



# Grunnleggende hjerte- og sirkulasjonsbiologi hos laks og regnbueørret

FHF dialogmøte - Med hjerte for oppdrettsfisken | 09.03.2026

Alf Seljenes Dalum,  
Histopatolog,  
Pharmaq Analytiq

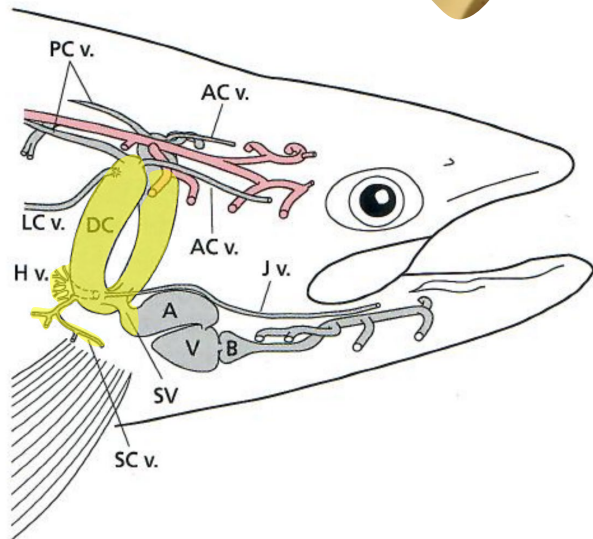




Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

# Sinus venosus

Hoved-drenasje av blod fra systemisk sirkulasjon til hjertet  
- *vena cardinalis communis*/ Duct of Cuvier og *vv. hepaticae*



Bildet hentet fra «Circulatory system» av K.R. Olsen, i  
«The laboratory fish», G.K. Ostrander (ed.), 2000



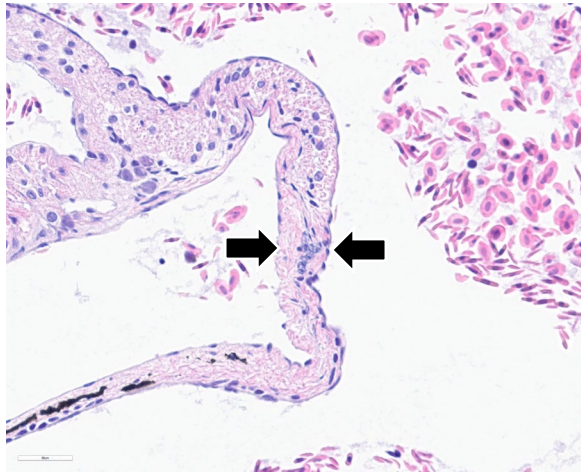
Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

# Sinus venosus



Hoved-drenasje av blod fra systemisk sirkulasjon til hjertet  
- *vena cardinalis communis* og *vv. hepaticae*

Tynnvegget kammer med spredte  
trabekler av hjertemuskulatur



Histologi av veggen av sinus venosus



Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

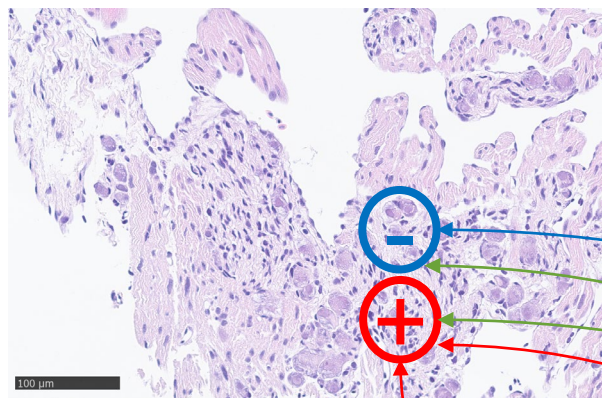
# Sinus venosus



Hoved-drenasje av blod fra systemisk sirkulasjon til hjertet  
- *vena cardinalis communis* og *vv. hepaticae*

Tynnvegget kammer med spredte trabekler av  
hjertemuskulatur

Sinoatrial knute: pacemaker



Histologi av sino-atreale knute i  
veggen av sinus venosus.

Parasympaticus  
(cholinerg) via *n. vagus*

Temperatur, O<sub>2</sub>, etc.

Sympaticus (adrenerg)

Adrenalin og  
noradrenalin  
fra suprarenale legemer



Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

# Sinus venosus

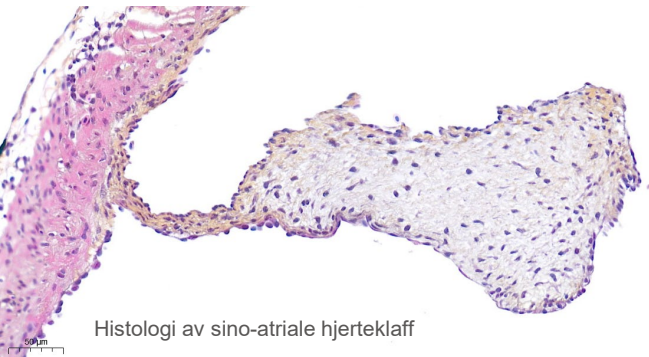


Hoved-drenasje av blod fra systemisk sirkulasjon til hjertet  
- *vena cardinalis communis* og *vv. hepaticae*

Tynnvegget kammer med spredte trabekler av  
hjertemuskulatur

Sino- atrial knute: pacemaker

Blod overføres til atrium gjennom sino-atrial hjerteklaff

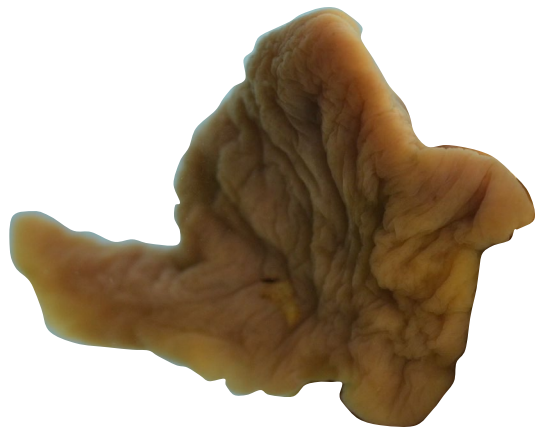


Histologi av sino-atriale hjerteklaff





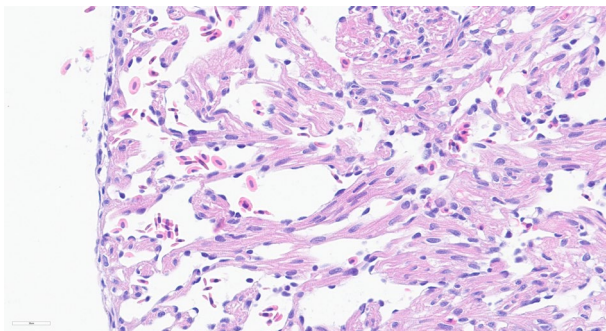
# Atrium - hjerteforkammer



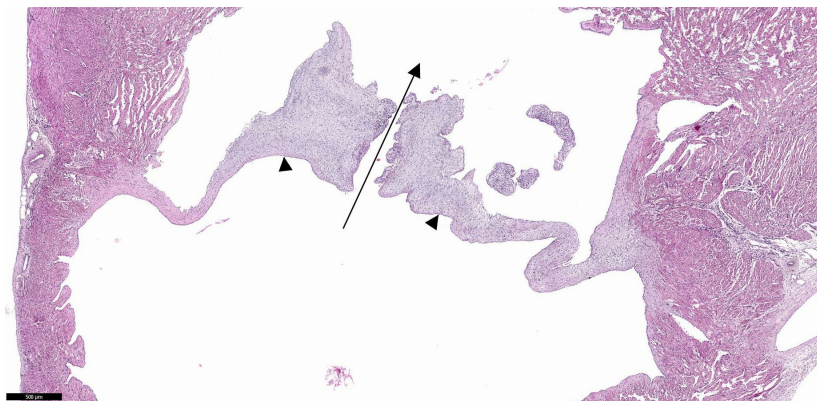
Relativt tynnvegget kammer med tett forekomst av trabekler av hjertemuskulatur

Hos enkelte arter er endokardet i atrium høyere enn i ventrikkel hvor endotelcellene innehar fagocytterende egenskaper

Blod overføres til ventrikkel gjennom atrio-ventrikulær hjerteklaff



Histologi av veggen av atrium



Atrio-ventrikulære hjerteklaff

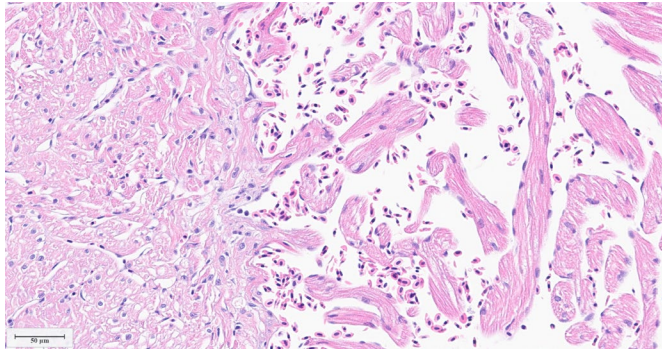




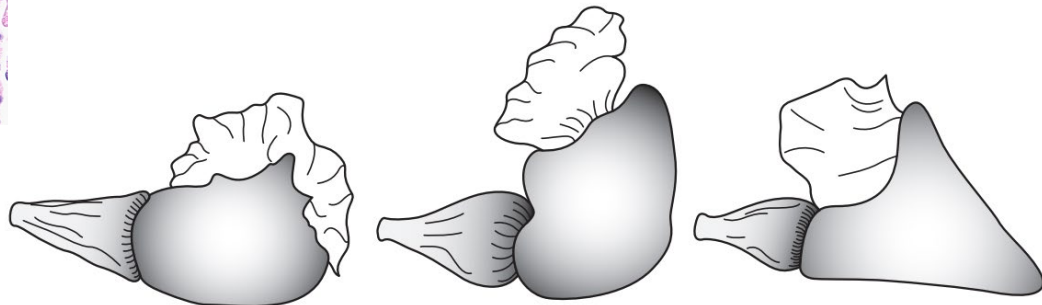
# Ventrikkel



- Hoved-pumpe, og rikt muskel-satt, men stor variasjon i muskelveggens oppbygning, form og blodforsyning:
  - Formen på ventrikkel kan anta sekkeformet, tubulær eller pyramidal fasong
- **Stratum spongiosum:** indre lag hvor trabeklene er typisk tykkere enn i atrium, men ellers lik oppbygning
  - Finnes hos alle arter

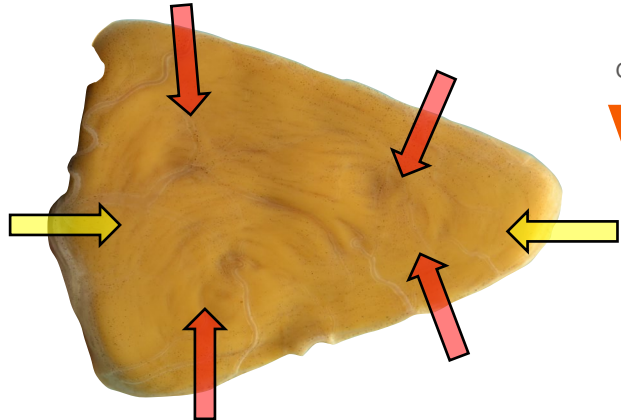


Histologi av veggen av ventrikkel med overgang mellom kompakt (str. compactum) og spongios (str. spongiosum) del

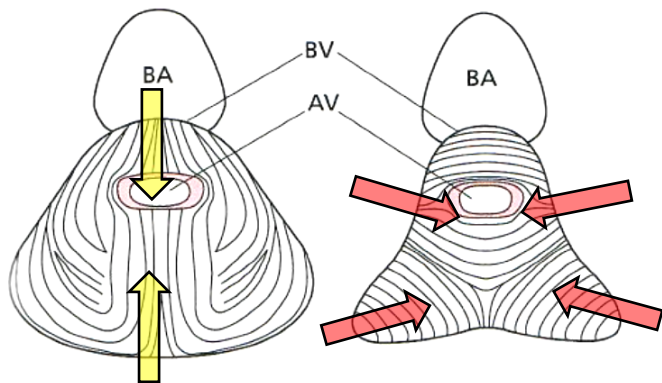


Ulike hjerteformer: tubulær, sekkeformet og pyramidal. Bildet hentet fra «Cardiac anatomy in fishes» av A.P. Farrell og S. Pieperhoff, i «Encyclopedia of fish physiology – from genome to environment», A.P. Farrell (ed), 2011.

# Ventrikkel



- Hovedpumpe, og rikt muskel-satt, men stor variasjon i muskelveggenes oppbygning, form og blodforsyning:
  - Formen på ventrikkel kan anta sekkeformet, tubulær eller pyramidal fasong
- **Stratum spongiosum:** indre lag hvor trabeklene er typisk tykkere enn i atrium, men ellers lik oppbygning
  - Finnes hos alle arter
- **Stratum compactum:** ytre lag som er innordnet av tettpakkede kardiomyocytter, ofte i to eller flere ulike orienteringer:
  - Dette laget ernæres av koronar-arterien, *a. coronaria*
  - Finnes hos aktive arter
- Blod overføres til bulbus arteriosus gjennom ventriculo-bulbær hjerteklaff



Bildet hentet fra «Circulatory system» av K.R. Olsen, i «The laboratory fish», G.K. Ostrander (ed.), 2000



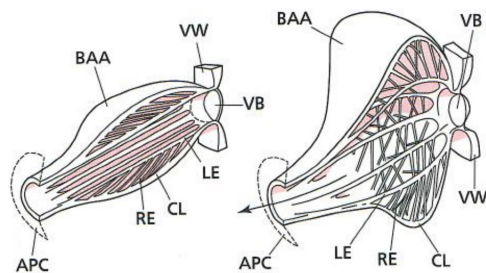


Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

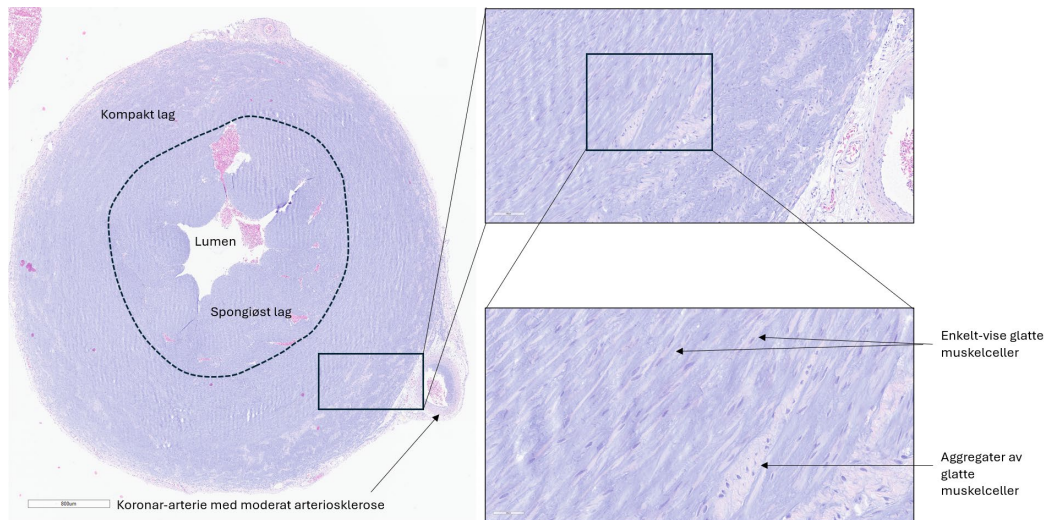
# Bulbus arteriosus

Pulsutjevner («windkessel effekt») rik på elastiske bindevevsfibre (elastin) og glatt muskulatur, samt mindre grad av kollagen som dominerer i ytre lag

Forsterket av elastiske trabekler både radially og axialt



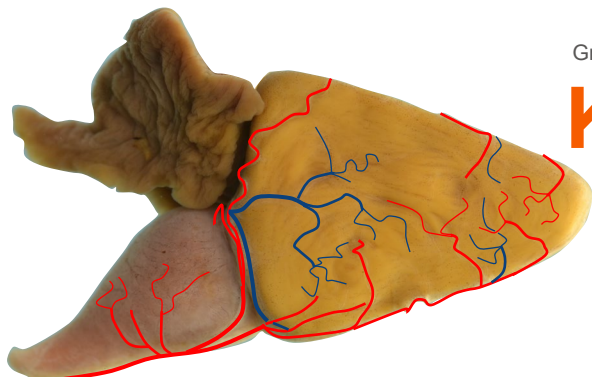
Bulbus arteriosus i diastolisk og systolisk konformasjon. Bildet hentet fra «Circulatory system» av K.R. Olsen, i «The laboratory fish», G.K. Ostrander (ed.), 2000



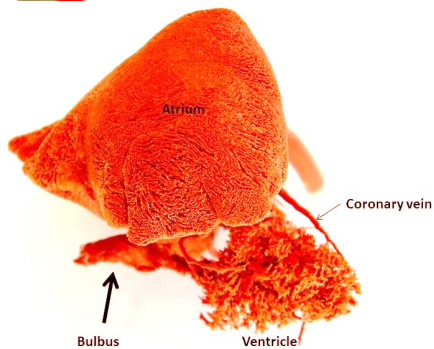




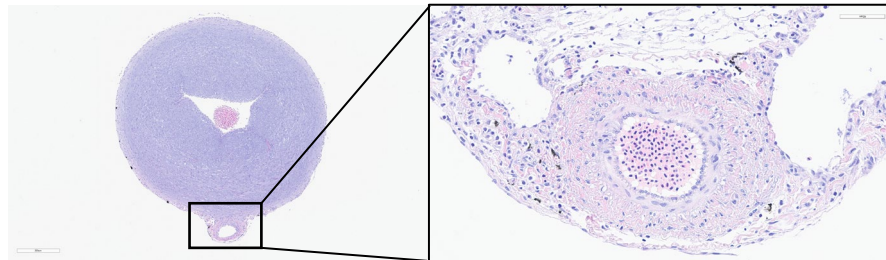
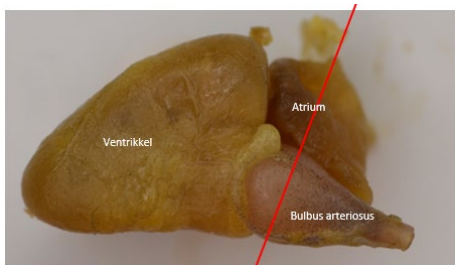
# Koronar-sirkulasjon







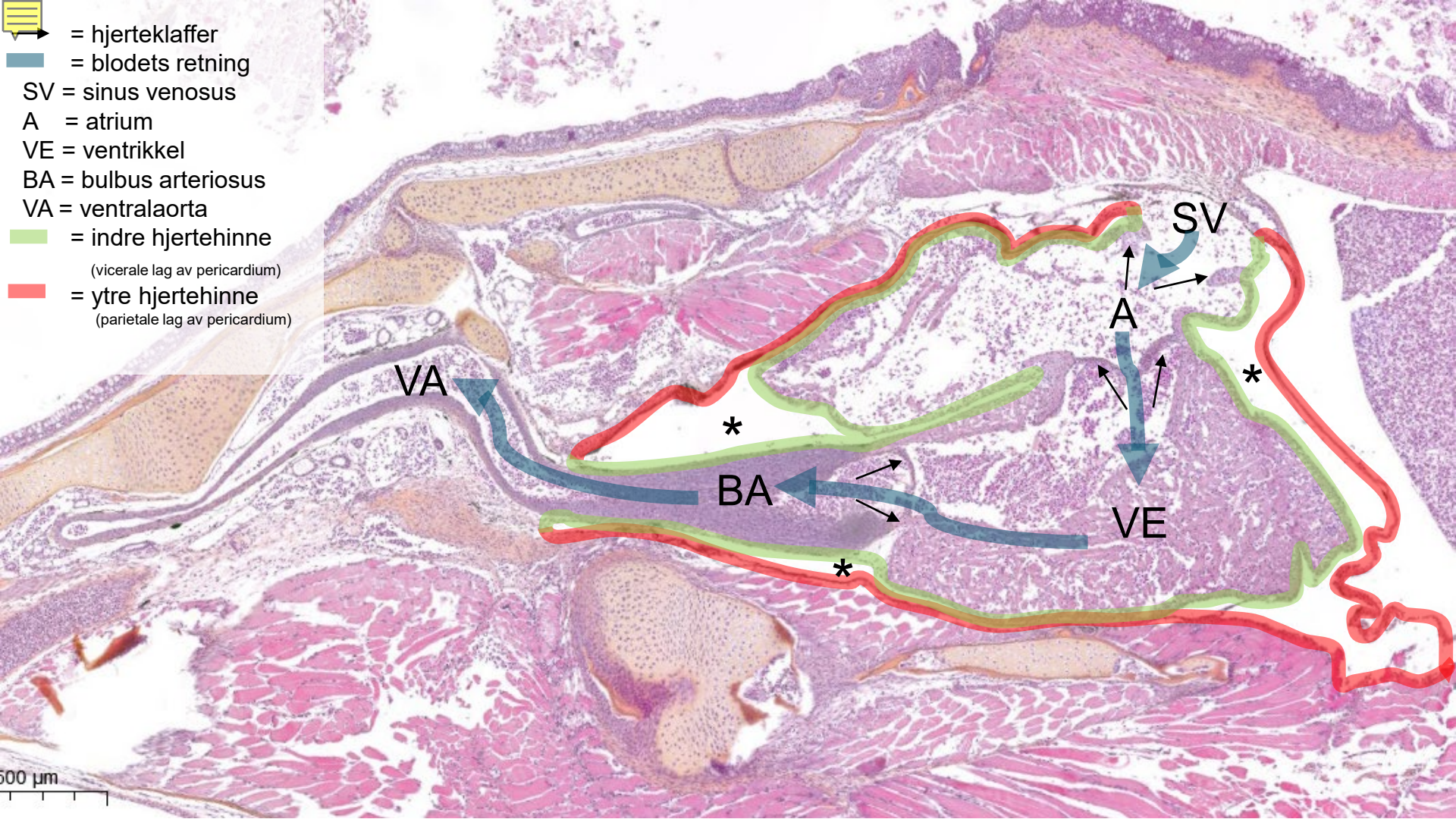
- Finnes hos mange fiskearter med kompakt hjertemuskel (str. compactum) i ventrikkel
- Utløpt fra fraførende gjellebue-arterie i 2. gjellebue
- Leder oksygenrikt blod via hoved-koronararterie langs bulbus arteriosus som forgrener seg gradvis til bulbus arteriosus og kompakt del av ventrikkel
- Noe blod drenerer direkte ut i ventrikkel
- Resterende samles opp i venøs koronar-sirkulasjon og drenerer ut i atrium



Kar-avstøping av hjerte og koronar-sirkulasjon med koronar- vene. Foto: Trygve Poppe

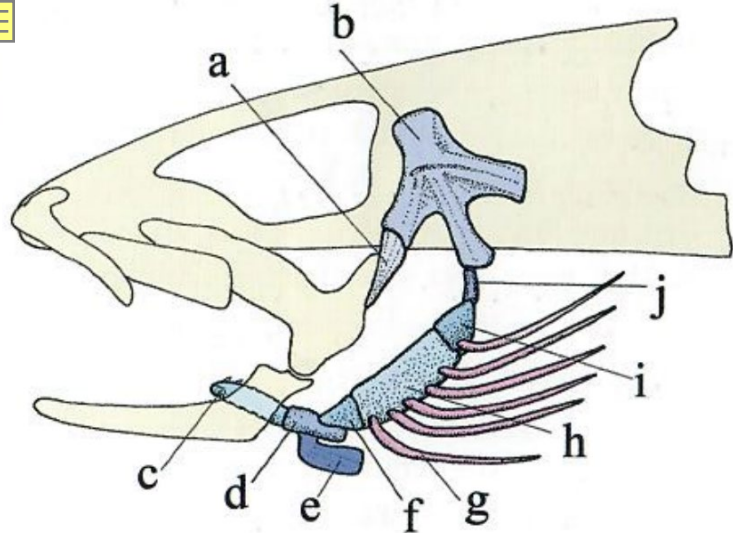


-  = hjerteklaffer
-  = blodets retning
- SV = sinus venosus
- A = atrium
- VE = ventrikel
- BA = bulbus arteriosus
- VA = ventralaorta
-  = indre hjertehinne  
(vicentrale lag av pericardium)
-  = ytre hjertehinne  
(parietale lag av pericardium)



500 µm

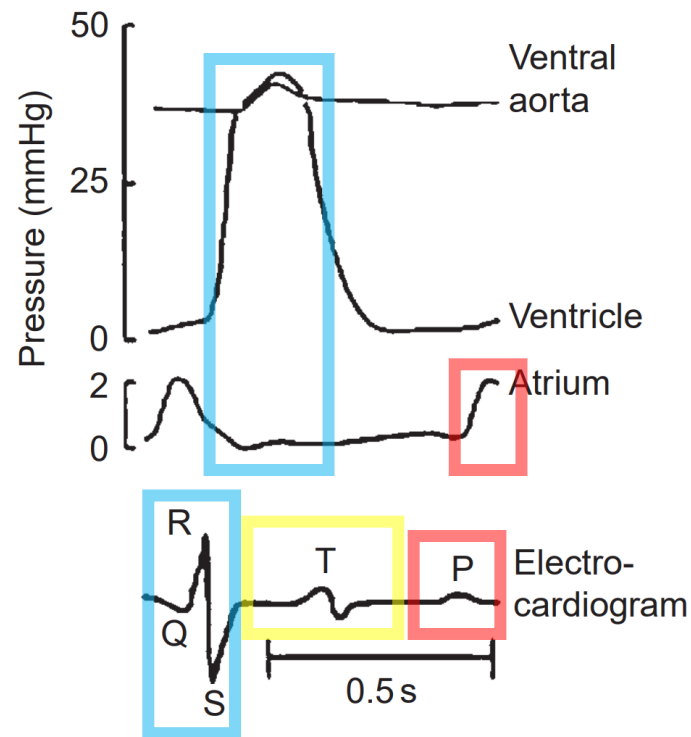
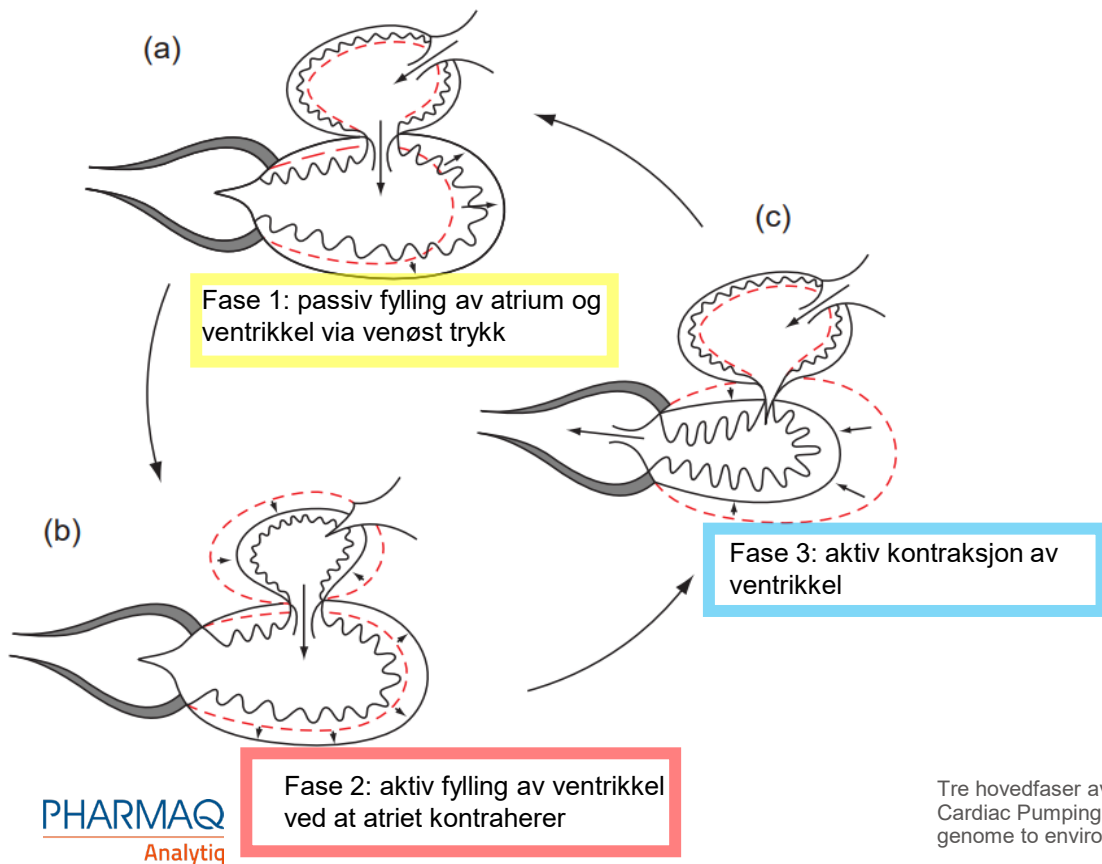




Hyoidbuens knokler. Bildet hentet fra «Fiskeanatomi»  
av H. Kryvi og T. Poppe, 2021



# Hjertets pumpeaktivitet



Tre hovedfaser av hjertepumping og ECG. Bilder hentet fra «Physiology of Cardiac Pumping» av A.P. Farrell, i «Encyclopedia of fish physiology – from genome to environment», A.P. Farrell (ed), 2011.

# Quiz: hva er villfisk, og hva er oppdrettsfisk



Wild Atlantic salmon,  
male, 64cm, 2,87kg



Farmed Atlantic salmon,  
male, 61cm, 2,70kg

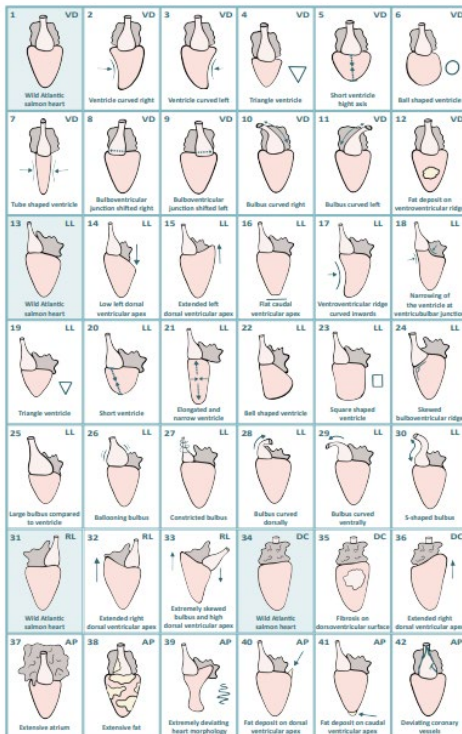
# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

## A Guide to Atlantic Salmon Heart Morphology



Vilde Arntzen Engdal  
Alf Dalum  
Michael Frisk  
Harriet Romstad  
Ida Beitnes Johansen

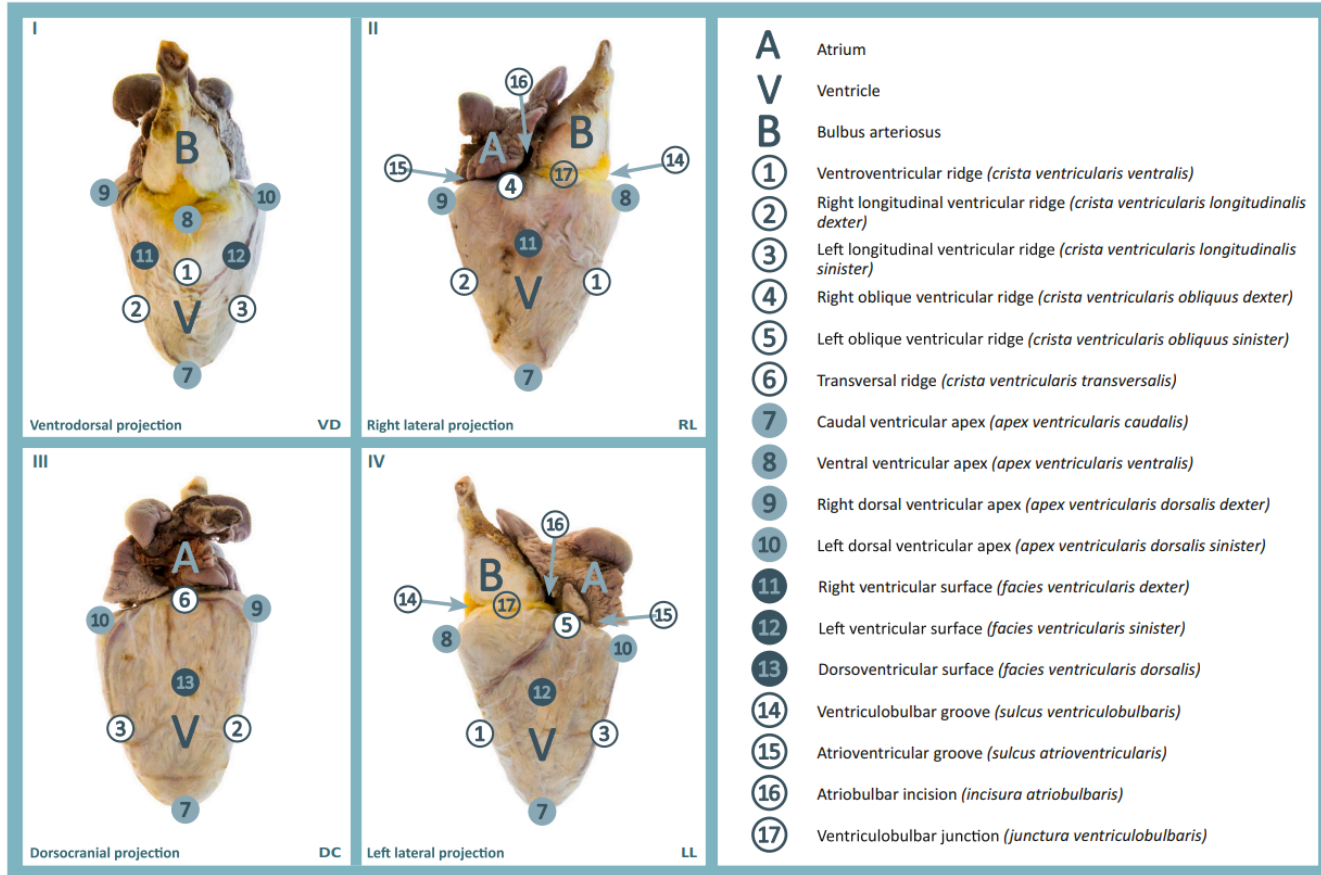
## Qualitative measurements



## Qualitative measurements



# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

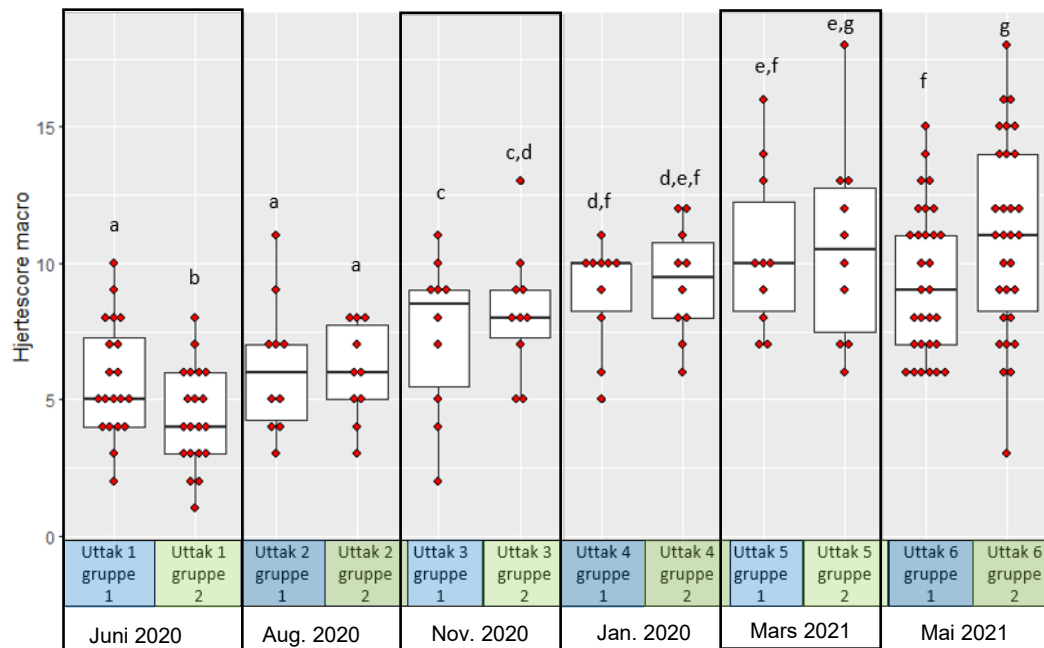


# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

Semi-kvantitativ vurdering:

- 0 – ingen avvik
- 1 – mild grad av avvik
- 2 – uttalt grad av avvik

Viser en gradvis økende utvikling i avvik fra pyramidalt hjerte utover i produksjonssyklusen



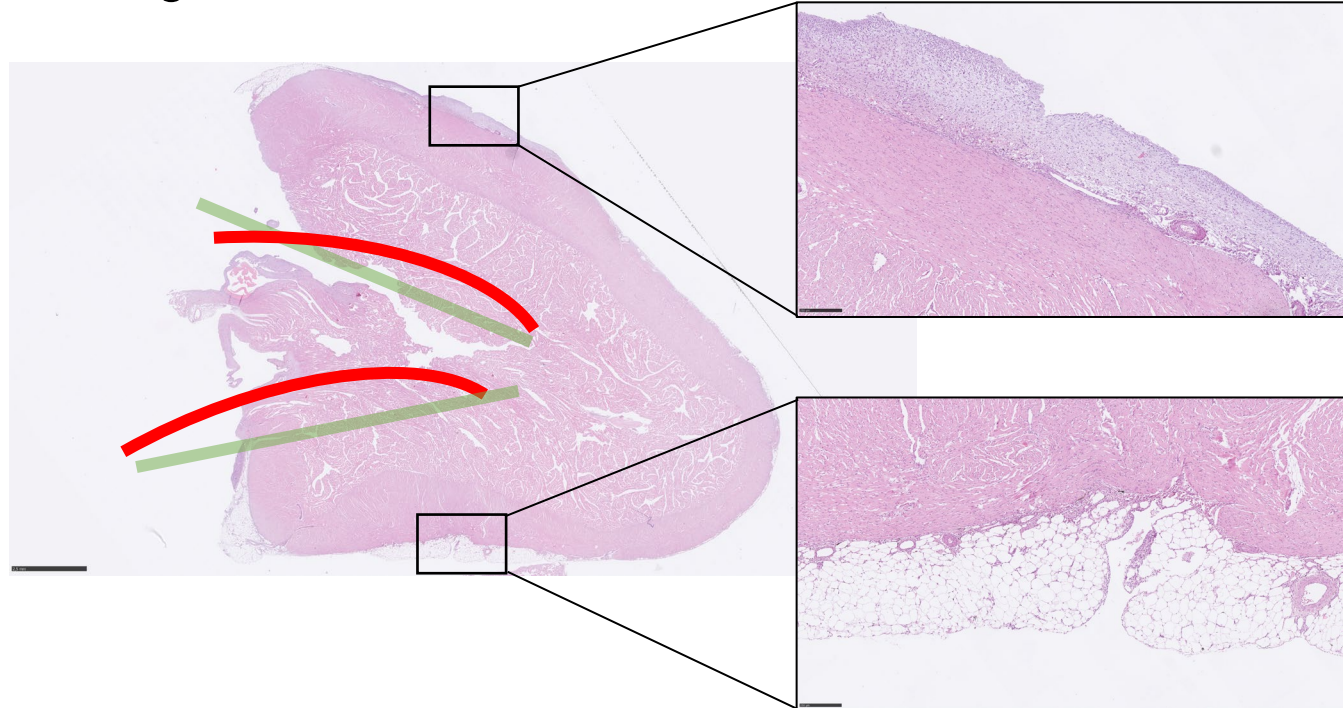
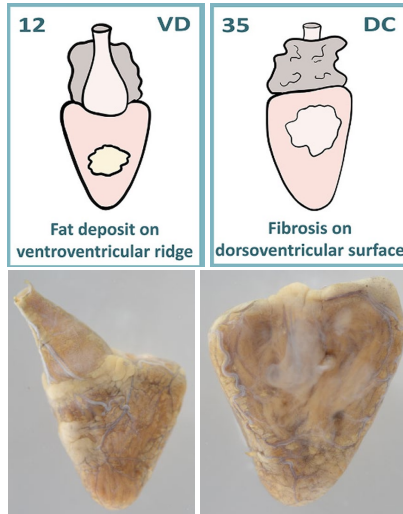
Gruppe 1 – konvensjonell merd

Gruppe 2 – semi-lukket merd med vannstrøm

# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

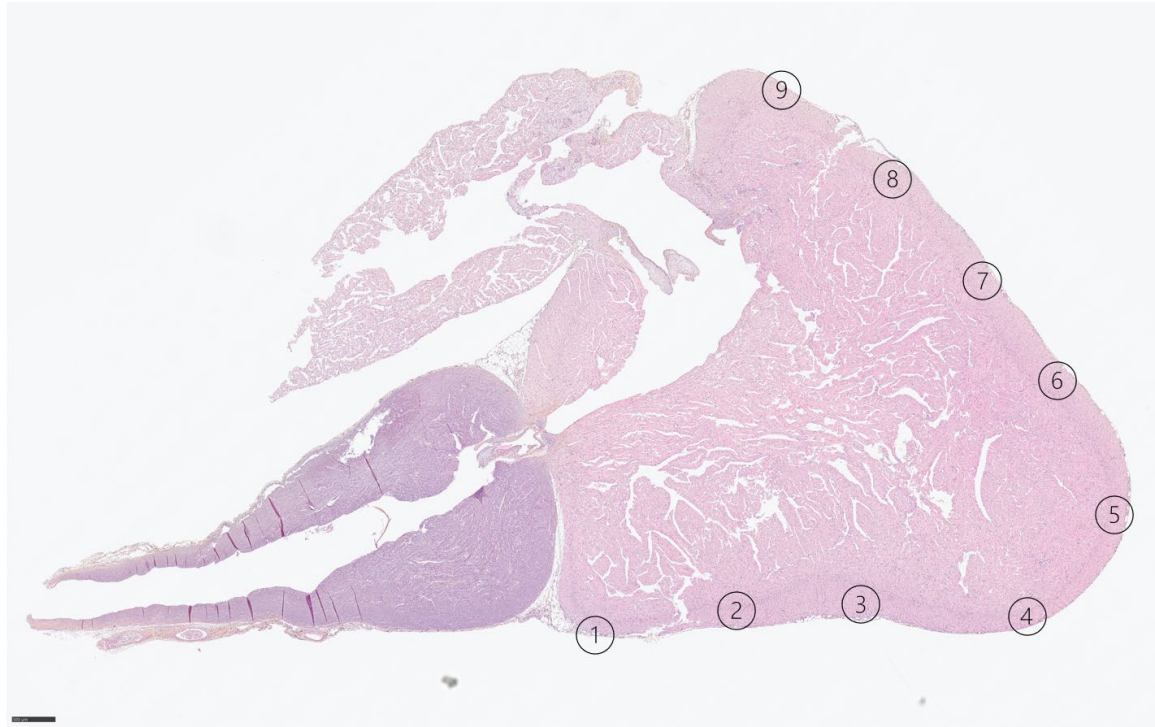
Hva betyr avvikene?

- Tanker om to vanlige avvik



# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

Vurdering av tykkelse av kompakt del av ventrikkelen hos oppdrettsfisk:



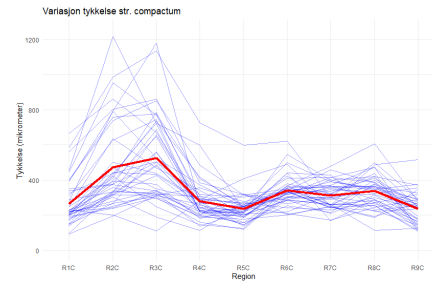
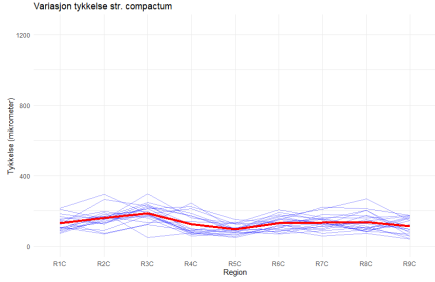
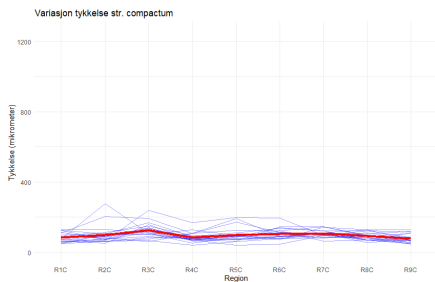
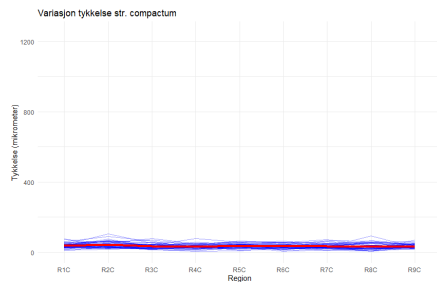
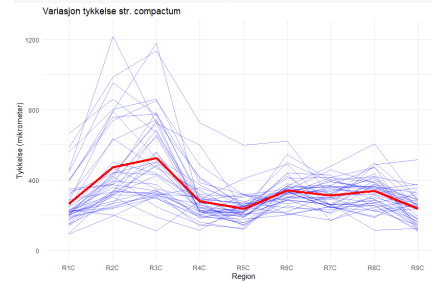
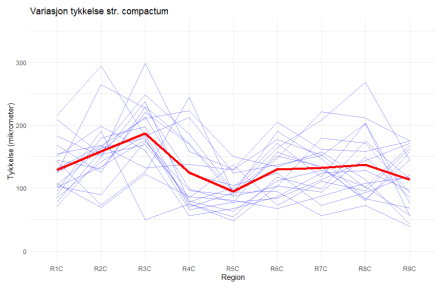
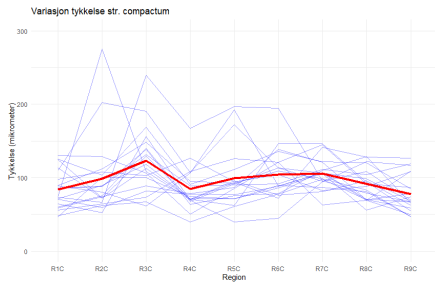
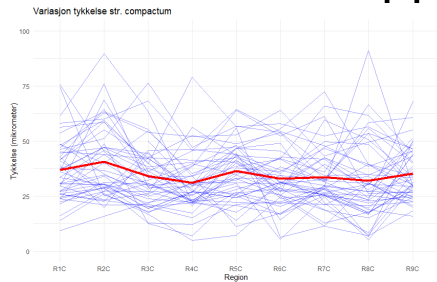


# Makroskopisk vurdering av pyramidale hjerter

## Vurdering av tykkelse av kompakt del av ventrikkel hos oppdrettsfisk:



Tykkelse str. Compactum (µm)

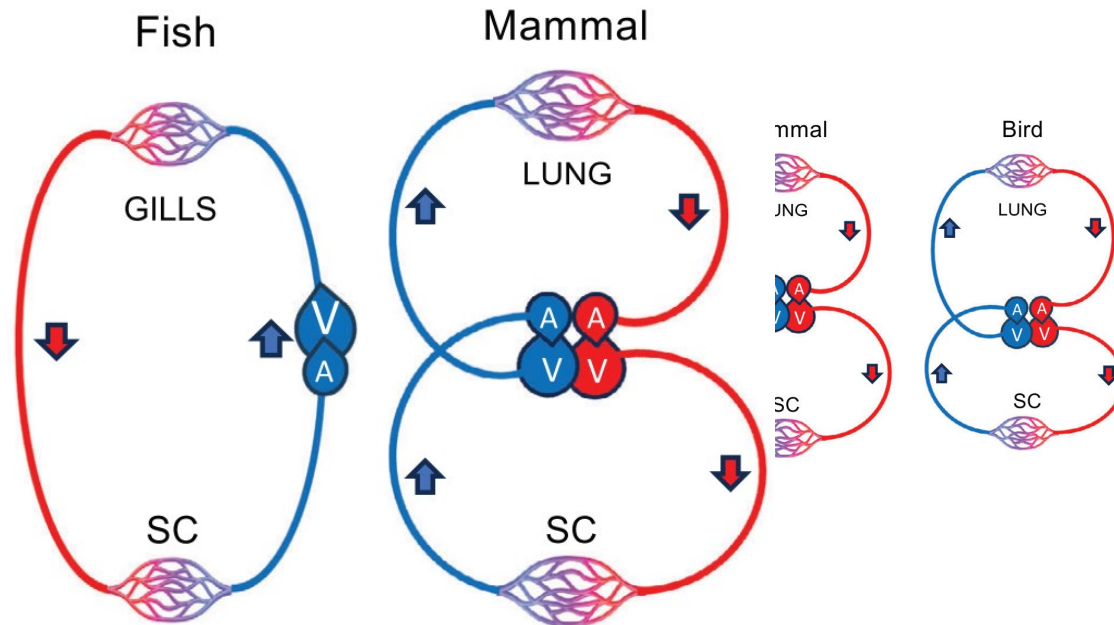




# Sekundære blodpumper

The heart, a secondary organ in the control of blood circulation

Branko Furst<sup>1</sup> | José González-Alonso<sup>2</sup>



Systemic capillaries (SC)  
Direction of flow ↓ ↑

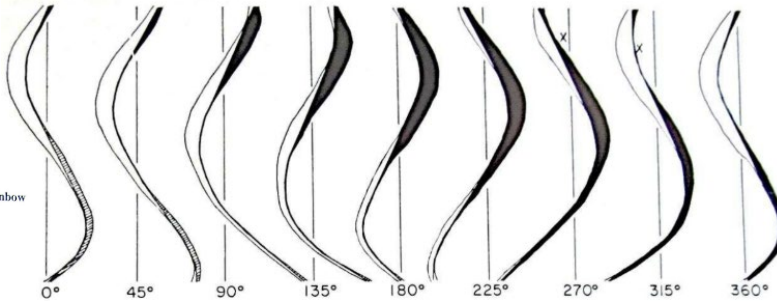
Atrium A  
Ventricle V

# Sekundære blodpumper

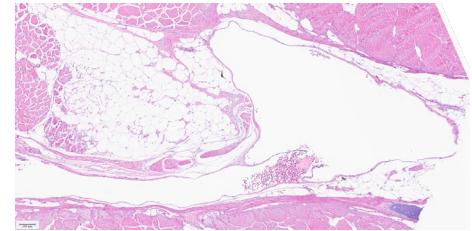
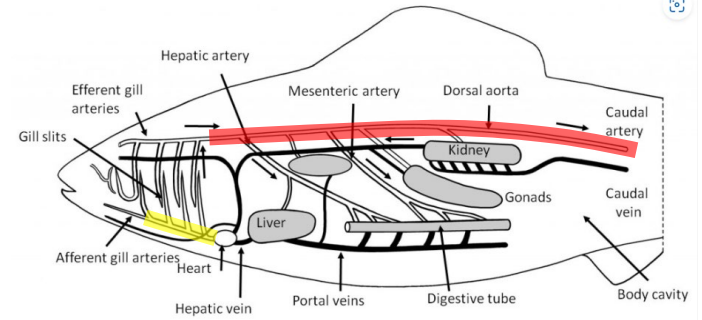
Ventralaorta



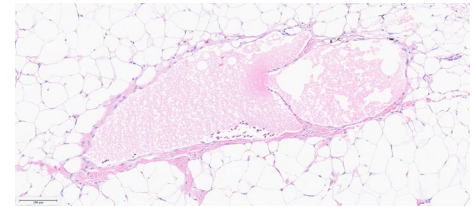
Dorsalaorta / caudal-arterie



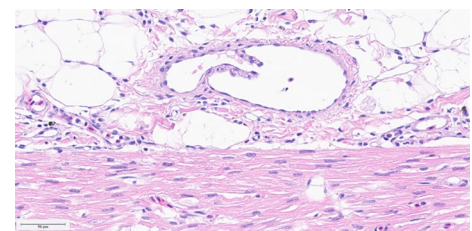
## Aksessoriske strukturer



Klaff segmental-arterie



Klaff segmental-vene



Klaff koronar-arteriole

Reprinted from *J. Zool., Lond.* (1975) **175**, 39-52

The blood circulatory function of the dorsal aorta ligament in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)

IMANTS G. PRIEDE

Department of Biology, University of Stirling, Scotland

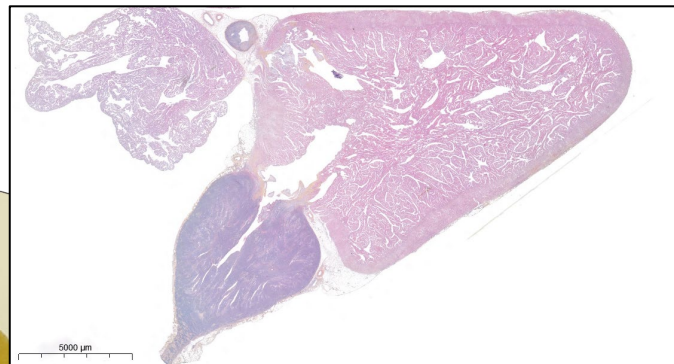
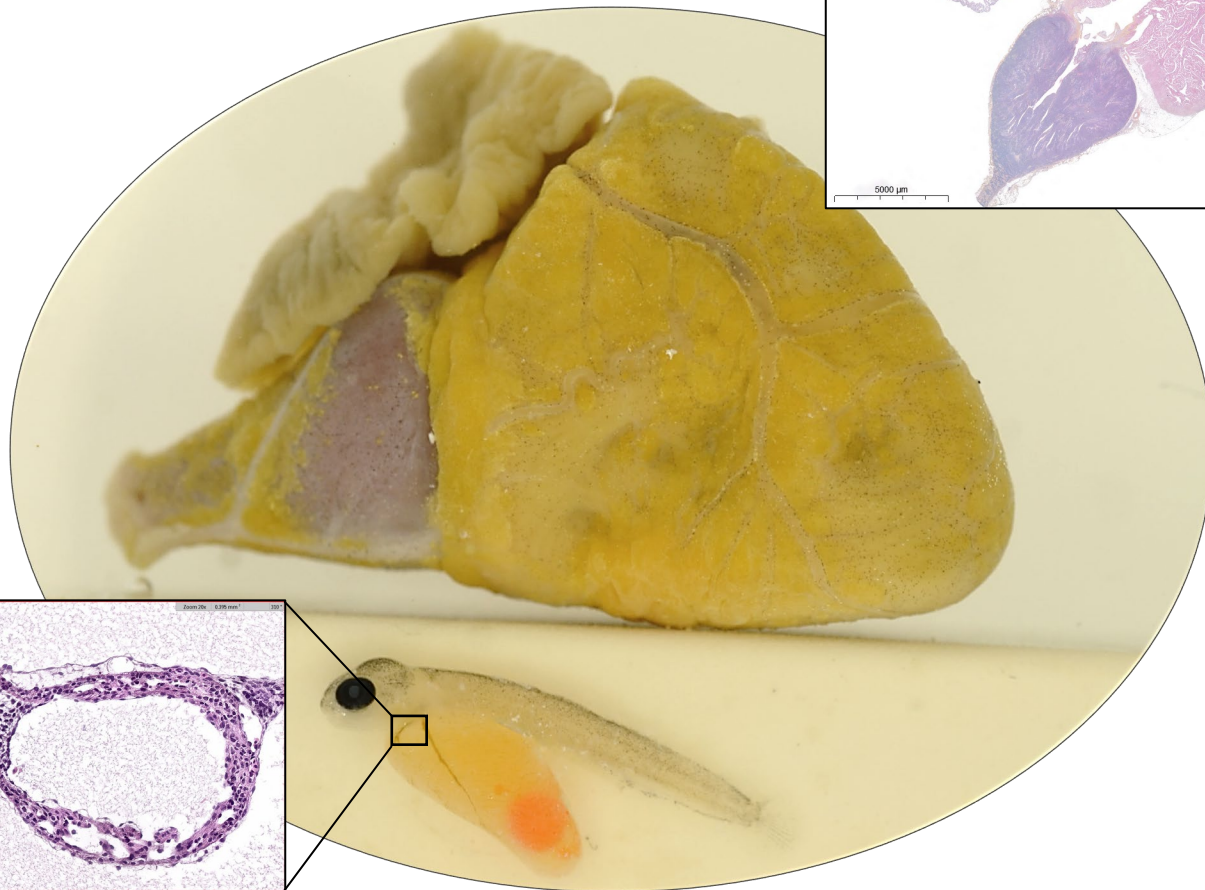
(Accepted 14 May 1974)

(With 2 plates and 7 figures in the text)



Grunnleggende hjerteanatomi og -fysiologi

# Et livsløp...



# Ting henger sammen...

The diagram illustrates the integration of gill structure, heart anatomy, and histology in a fish's circulatory system. The central diagram shows the flow of blood from the gills through the heart and back to the gills, with labels for various organs and vessels. The gill structure is shown in a schematic and histological views. The heart is shown in a schematic and histological view. The histological sections are labeled with mathematical symbols and smiley faces to indicate their functional state.

**Top Left:** Histological section of gill lamellae. A green smiley face and  $+g$  indicate a healthy state.

**Top Right:** Histological section of a blood vessel. A yellow sad face and  $\div g + h$  indicate a state of dysfunction.

**Bottom Left:** Schematic of the heart. Labels include: ANTERIOR, POSTERIOR, Atrium, Sinus vein, Cuvier duct, Hepatic vein, Ventricular valves, Atrioventricular valves, Ventral aorta, Conus arteriosus, Bulboventricular valve, and Ventricle.

**Bottom Middle:** Histological section of heart muscle. A green smiley face and  $+h$  indicate a healthy state.

**Bottom Right:** Histological section of a blood vessel. A red sad face and  $\div h$  indicate a state of dysfunction.

**Central Diagram Labels:** PHARYNGEAL CAVITY, Gill arch, Filament, Lamella, Bony skeleton, Gill raker, Afferent artery, Efferent artery, OPERCULAR CAVITY, Filament rod, Lamella section, Filament afferent artery, Filament efferent artery, Lamellar vascular meshwork, Gill rod, Hepatic artery, Mesenteric artery, Dorsal aorta, Kidney, Gonads, Digestive tube, Body cavity, Caudal artery, Caudal vein, Portal veins, Liver, Head, Gill slits, Efferent gill arteries, Afferent gill arteries, and Gill raker.

# Ting henger sammen...

Økende forekomst av mineralutfellinger i urinblære:

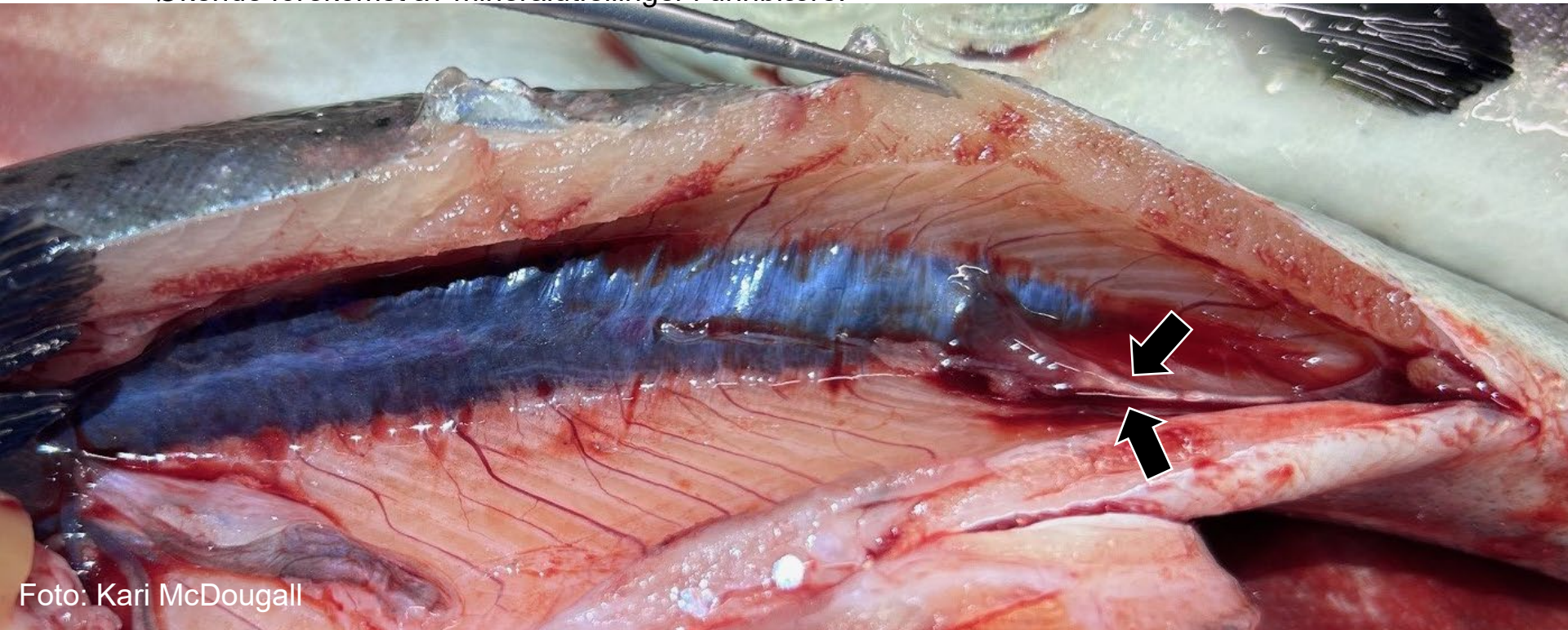
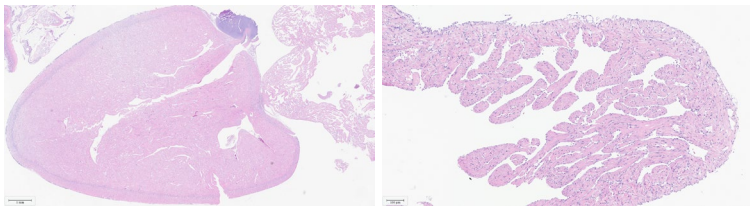
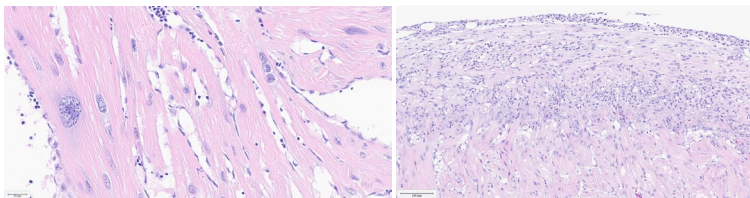


Foto: Kari McDougall

# Ting henger sammen...



## Praktiske implikasjoner av urinplugger:

- Tilstopping av hoved-utførsel (urinplugger) påvirker helle det ekskretoriske systemet, i motsetning til når enkeltvis nefroner rammes
- Delvis eller fullstendig urinstagnasjon kan gi både lokale og systemiske komplikasjoner:
  - Lokale vevsskader med blødninger
  - Kardio-renalt syndrom:
    - Type 4 – kronisk reno-kardial sykdom: kronisk nyresykdom som leder til kronisk dysfunksjon i hjertet



# Tusen takk for oppmerksomheten!

Spørsmål?

