitteet

- 1. Selvittää sydämen morfologisten muutosten tyyppejä ja yleisyyttä kotimaisilla kalankasvatuslaitoksilla, visuaalisesti ja mittasuhteilla.
- 2. Selvittää histologialla esiintyykö suomalaisilla kaloilla sepelvaltimojen ahtautumista ja kuinka vakavia muutoksia kaloilla esiintyy.
- 3. Sydänlihastulehduksen yleisyys ja vakavuus histologisissa näytteissä
- 4. Selvittää eroja sydänmuuttujissa eri laitosten, kasvatusympäristön ja alkuperän välillä.

Riskitekijöitä sydänterveydelle

- Korkeat lämpötilat - nostavat lohikalojen sykettä ja kuormittavat sydäntä sekä altistavat kalat rytmihäiriöille
- Nopeakasvuisuus – jalostuksella tai kasvatusympäristöä manipuloimalla aikaan saatu
- Vähentynyt aktiivisuus kasvatusympäristössä - plastinen muutos olosuhteisiin
- Krooninen stressi ja käsittelyistä aiheutuva stressi – Lohen kasvatuksessa käsittelyn jälkeisen kuolleisuuden arvellaan osittain johtuvan sydänongelmista
- Ravitsemus ja ruokintamenetelmät
- Taudinaiheuttajat – esim PRV-3



RESEARCH ARTICLE Open Access

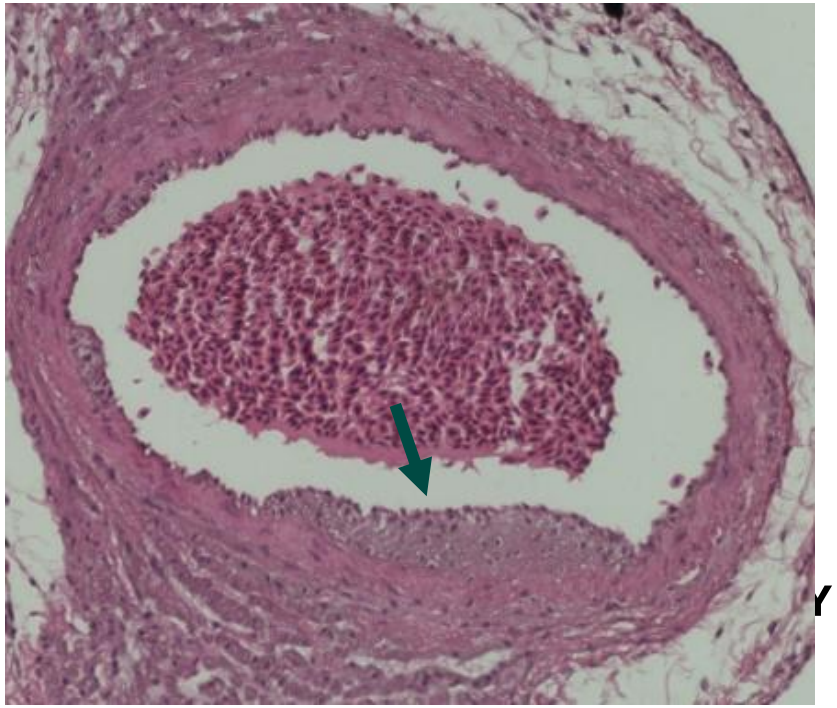
Piscine orthoreovirus subtype 3 (PRV-3) causes heart inflammation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Niccoló Vendramin[1*†], Dhamotharan Kannimuthu[2†], Anne Berit Olsen[3], Argelia Cuenca[1], Lena Hammerlund Teige[2], Øystein Wessel[2], Tine Moesgaard Iburg[1], Maria Krudtaa Dahle[4], Espen Rimstad[2] and Niels Jørgen Olesen[1]

UNIVERSITY OF TURKU

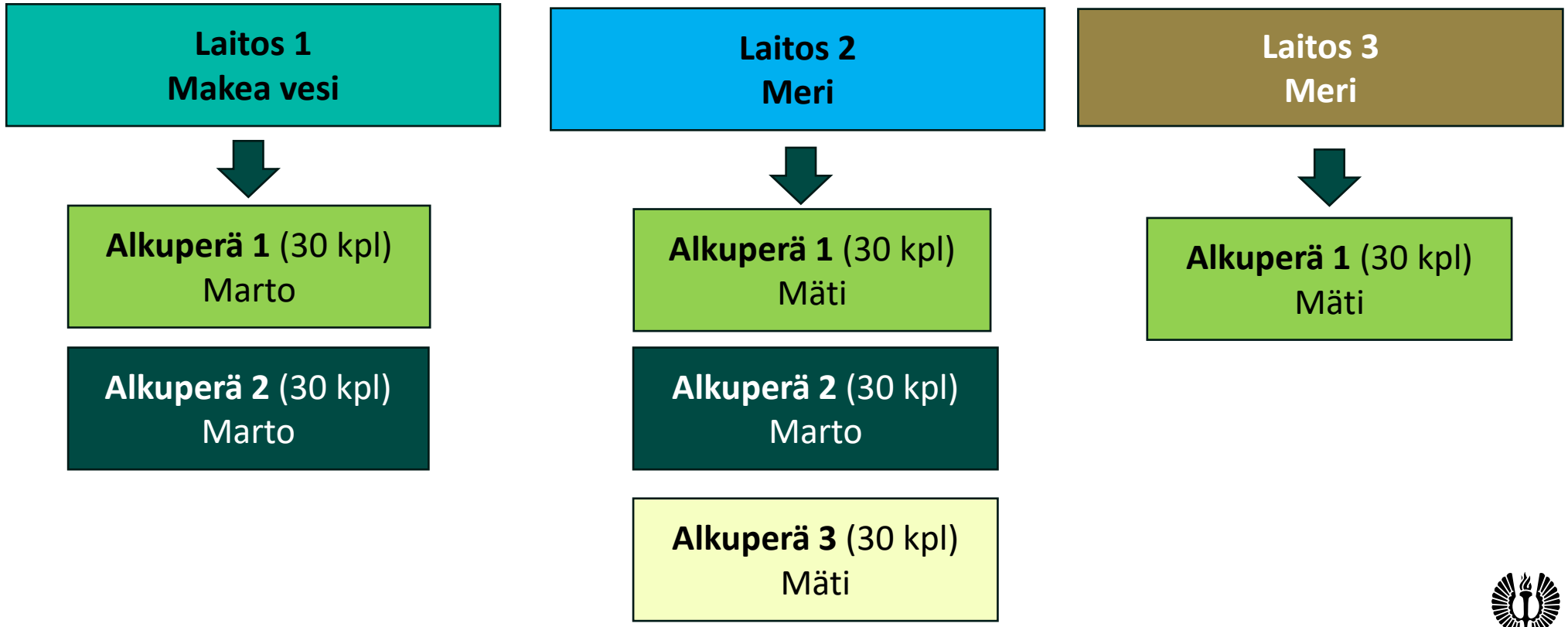
Sepelvaltimot ja ateroskleroosi

- Bulbuksen pinnalla, tuovat hapekasta verta suoraan kiduksilta sydänlihakseen.
- Erityisen tärkeä hapetusmenetelmä aktiivisesti uivilla kaloilla.
- Lohikalojen ateroskleroosissa sileän lihaskudoksen kasvu ahtauttaa sepelsuonia (vrt. Ihmisillä rasvaplakki).
- Normaalisti sepelvaltimon epiteeli on yhden solukerroksen paksuinen – ateroskleroosissa epiteelin solujen proliferaatiota --> **Mahdollisesti seurausta mekaanisesta rasituksesta**, jota aiheutuu bulbuksen venymisestä
- Sepelvaltimoiden leesiot tavallisia myös villeillä lohikaloilla, usein kuitenkin vasta vanhemmilla yksilöillä - Leesioiden määrä kasvaa kalan iän ja koon myötä.



Aineisto

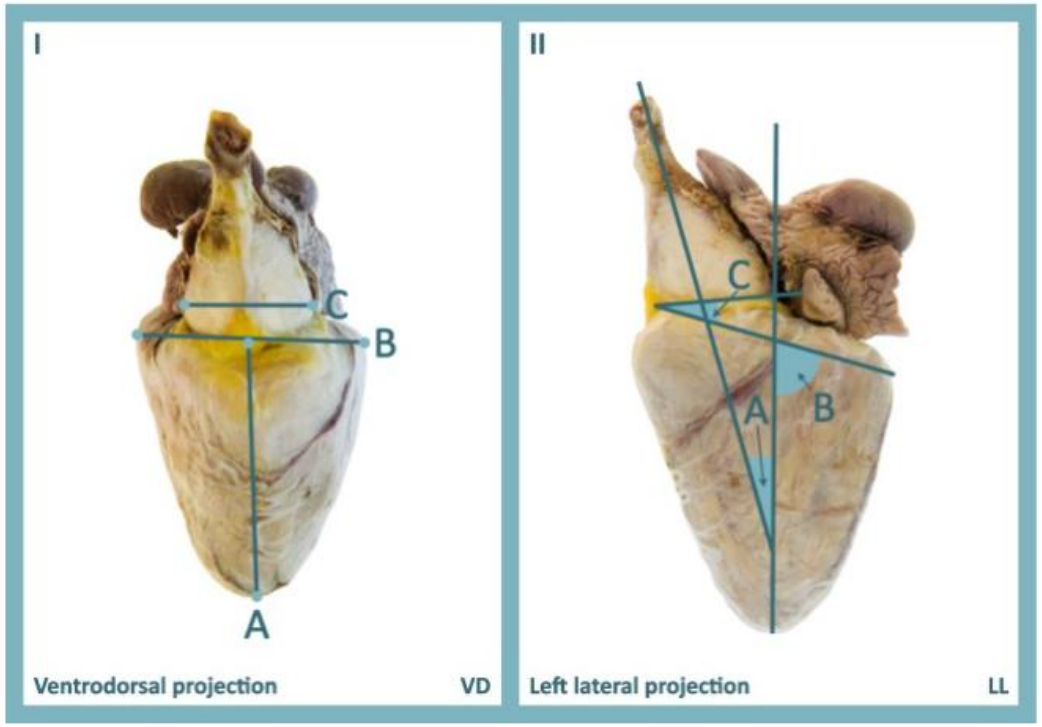
- Kirjolohen sydämiä kerättiin 180 kpl 6 eri kalaerästä, kolmesta eri alkuperästä sekä meri, että makeaveden loppukasvatusympäristössä
- Näytteenottoja heinäkuussa 2025 ja loppuvuodesta 2025



UNIVERSITY OF TURKU

Menetelmät

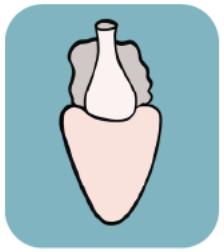
- Sydänten kuvaus neljässä eri projektiossa valopöydän avulla
- Visuaalinen arviointi morfologisista poikkeavuuksista Engdal ym, 2024 mukaan.
- Image J:llä morfologisten mittasuhteiden mittaaminen.
- Histologiat kammioista ja bulbuksesta (bulbus 3 tasossa)
- Muutosten vakavuuden arviointi asteikolla esim. 1 - 5
- RVM- relative ventricular mass (Kammionpaino/kalan paino × 100).
- Tilastoanalyysit



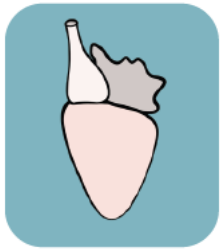
Engdal ym. 2024

UNIVERSITY OF TURKU

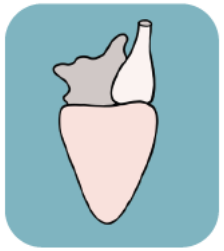
Menetelmät



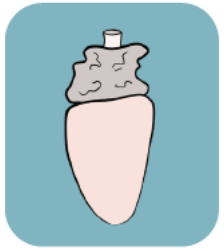
VD - Ventrodorsal projection



LL - Left lateral projection

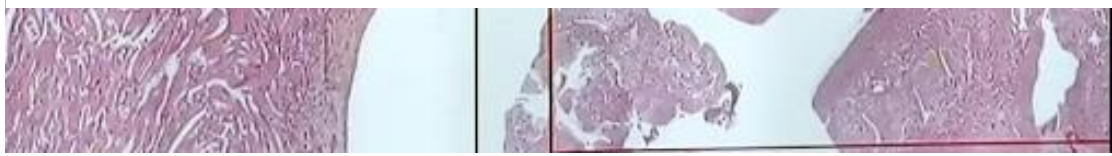


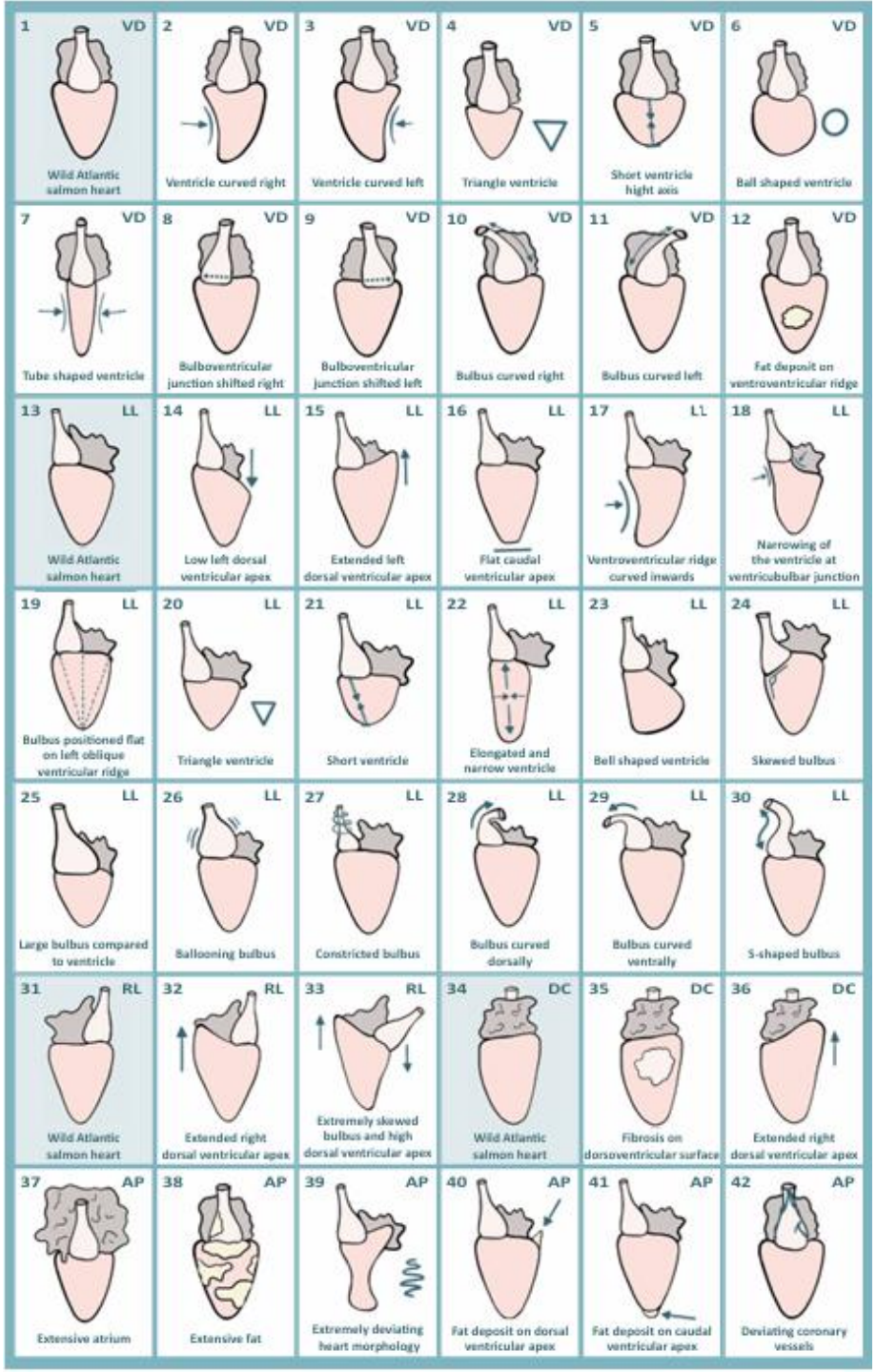
RL - Right lateral projection



DC - Dorsocranial projection

- Bulbuksesta leikkeet 3 osaan
- Kammion puolikkaasta leikkeet.
- Sepelvaltimoleesioiden vakavuuden arviointi asteikolla 1-5 – peittävyys suonen läpimitasta pahimmista leesioista (Työn alla)
- Sydänlihaksen tulehduksen arviointi, iskeemisten alueiden tunnistaminen (Työn alla)



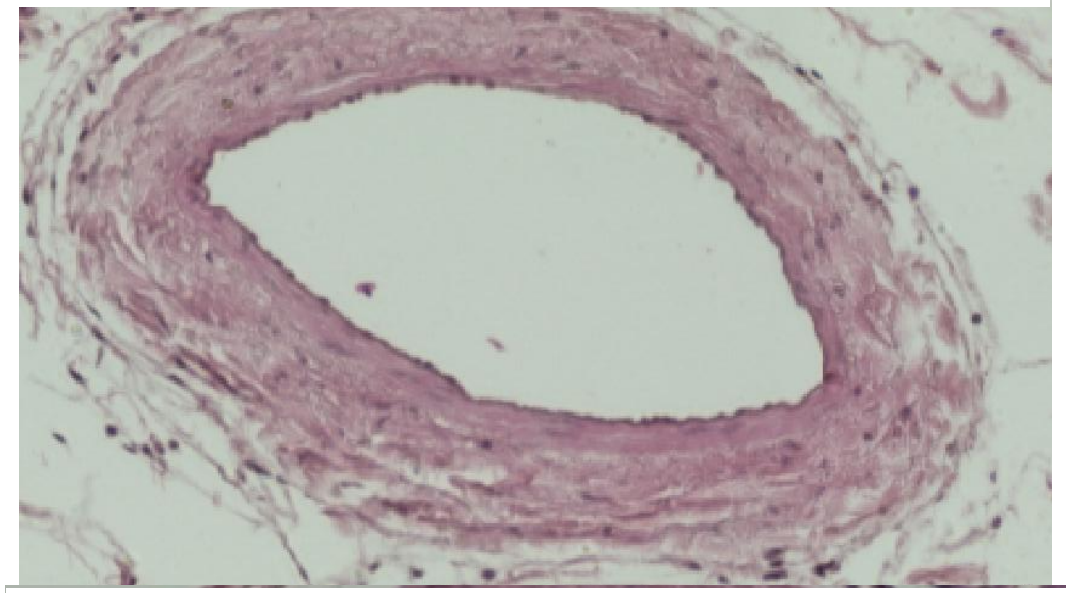


Sydämen morfologian visuaalinen arviointi

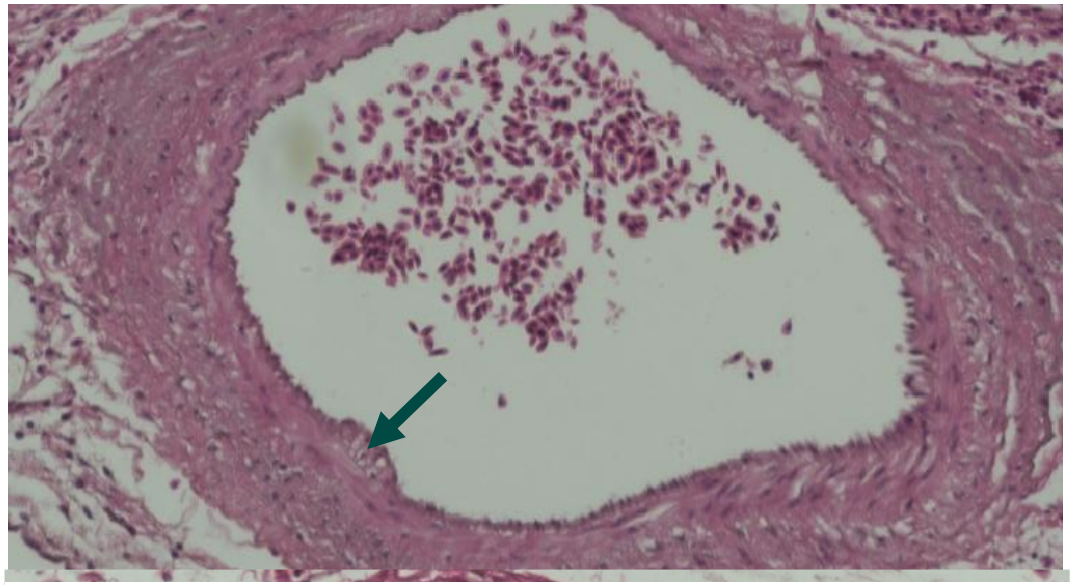
- Engdal ym. 2024 lohelle tekemän morfologisten poikkeamien luokittelun mukaan.
- Kaikkia morfologisia poikkeamia ei esiintynyt aineistossa (esim kammio kaartuu oikealle)
- Kehitettiin myös uusia luokkia kuvaamaan morfologiaa ja rasvakertymien sijaintia

UNIVERSITY OF TURKU

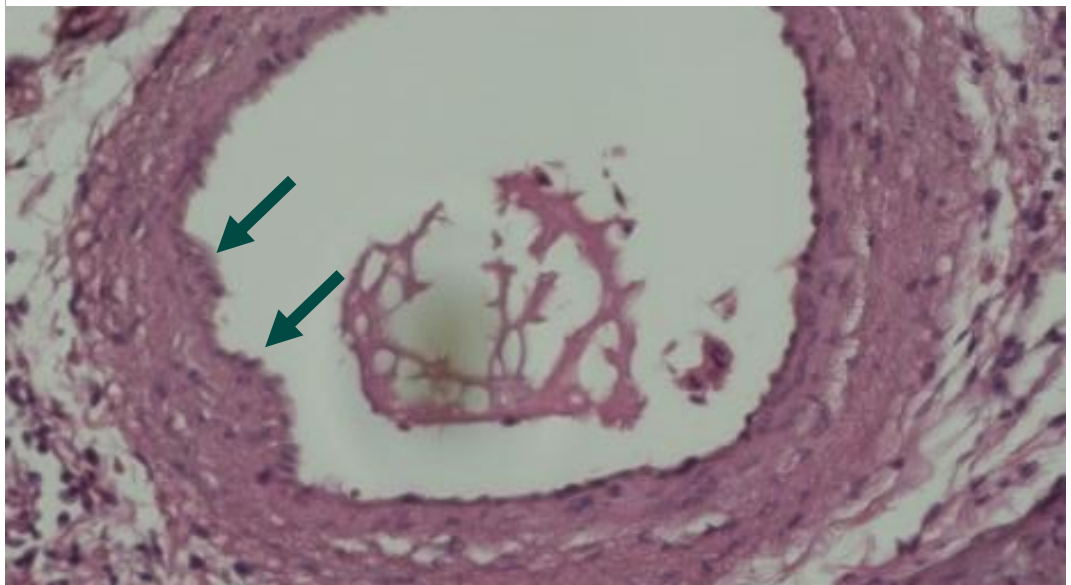
0
Yhden solukerroksen paksu sisäpinta



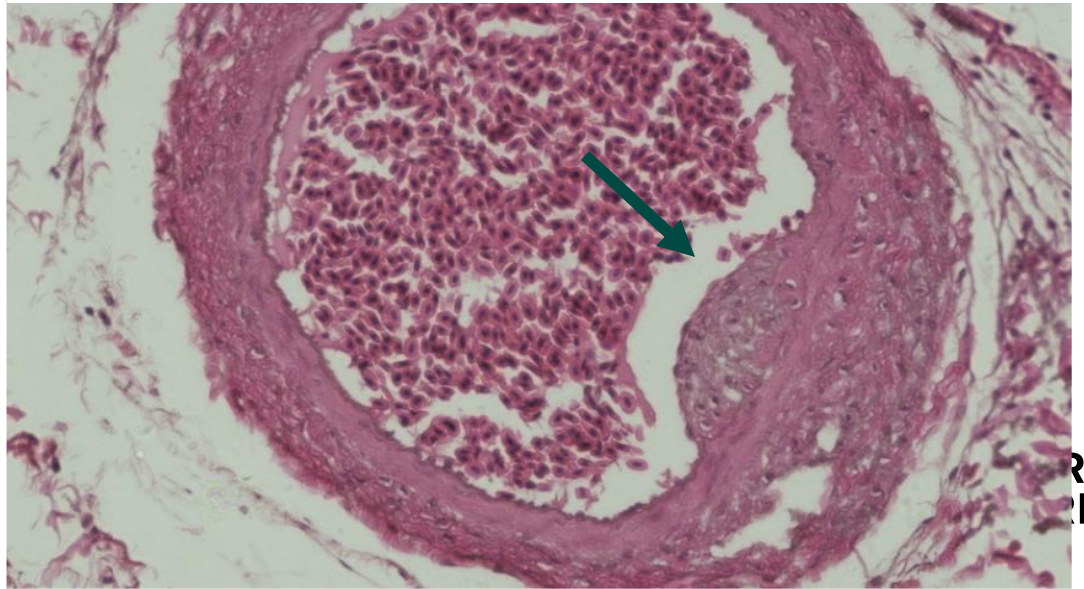
1
Yksittäinen pieni leesio



2
Useampi pieni leesio

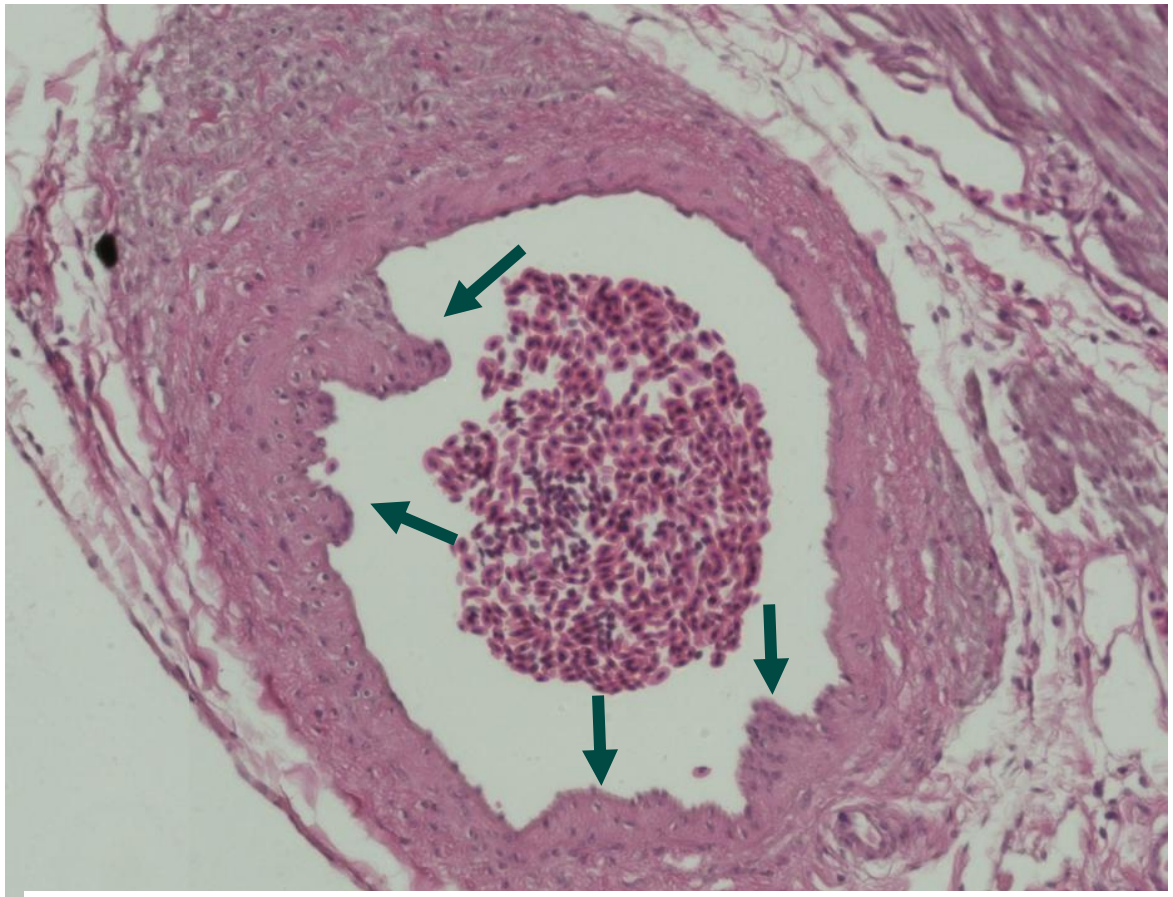


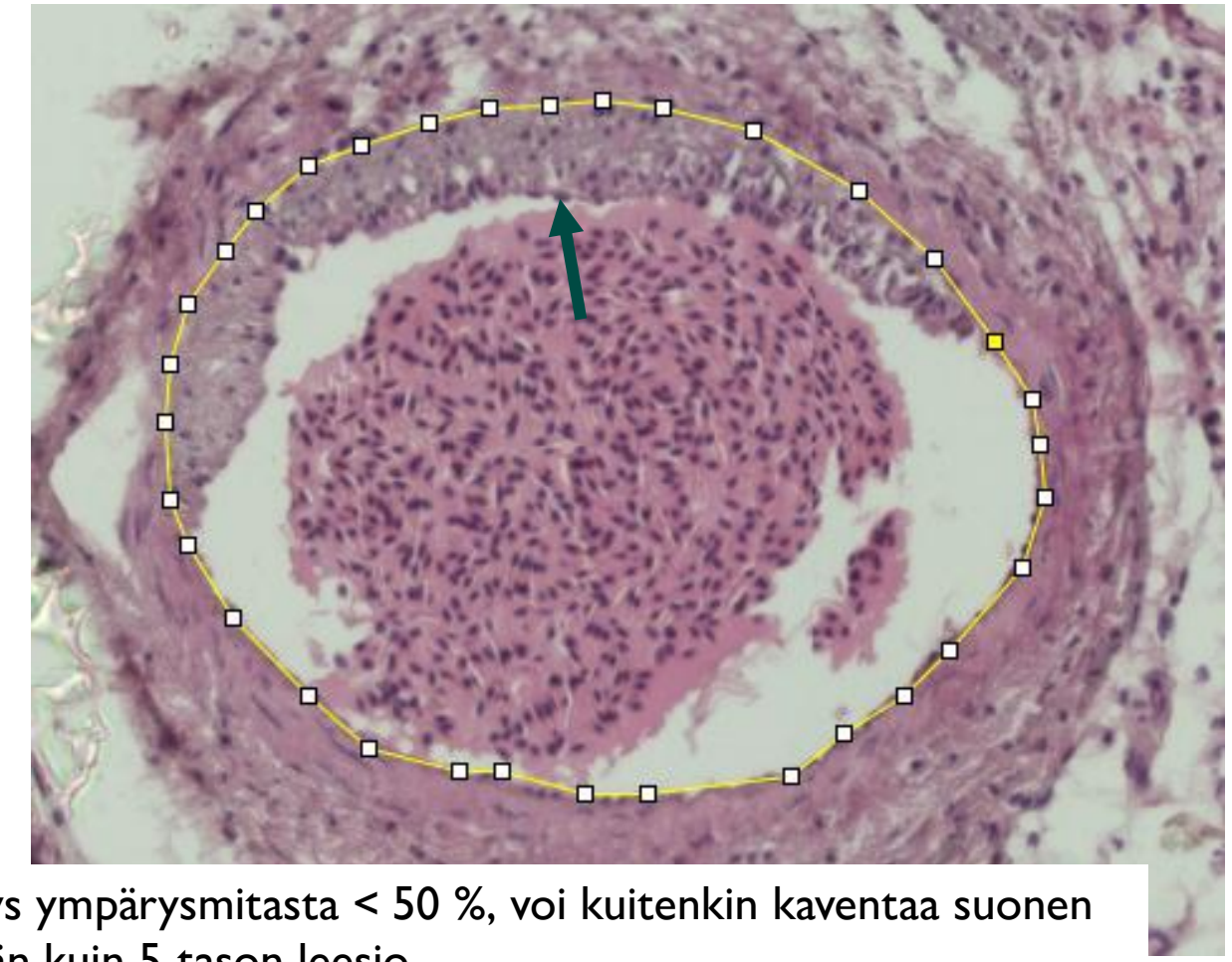
3
Yksittäinen iso leesio



RSITY
KU

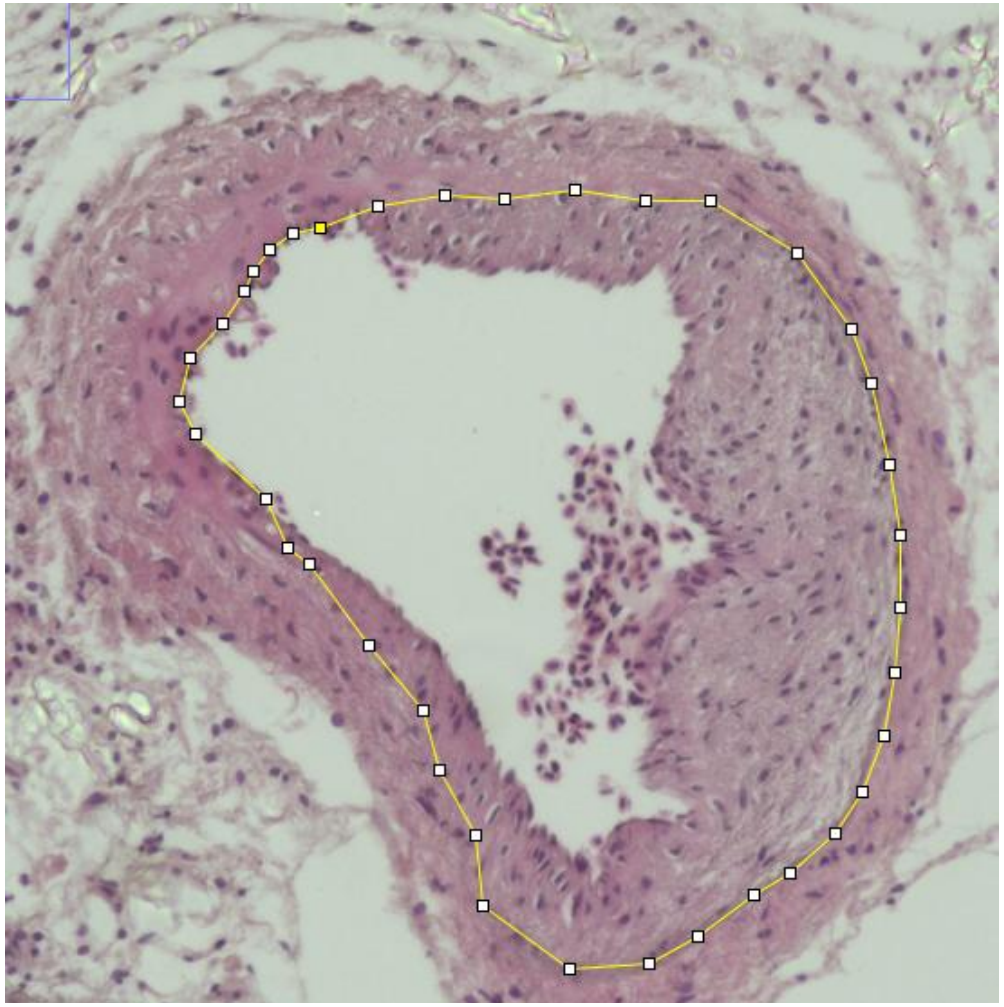
4 tason sepelvaltimoleesio

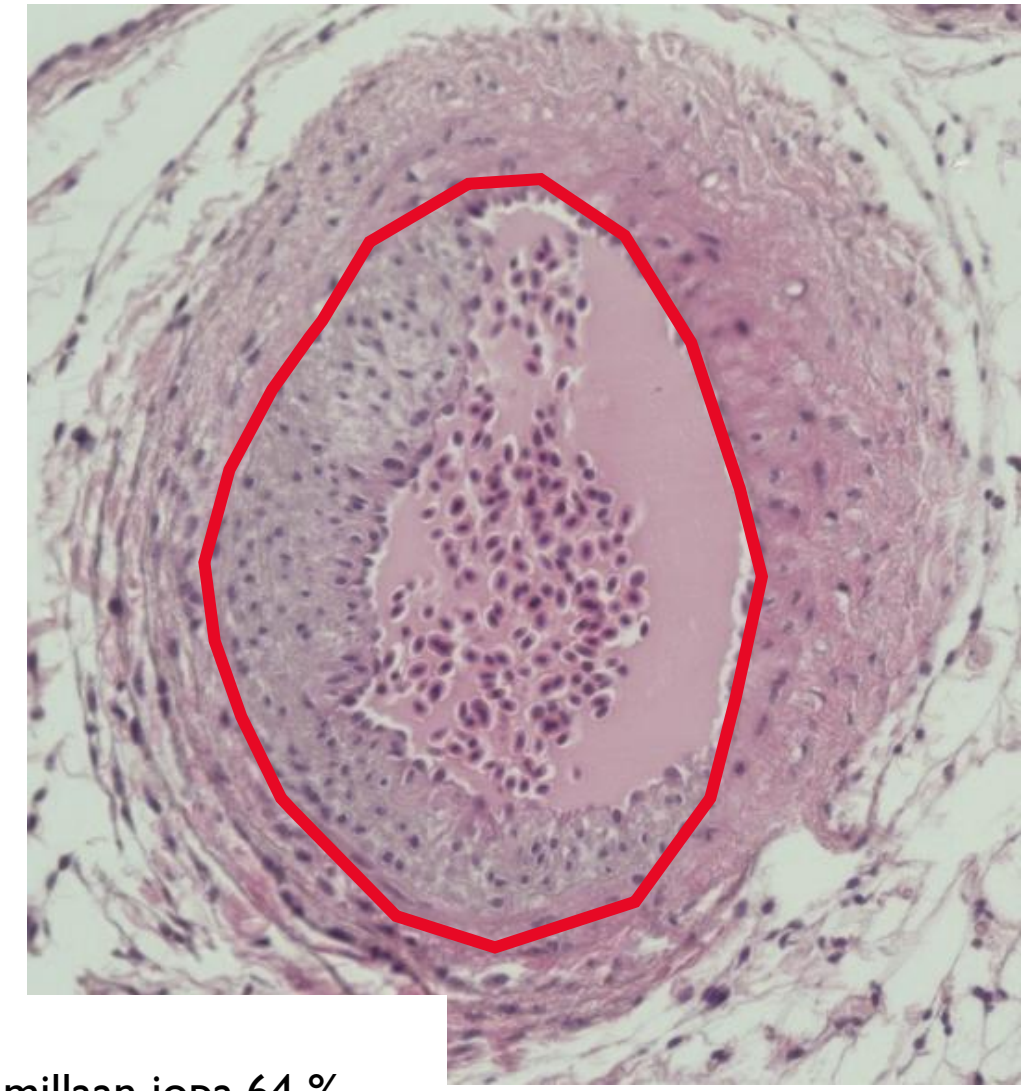




Useita erillisiä leesioita tai yhtenäinen iso mutta peittävyys ympärysmitasta < 50 %, voi kuitenkin kaventaa suonen läpileikkausta enemmän kuin 5-tason leesio

5 tason sepelvaltimoleesio

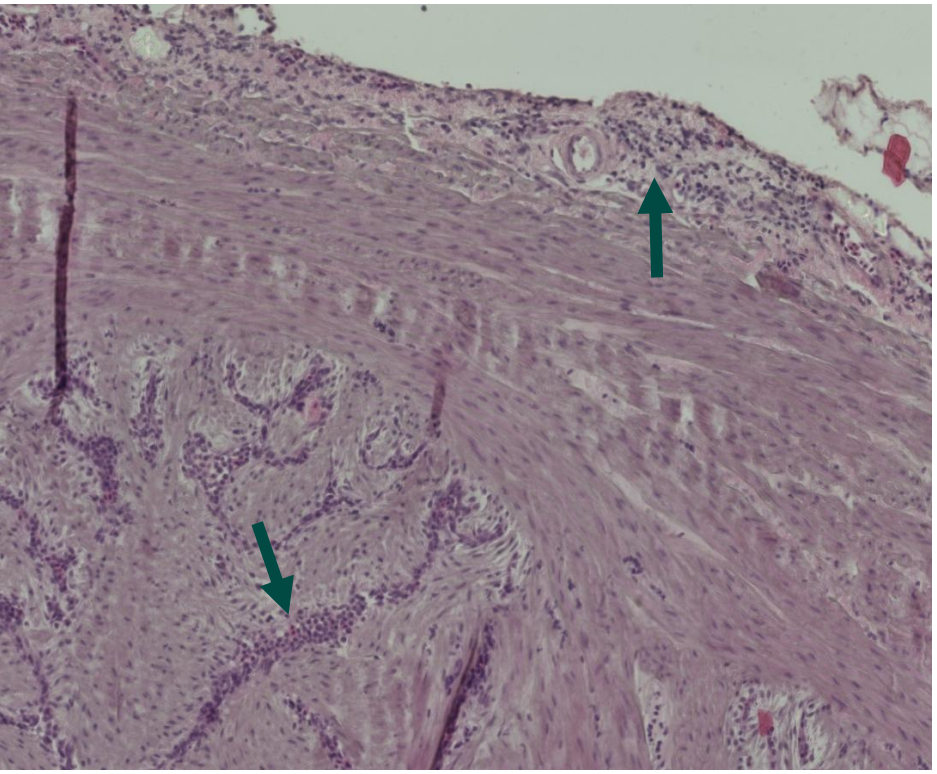


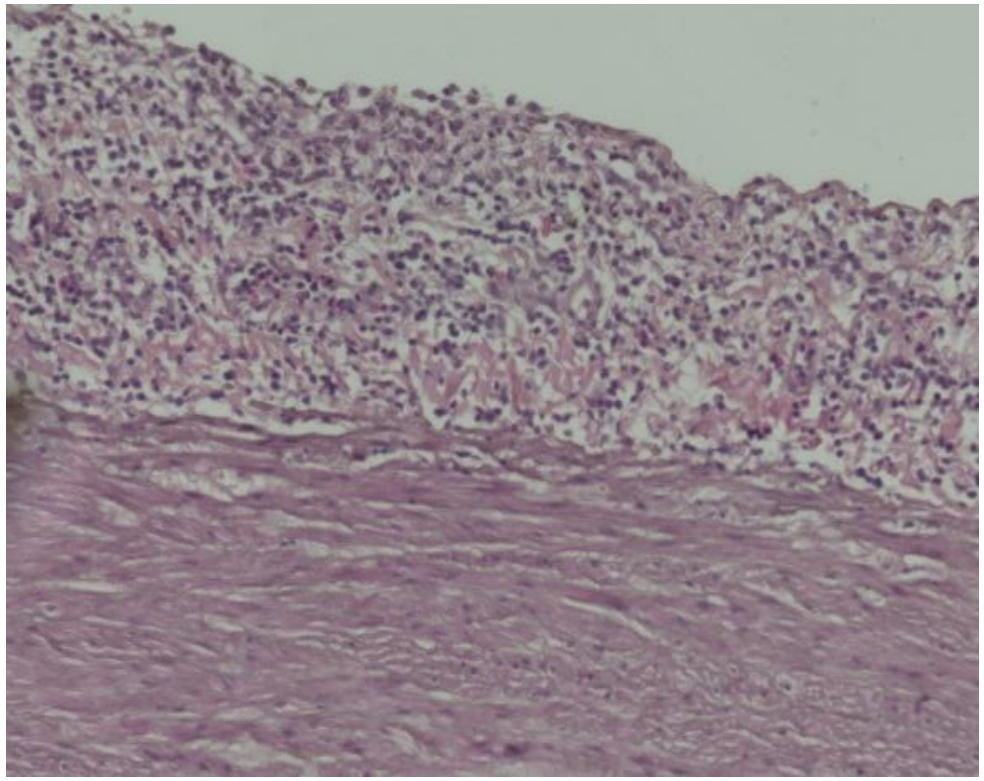


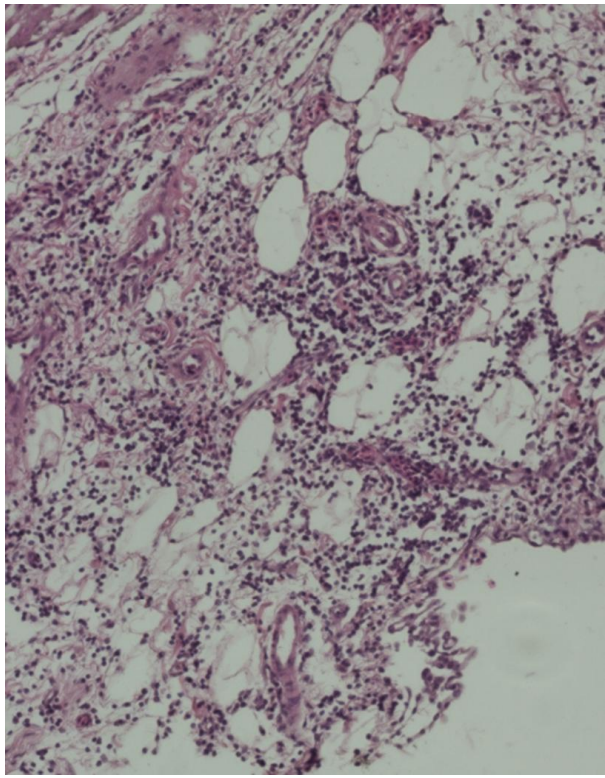
Peittävyys ympärysmitasta > 50 %
Pahimmista leesioista laskettiin myös peittävyys % - pahimmillaan jopa 64 % suonen pinta-alasta kaventunut.

UNIVERSITY OF TURKU

Epikardiitti ja endokardiitti







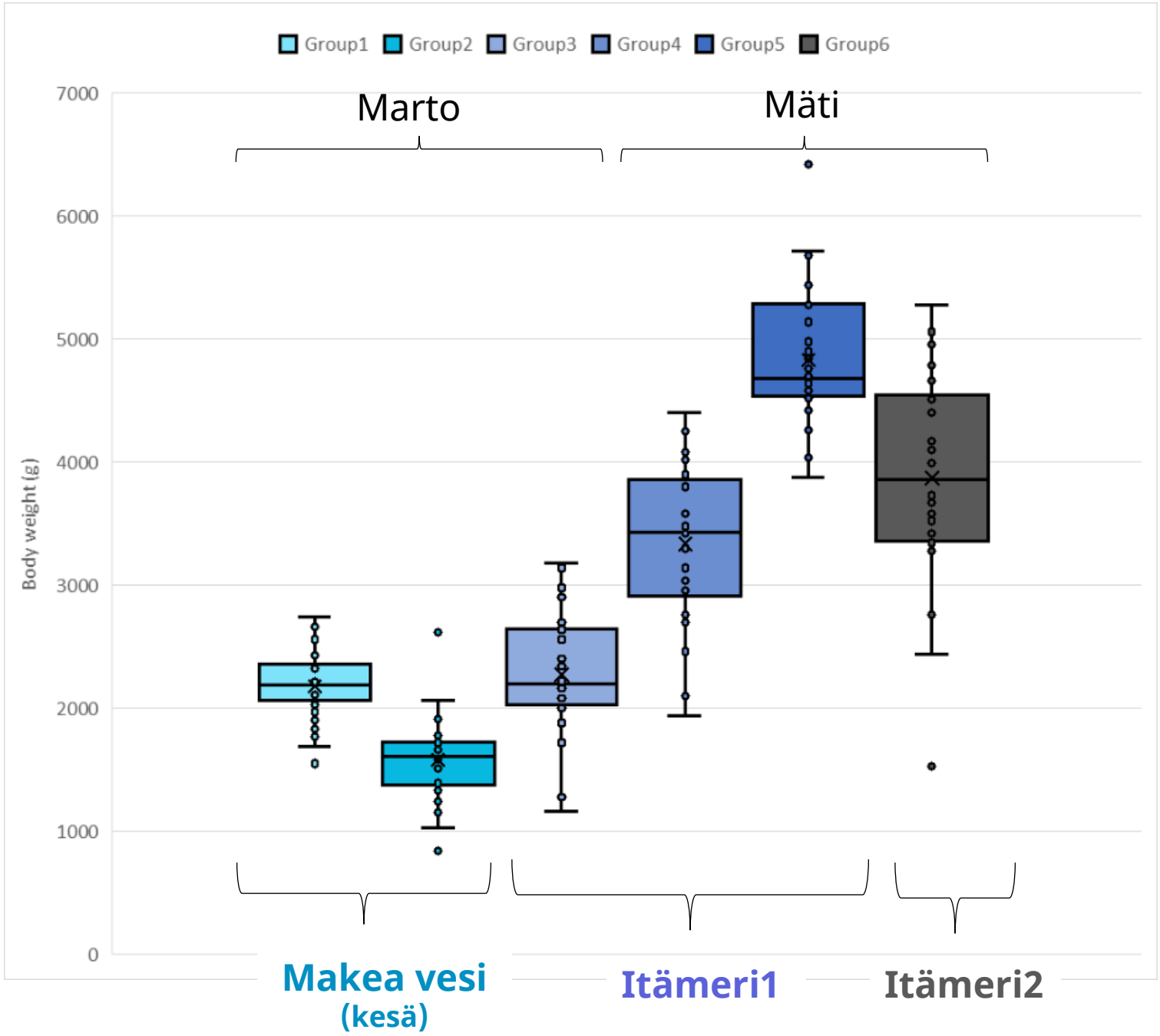
Tulehdussolujen kertymää bulbuksen pinalla ja bulbuksen kudoksissa

UNIVERSITY OF TURKU

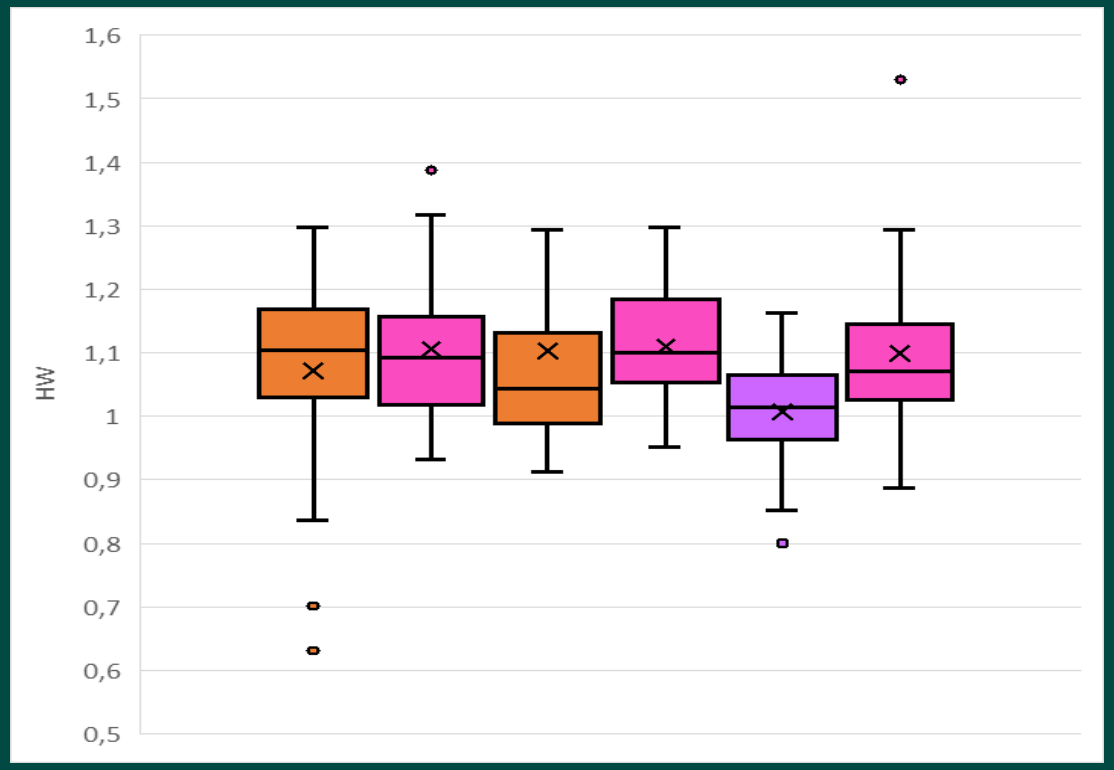
Morfometria

Ruuminkoossa on merkitseviä eroja.

Koko vaikuttaa sydämen morfologiaan.

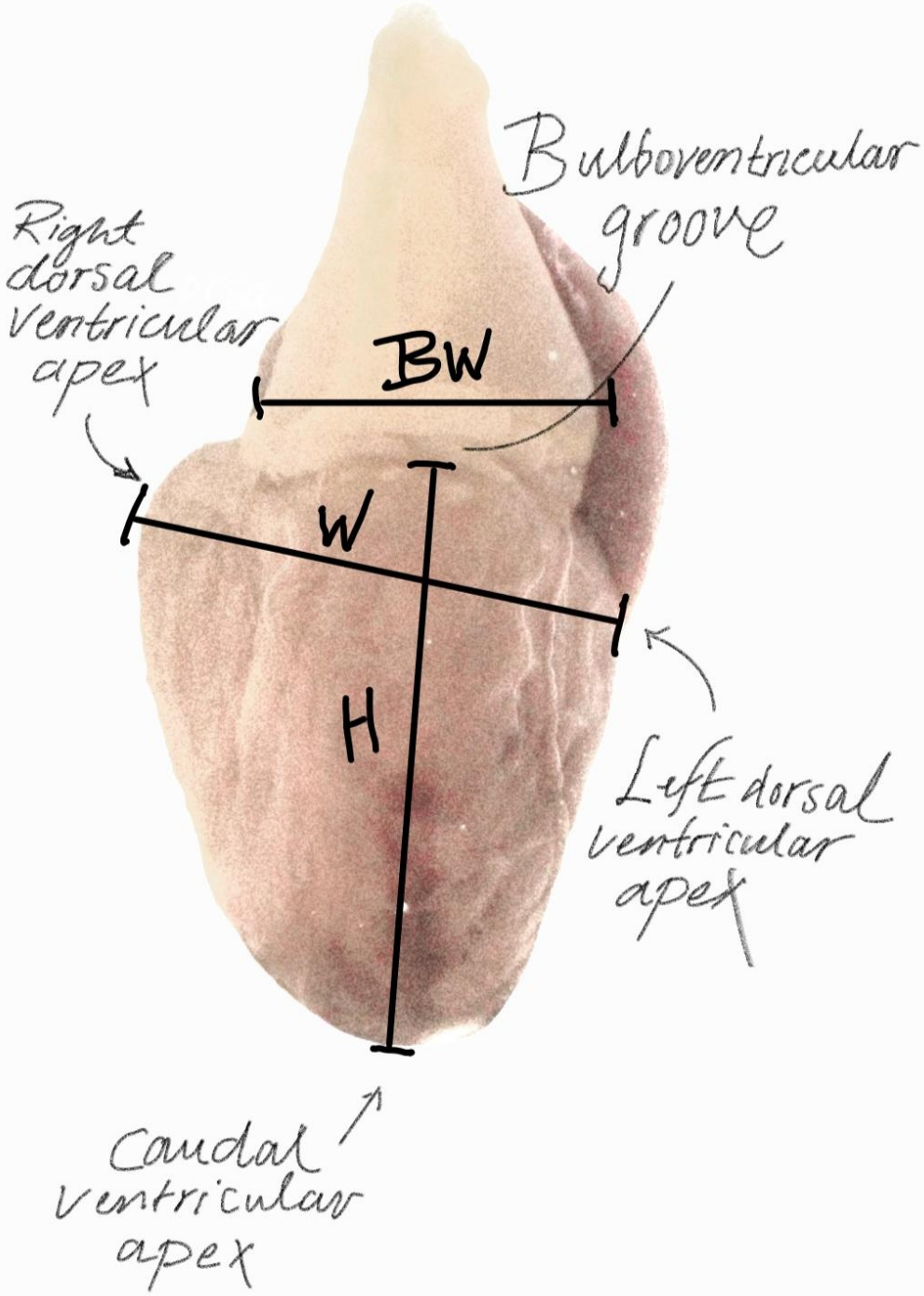


Kammion pyöreys



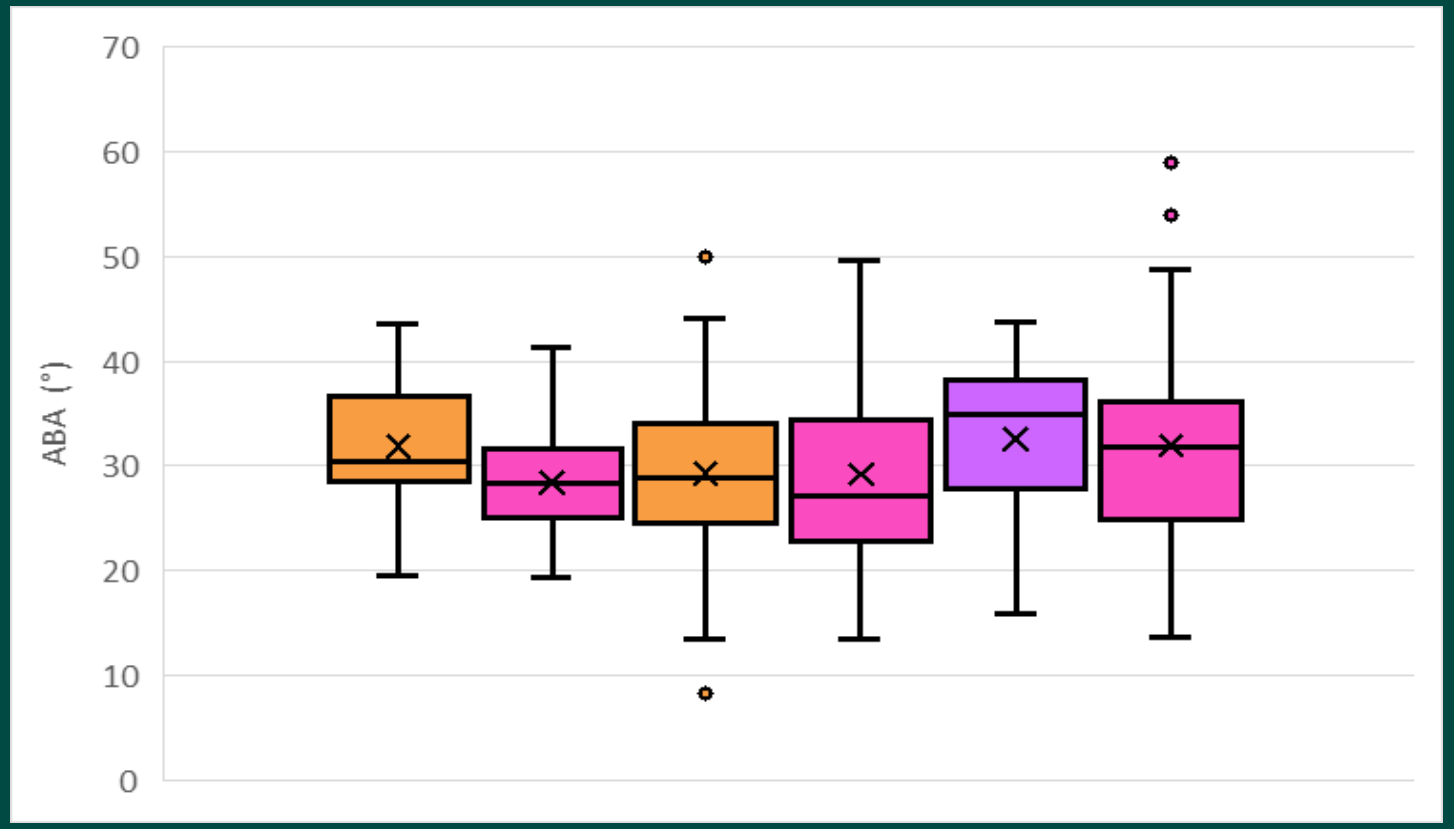
Ka = 1.0829 ± 0.1501198 (SD)

Villeillä kirjolohilla kammion korkeus-leveys suhde on tutkimusten mukaan 1,31 –Brijs ym. 2020 tutkimuksessa kasvatetuilla kirjolohilla on havaittu tämän olevan pienempi,keskimäärin 1,05 (Poppe ym. 2003., Brijs ym. 2020)

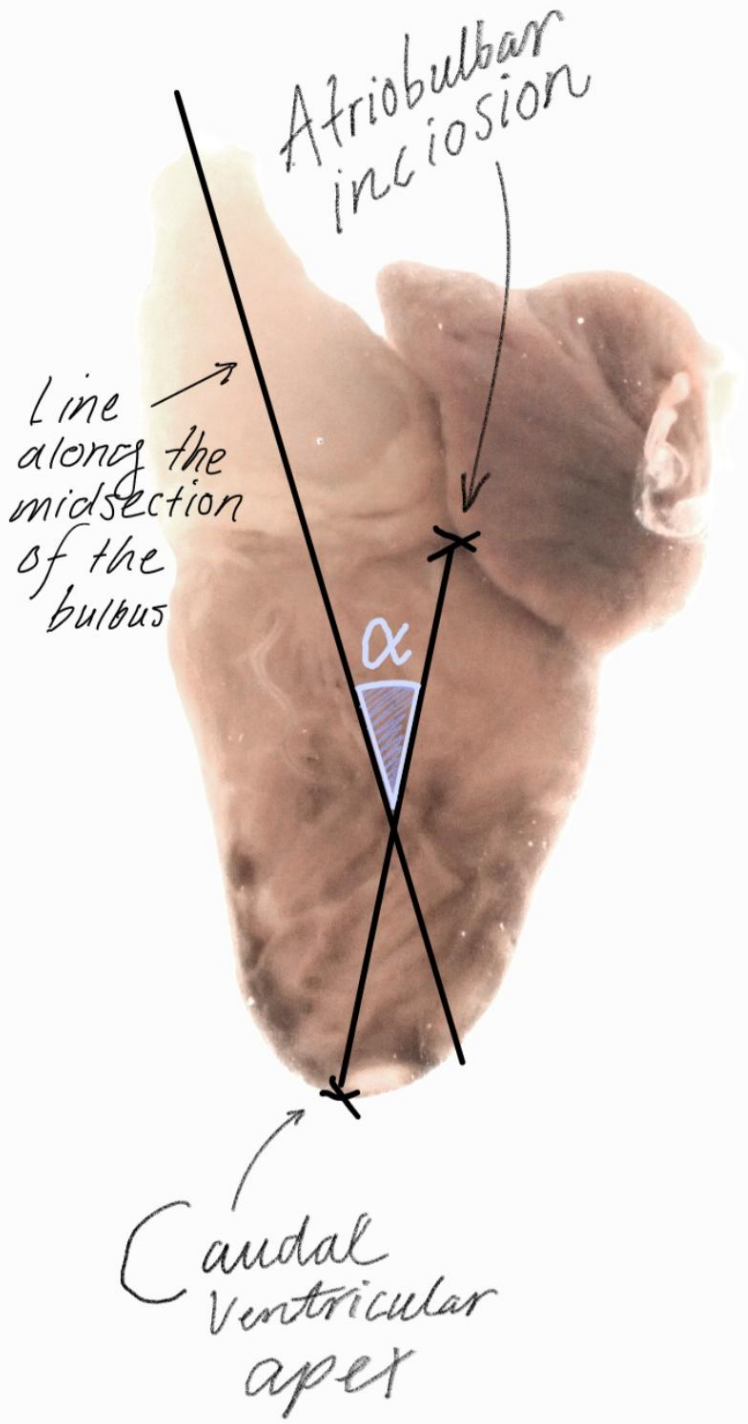


Bulbuksen kulma

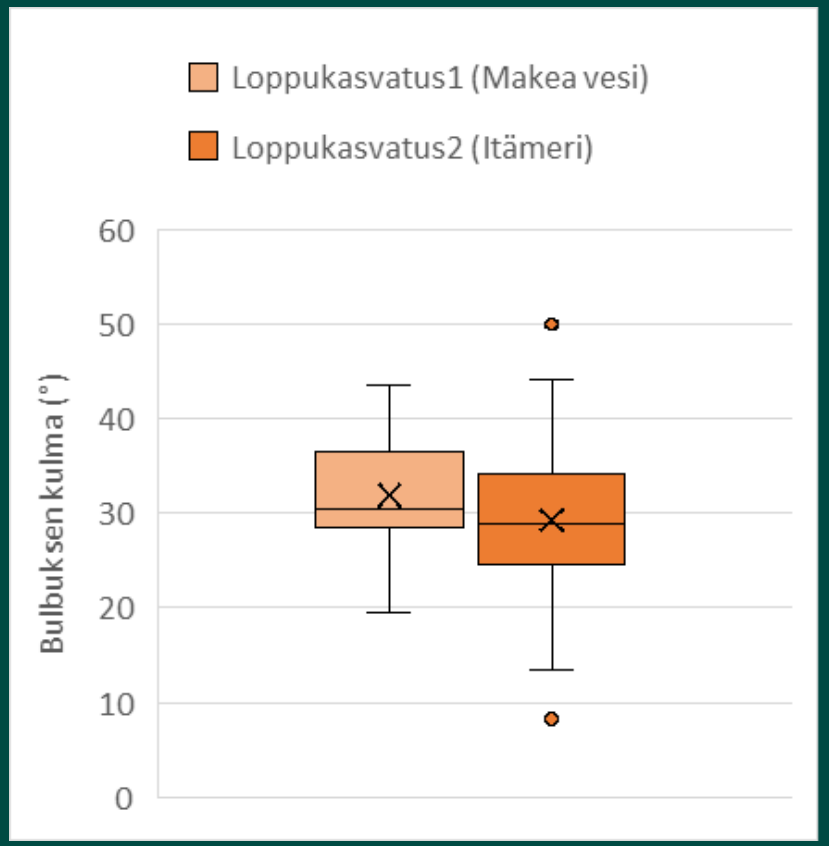
Ka = 30.5669444
± 8.1288117 (SD)



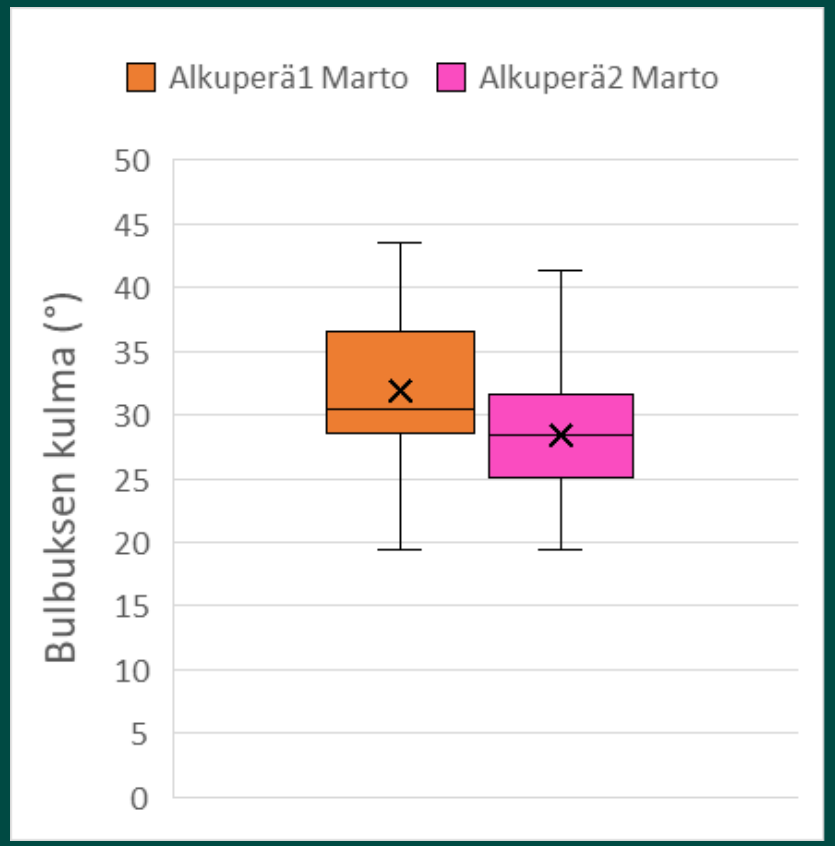
Villeillä kirjolohilla bulbuksen ja kammion kulma keskim äärin 23 astetta. Kasvatetuilla kirjolohilla kulma on 28 –31 astetta. (Brijs ym. 2020, Poppe ym.2003)



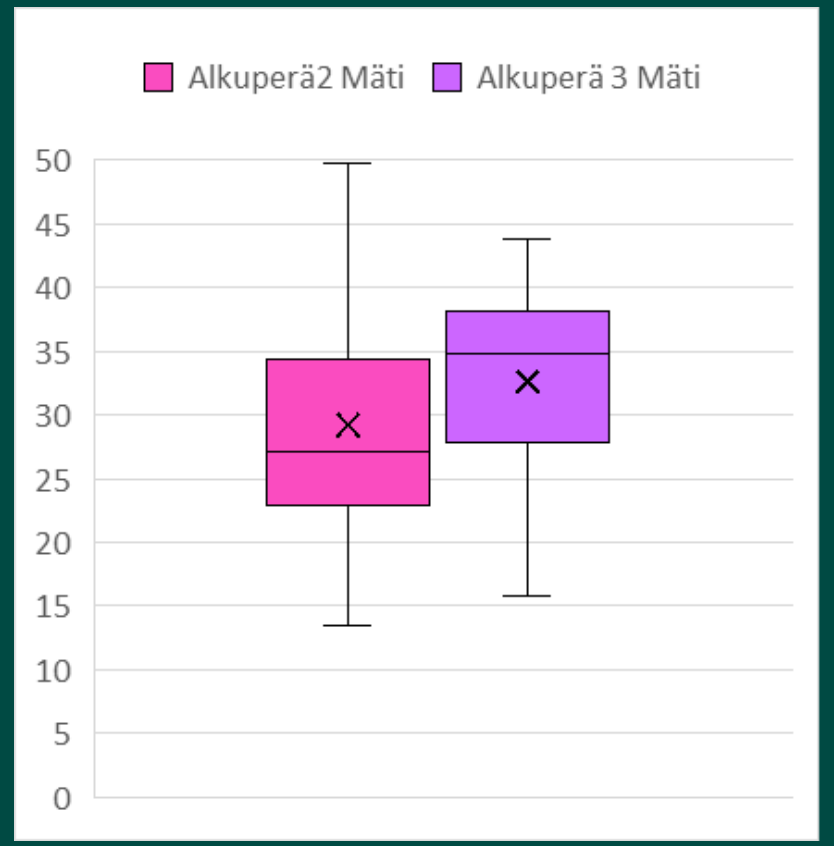
Alkuperällä saattaa olla yhteys bulbuksen kulmaan



Sama alkuperä ja jalostuslinja, mutta eri loppukasvatus
-> ei eroa



Loppukasvatus1
Eri alkuperät
-> Eroja alkuperien välillä p= 0.0179



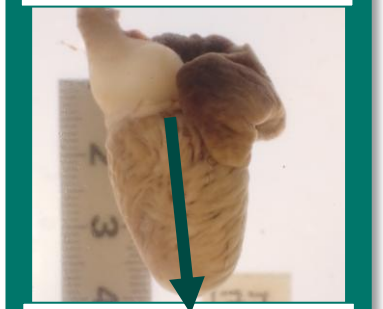
Loppukasvatus2
Eri alkuperät

UNIVERSITY OF TURKU

Kammion muotoon liittyvät morfologiset poikkeamat

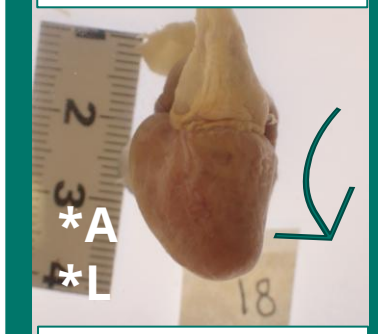
yleisimmät olivat 1. Matala vasen kammion kärki, 2. laajentunut kammion oikea kärki 3. Suurentunut kammion oikea puoli ja sisäänpäin kääntynyt kammion ventraalinen sivu

Pitkänomainen ja kapea kammio



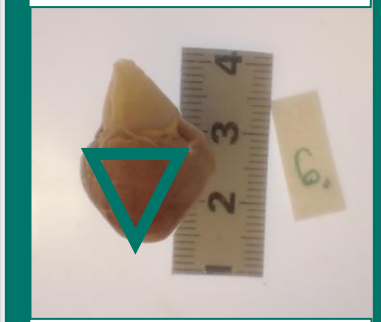
14 %

Kammio kaartuu vasemmalle



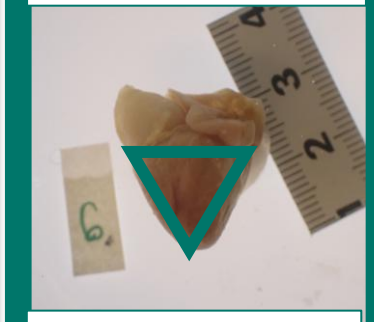
17 %

Kolmiomainen kammio edestä



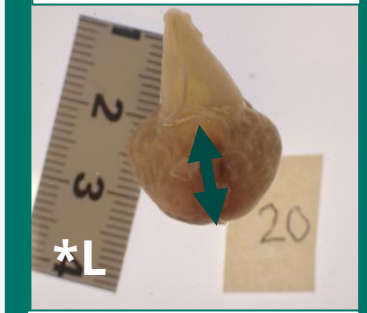
2 %

Kolmiomainen kammio sivusta



5 %

Lyhyt kammion korkeussuhde



29 %

U:n muotoinen kammio

35 %

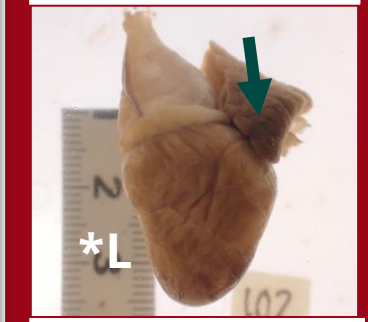
Pallon muotoinen kammio

21 %

Putkilonmainen kammio

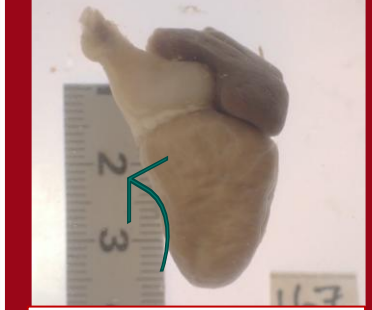
11 %

Matala vasen kammion kärki



47 %

Ventraalinen kammion sivu kääntyy sisäänpäin



38 %

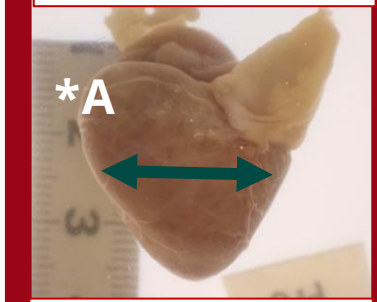
Kellon muotoinen sydän

6 %

Laajentunut kammion oikea kärki

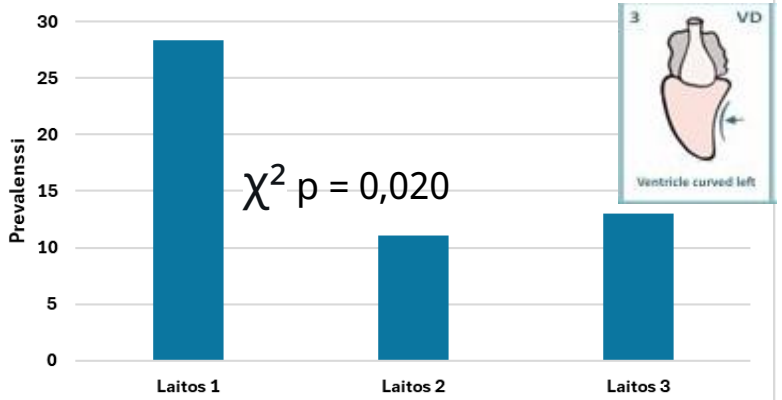
40 %

Suurentunut kammion oikea puoli verrattuna vasempaan

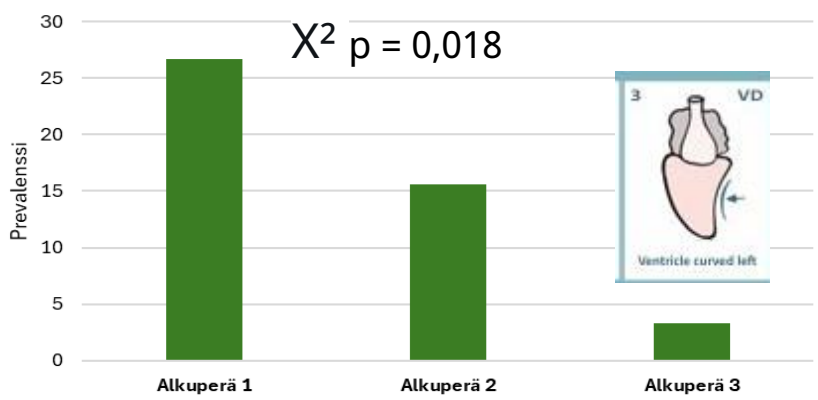


38 %

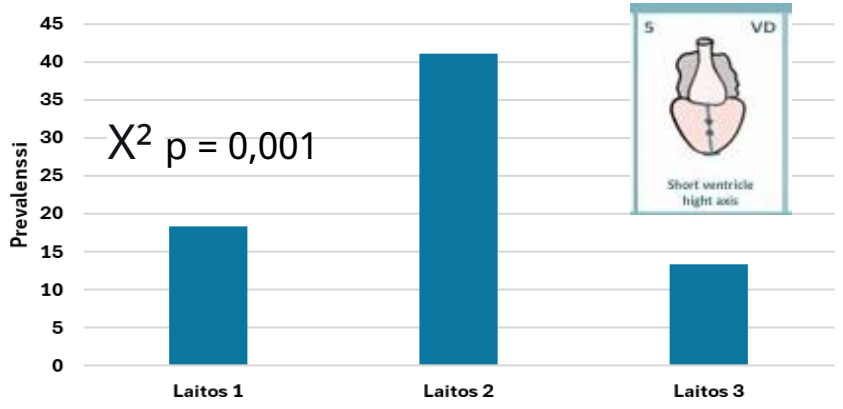
Loppukasvatus: Kammio kaareutuu vasemmalle



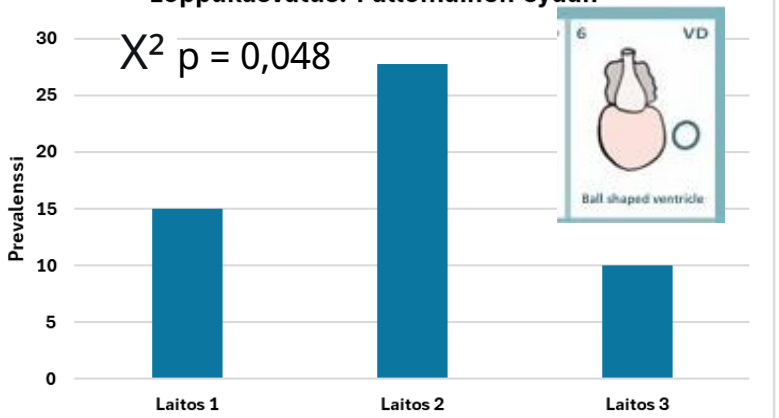
Alkuperä: Kammio kaareutuu vasemmalle



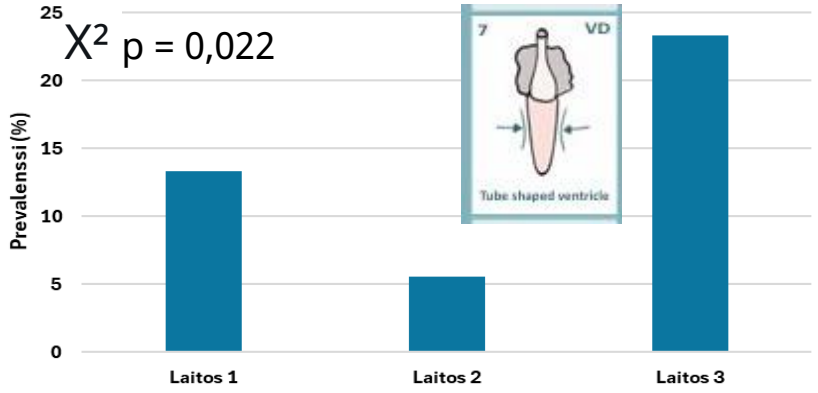
Loppukasvatus: Lyhyt kammio korkeussuhde



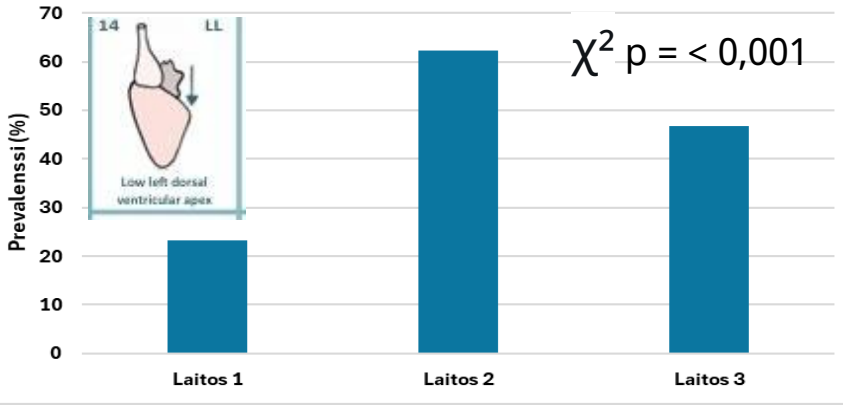
Loppukasvatus: Pallomainen sydän



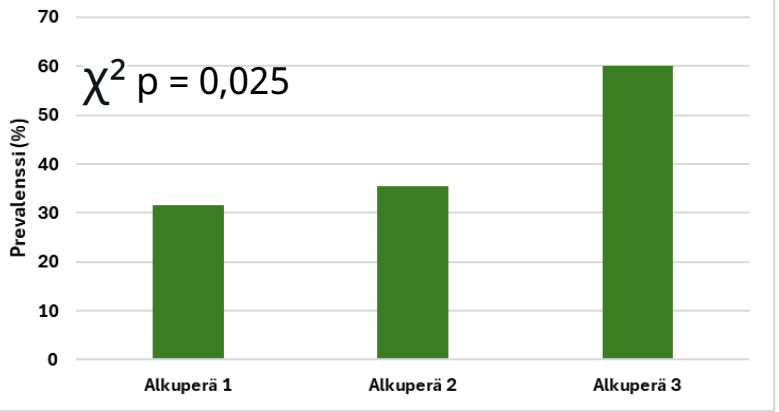
Loppukasvatus: Putkilomainen sydän



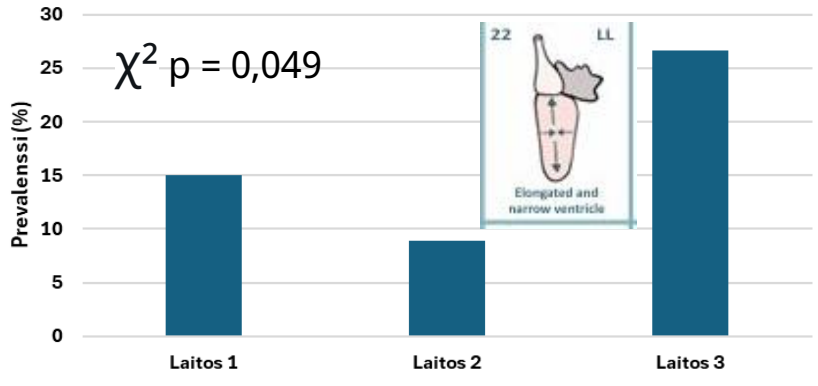
Loppukasvatus: Matala kammion vasen kärki



Alkukasvatus: Suurentunut kammion oikea puoli



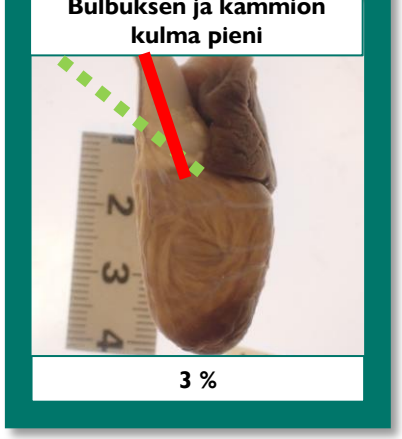
Loppukasvatus: Pitkänomainen ja kaventunut kammio

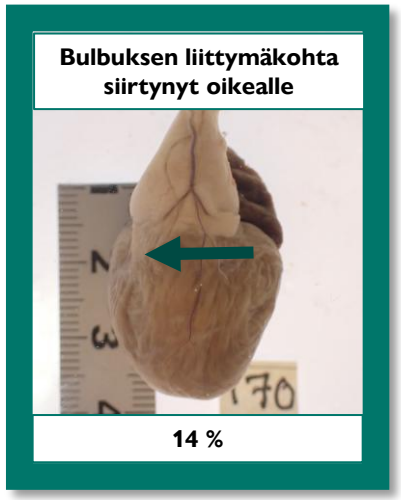


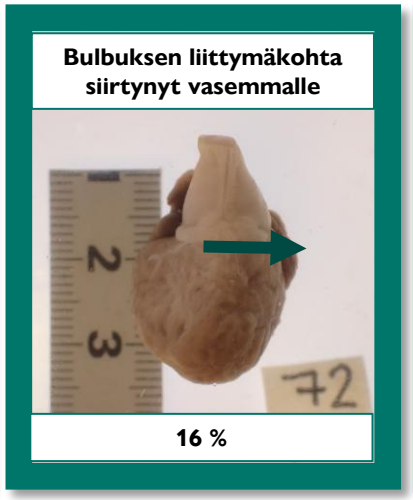
UNIVERSITY OF TURKU

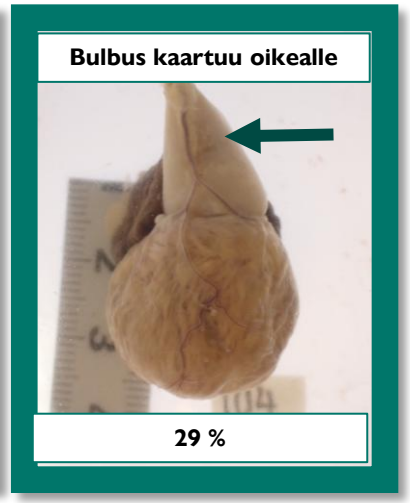
Bulbuksen sijoittumiseen ja muotoon liittyvät morfologiset poikkeamat

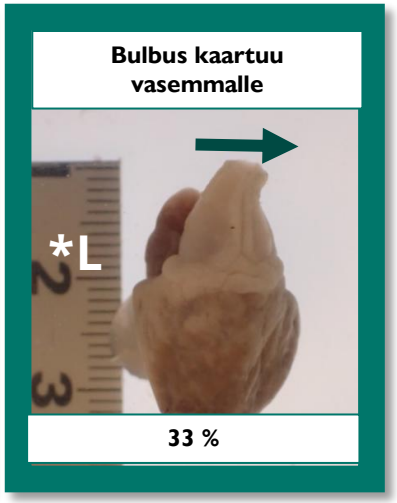
yleisimmät olivat: 1. Pullistunut bulbus 2. Vinoon sijoittunut bulbus ja 3. Dorsaalisesti kaartuva bulbus

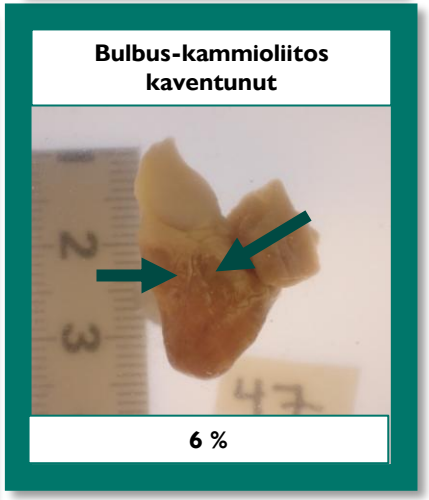


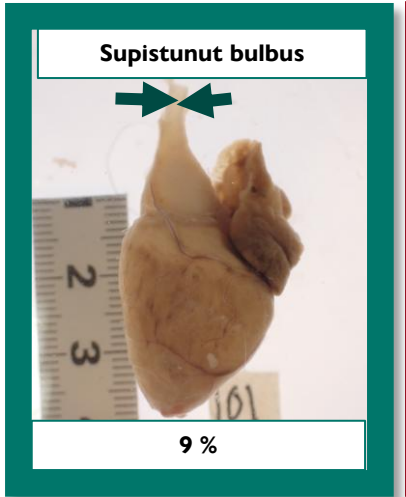


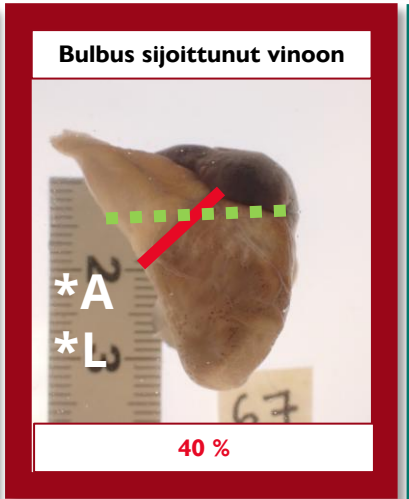


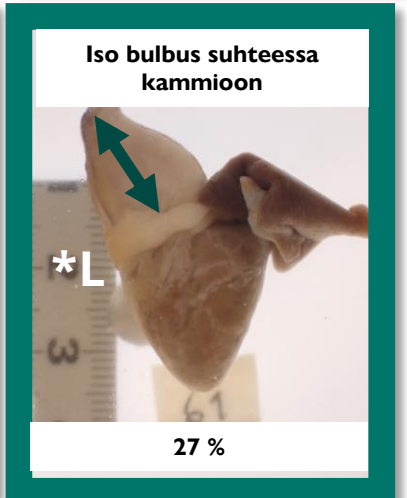


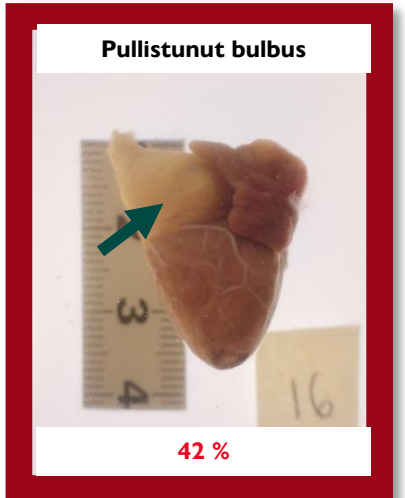




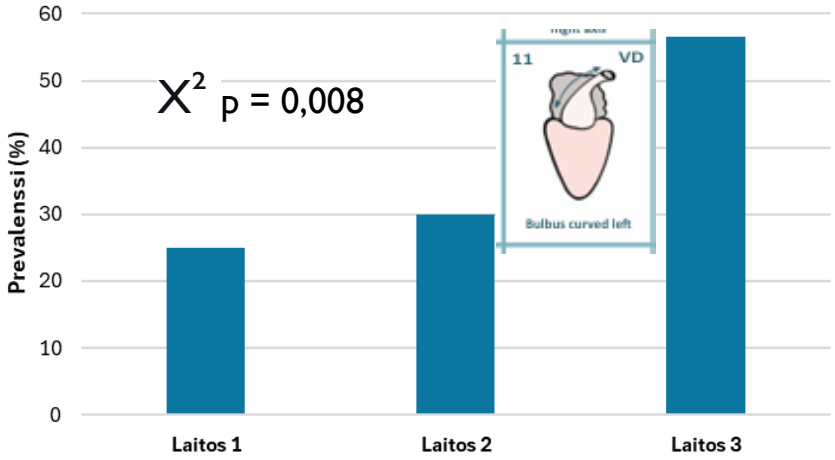




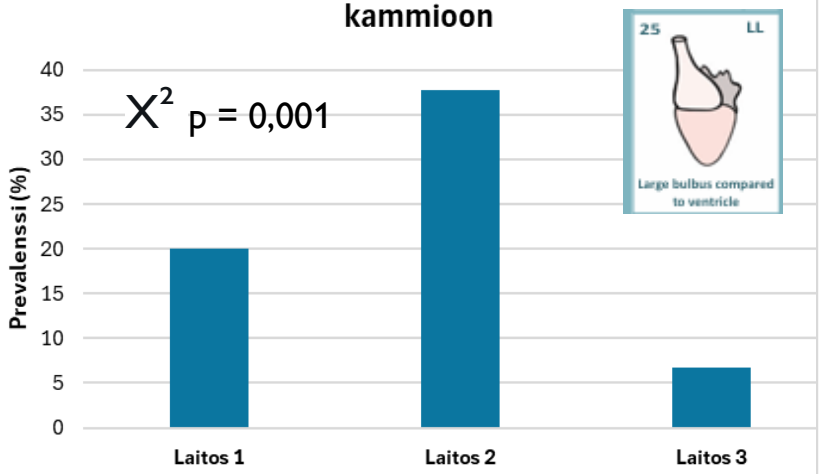




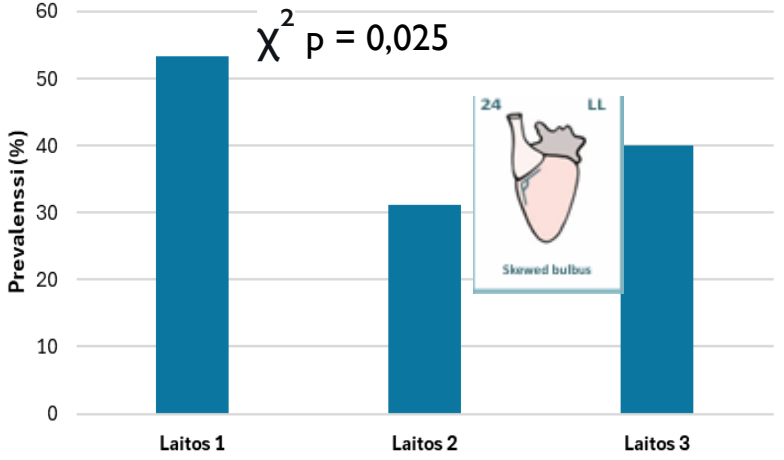
Loppukasvatus: Bulbus kaartuu vasemmalle



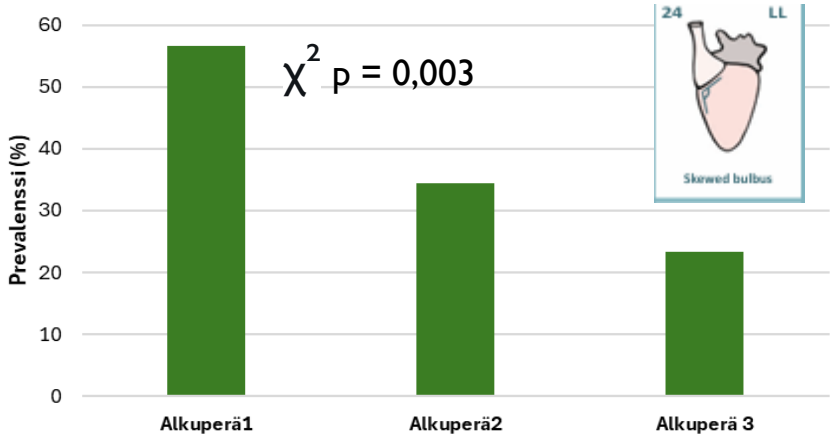
Loppukasvatus: Bulbus suuri suhteessa kammioon



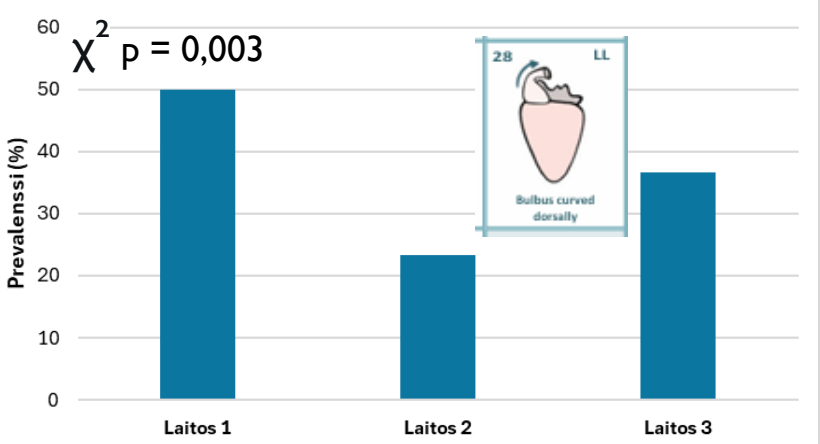
Loppukasvatus: Bulbus sijoittunut vinoon



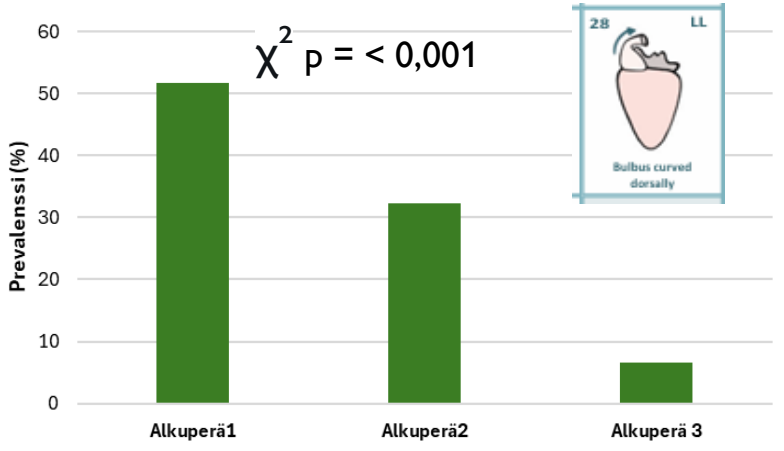
Alkuperä: Bulbus sijoittunut vinoon



Loppukasvatus: Bulbus kääntyy dorsaalisesti



Loppukasvatus: Bulbus kääntyy dorsaalisesti



UNIVERSITY OF TURKU

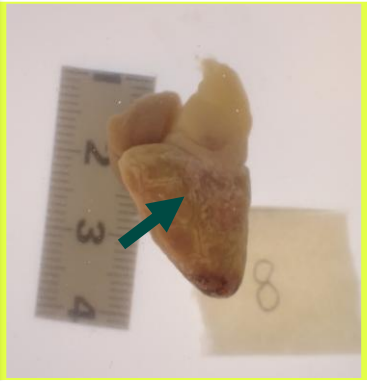
Rasvan sijoittumiseen liittyvät morfologiset muuttujat

Normaalia energiareserviä osaksi – 92 % kaloista rasvaa bulbuksen ja kammion liittymäkohdaksi
Liiallisella rasvoittumisella voi olla kuitenkin vaikutuksia sydänterveyteen - muilla eläimillä havaittu riskiksi

Ylenmääräinen rasva

26 %

Rasvaa kammion pinnalla



25 %

Rasvakertymää bulbuksen pinnalla

56 %

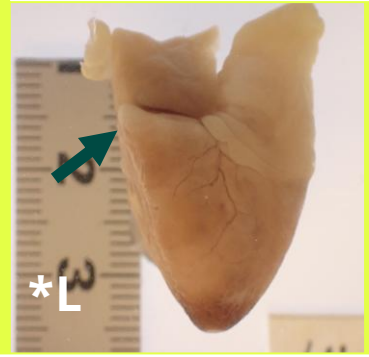
Rasvaa bulbus-kammioliitoksessa

92 %

Rasva peittää sepelvaltimot

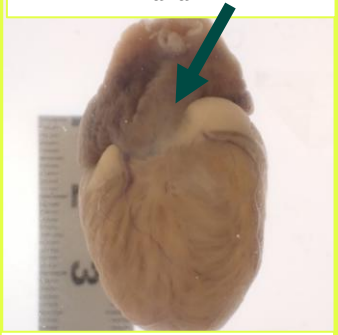
54 %

Rasvakertymää kammion dorsaalisessa kärjessä



14 %

Rasvakertymää atriumin alla



46 %

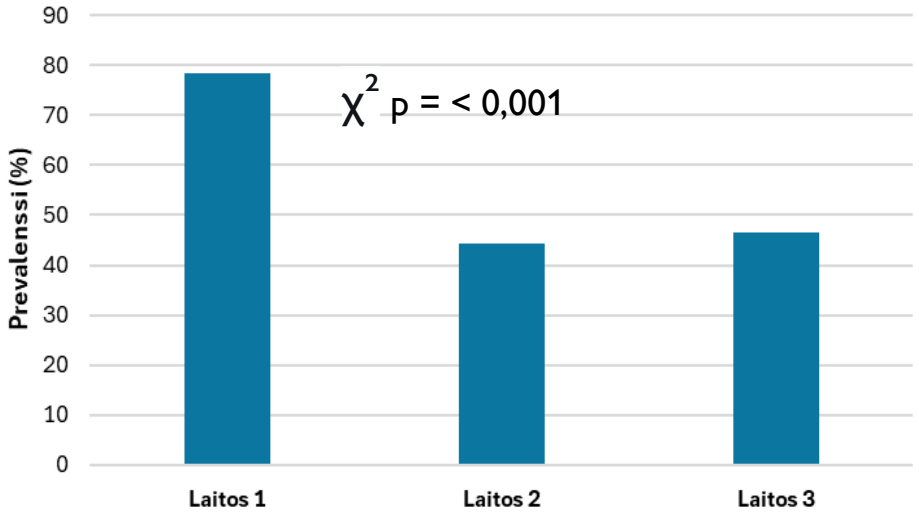
Rasvakertymää kammion kaudaalisessa kärjessä

3 %

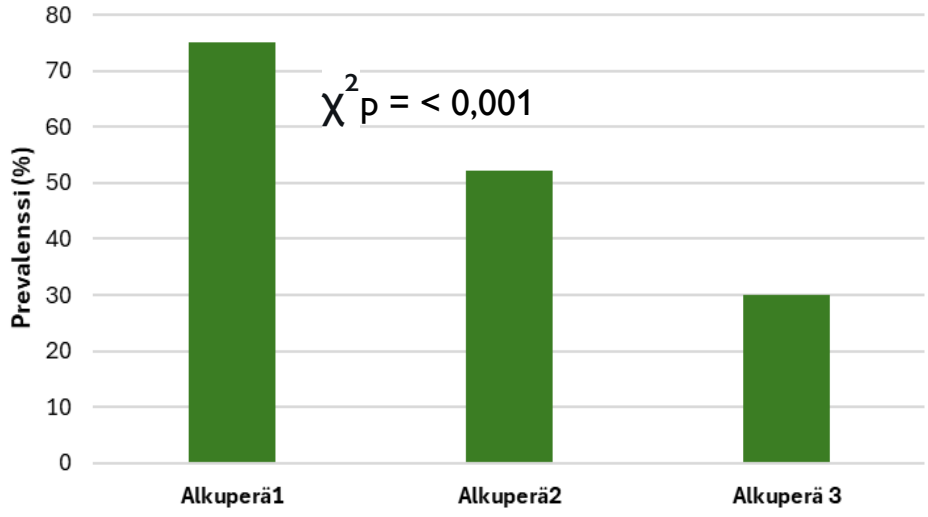
UNIVERSITY OF TURKU

34 %

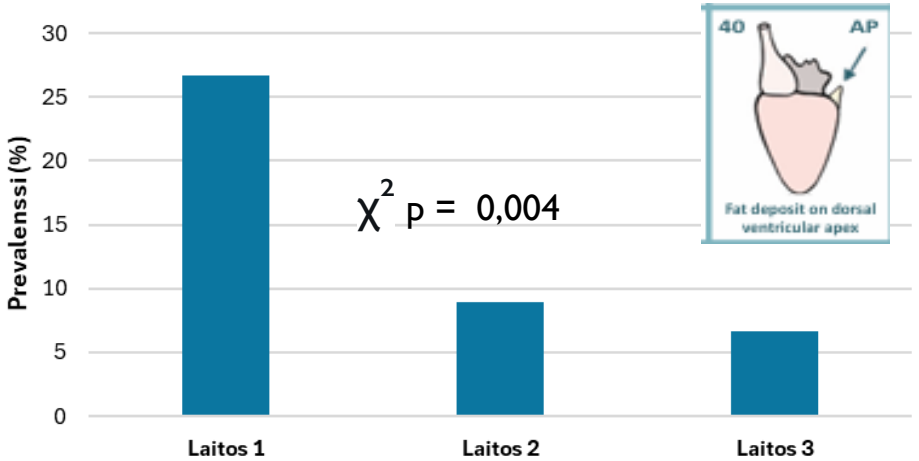
Loppukasvatus: Rasvakertymää bulbuksessa



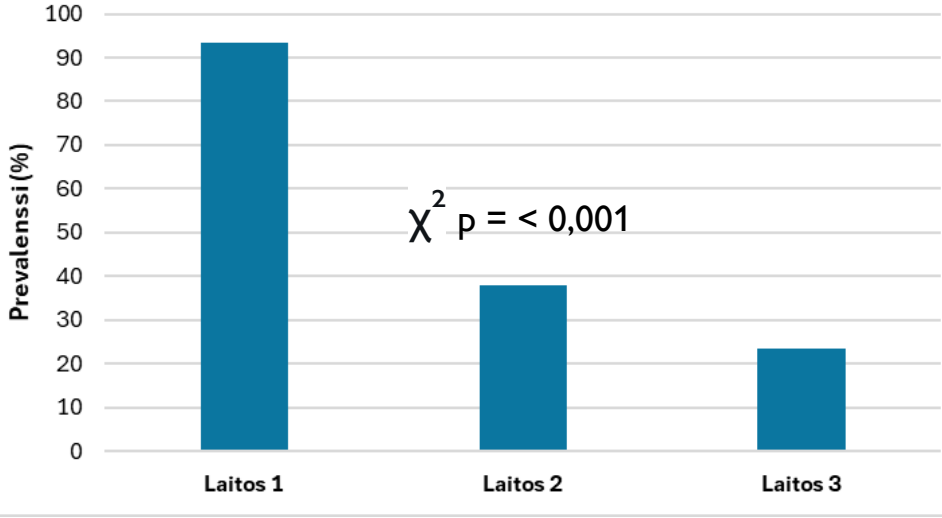
Alkuperä: Rasvakertymää bulbuksessa



Loppukasvatus: rasvakertymää kammion dorsaalisissa kärjissä



Loppukasvatus: Rasva peittää sepelvaltimot



UNIVERSITY OF TURKU

Sepelvaltimoiden leesiot

6 kalaryhmästä 8 kalaa histologiaan/ryhmä (kaikki ei onnistunut --> n = 47)

koko aineistossa 93,6 % tutkituista kaloista esiintyi sepelvaltimoleesioita (kaikkia vakavuus luokkia 1 – 5)

Sepelvaltimoindeksi: kaikkien saman yksilön sepelvaltimoleikkeiden pisteytyksen keskiarvo (0-5).

Koko aineistossa keskiarvo oli 2

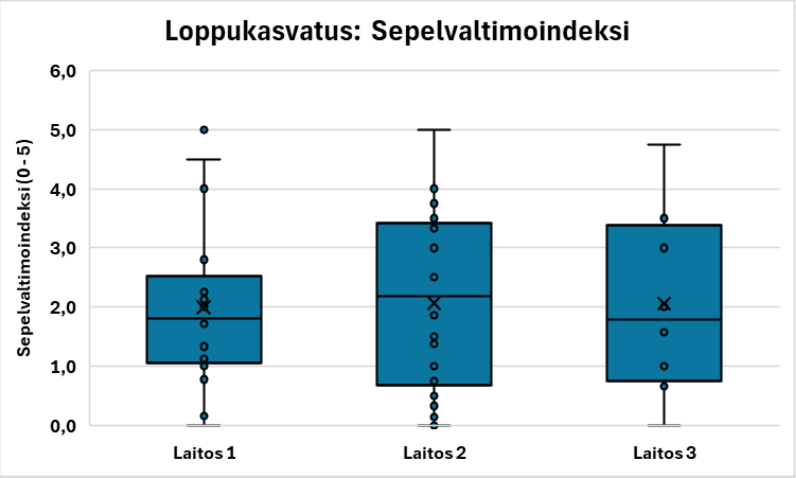
Leesioiden prevalenssi: kuinka suuressa osassa saman yksilön sepelvaltimoleikkeessä ilmeni leesioita

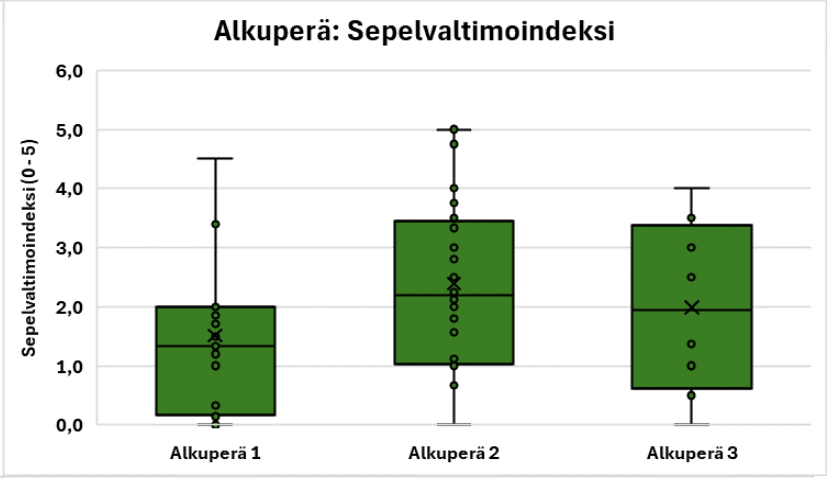
Keskimäärin 54 % tutkituista sepelvaltimoista/kala esiintyi ateroskleroosia

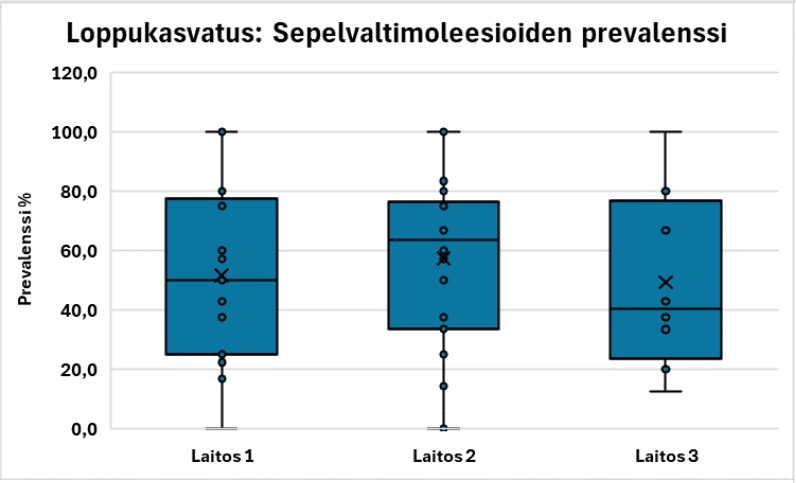
Epikardiitti bulbuksen pinnalle prevalenssi %

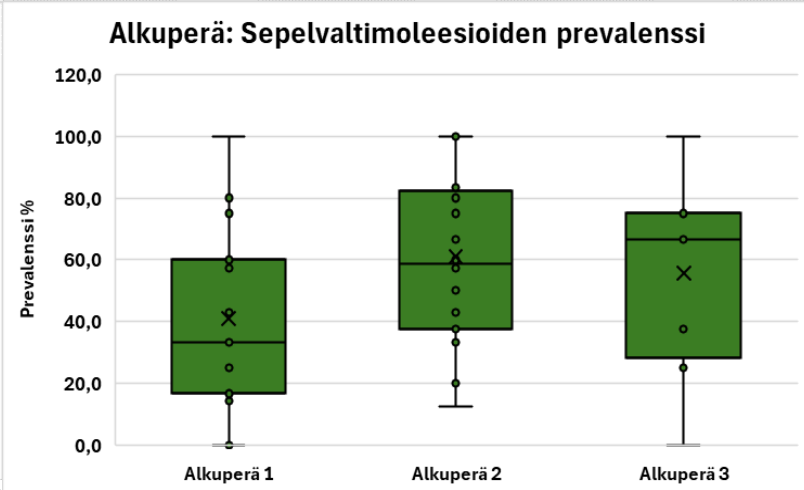
Koko aineistossa 46 % kaloista esiintyi tulehdusta

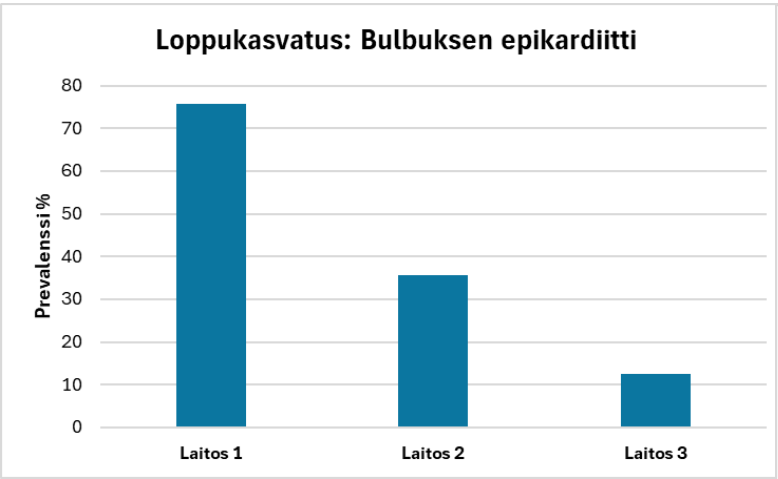
UNIVERSITY OF TURKU

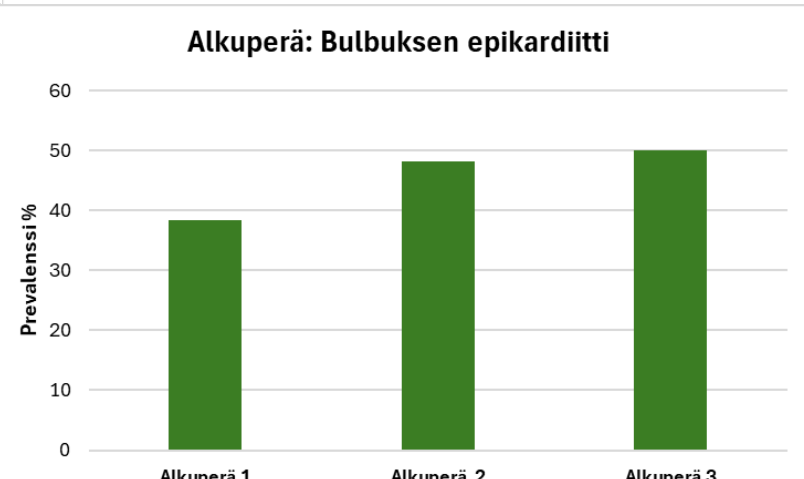












Loppu- ja alkukasvatuksessa ei eroja sepelvaltimoindeksissä

Sepelvaltimoiden prevalenssi erosi alkuperän suhteen merkitsevästi (p=0,049, Kruskal Wallis)

Bulbuksen epikardiittiin näyttäisi vaikuttavan enemmän loppukasvatuspaikka kuin alkuperä.

UNIVERSITY OF TURKU

Yhteenveto

- Loppukasvatusympäristöjen välillä oli useammin eroa sydämen visuaalisisti arvioiduissa morfologisissa muuttujissa kuin kalojen alkuperien välillä.
- Alkukasvatuspaikalla yhteys kammion epäsymmetriaan ja bulbuksen kaartumiseen dorsaalisesti ja mahdollisesti bulbuksen kulmaan.
  - Taustamuuttujia ei ole vielä huomioitu tilastoanalyyseissä.
  - Eroja voi aiheuttaa: virtaus ja kasvatuspaikan olosuhteet, ruokintamenetelmät, stressi, lämpötilaolosuhteet.
- Ateroskleroosin esiintyvyys vastasi aikaisempia tutkimuksia (> 92 % Brijs ym 2020)
- Bulbuksen kulma ja kammioiden korkeus-leveyssuhde vastaavat aikaisempia havaintoja (Brijs ym. 2020)
- Ei voida sanoa, mitkä ympäristötekijät vaikuttavat morfologisten ominaisuuksien kehittymiseen ja mitä merkitystä morfologisilla variaatioilla on kalojen hyvinvoinnin kannalta.

UNIVERSITY OF TURKU

Kiitos!

Euroopan unionin osarahoittama