

Gassbobler i fisk

– betyr trykkendringer mer enn vi har trodd?

Alf Seljenes Dalam

Forsker, DVM Ph.d.





Ytre faktorer

- Vannet og luftlommen over vannet

Viktige fysiske prinsipper bak gassboblesyke:

Differensialtrykk (ΔP) og totalgassovermetning ($TGP\%$):

$$TGP\% = \frac{BP + \Delta P}{BP} \times 100$$

$$\Delta P = TGP - BP$$

$$TGP = p_{O_2}^l + p_{N_2}^l + p_{Ar}^l + p_{CO_2}^l + p_{H_2O}^l$$

$$BP = p_{O_2}^g + p_{N_2}^g + p_{Ar}^g + p_{CO_2}^g + p_{H_2O}^g$$

ΔP det vi måler med totalgassmålere

Så når kan gassboblesyke oppstå?

$TGP = BP$ ($\Delta P = 0$): likevekt
 $TGP < BP$ ($\Delta P < 0$): undermettet
 $TGP > BP$ ($\Delta P > 0$): overmettet

$TGP\%$ = totalgassovermetning
 BP = baromertrisk trykk
 ΔP = differensialtrykk
 TGP = totalgasstrykk
 p^l = gasstrykk i vann - gasstensjon
 p^g = gasstrykk i lufttomme over vann

Så hvordan kan gassboblesyke oppstå:

Faktorer som påvirker differensialtrykk (ΔP) ved normalt atmosfærisk trykk:

$$TGP\% = \frac{BP + \Delta P}{BP} \times 100$$

$$\Delta P = TGP - BP$$

$$TGP = p_{O_2}^l + p_{N_2}^l + p_{Ar}^l + p_{CO_2}^l + p_{H_2O}^l$$

$$BP = p_{O_2}^g + p_{N_2}^g + p_{Ar}^g + p_{CO_2}^g + p_{H_2O}^g$$

ΔP det vi måler med totalgassmålere

Ytre faktorer som kan påvirke dette:

- Oppvarming av vann
- Blanding av vann med ulike temperaturer
- Innsug av luft
- Fotosyntese (alger) og gassproduserende bakterier
- Isdannelse

*TGP% = totalgassovermetning
 BP = baromertrisk trykk
 ΔP = differensialtrykk
 TGP = totalgasstrykk
 p^l = gasstrykk i vann - gasstensjon
 p^g = gasstrykk i luftlomme over vann*

Så hvordan kan gassboblepsyke oppstå:

Regulering av lufttrykket (BP) over vannspeilet - *TRYKKFALLSYKE*:

$$TGP\% = \frac{BP + \Delta P}{BP} \times 100$$

$$\Delta P = TGP - BP$$

$$TGP = p_{O_2}^l + p_{N_2}^l + p_{Ar}^l + p_{CO_2}^l + p_{H_2O}^l$$

$$BP = p_{O_2}^g + p_{N_2}^g + p_{Ar}^g + p_{CO_2}^g + p_{H_2O}^g$$

ΔP det vi måler med totalgassmålere

Ved trykkfall/ undertrykk i luftlommen over vannspeilet vil ha momentan effekt på $TGP\%$ i vannet og i fisken. Aktuelle situasjoner:

- Transport av fisk ved hjelp av undertrykk/ sug i settefiskanlegg og brønnbåter

Og hva med overtrykk?

$TGP\%$ = totalgassovermetning
 BP = baromertrisk trykk
 ΔP = differensialtrykk
 TGP = totalgasstrykk
 p^l = gasstrykk i vann - gasstensjon
 p^g = gasstrykk i luftlomme over vann

Alle gasser teller!

Husk at alle gasser kan gi gassboblesyke, så lenge ΔP er over 0:

- En misforståelse som henger igjen fra 1910 om at det kun er nitrogen som har betydning for gassboblesyke
- Eksempler:
 - En høyt tensjon av nitrogen ($p_{N_2}^l$) kan kompenseres av en tilsvarende lav tensjon av de andre gassene i vannet, og kan gi $\Delta P < 0$
 - En høy tensjon av oksygen ($p_{O_2}^l$) som gir en $\Delta P > 0$ kan danne grunnlag for gassboblesyke

$$\Delta P = \boxed{TGP} - \boxed{BP}$$

$$TGP = p_{O_2}^l + p_{N_2}^l + p_{Ar}^l + p_{CO_2}^l + p_{H_2O}^l$$

$$BP = p_{O_2}^g + p_{N_2}^g + p_{Ar}^g + p_{CO_2}^g + p_{H_2O}^g$$

BP = baromertrisk trykk
 ΔP = differensialtrykk
TGP = totalgasstrykk
 p^l = gasstrykk i vann - gasstensjon
 p^g = gasstrykk i luftlomme over vann

Viktige fysiske prinsipper bak gassboblepsyke:

Differensialtrykk (ΔP) og det barometriske trykket (BP) altså viktig, men vanddybden er også en avgjørende faktor:

KOMPENSASJONSDYP

$$\Delta P_{uncomp} = \Delta P - \rho g Z$$

ΔP_{uncomp} = ukompensert differensialtrykk
 ΔP = differensialtrykk
 ρg = hydrostatisk trykk av vann (mmHg/m)
 Z = dybde vann (m)

Økende vanddybde (Z) og hydrostatisk trykk (ρg) vil altså *beskytte* mot utvikling av gassboblepsyke:

- Dette er en luksus som fisk i oppdrettsmiljø nødvendig vis ikke har tilgang til
- Viktig å vurdere både i konstruksjoner og operasjonell drift

Viktige fysiske prinsipper bak gassboblepsyke:

OPPSUMMER: ytre risikofaktorer for at fisk utvikler gassboblepsyke:

- i) Totalgassovermetning (TGP%)*
- ii) Fiskens posisjon i vannsøylen*



Indre faktorer

som påvirker utvikling av gassbablesyke,
og mulig klinikk

Hva avgjør om fisken faktisk får gassboblepsyke?

Viktige faktorer ved fisken som spiller inn:

- Artsvariasjon
- Utviklingsstadium og størrelse på fisken
- Ernæringsstatus
- Blodtrykk
- Individvariasjon

Utløsende effekt

- bobledannelsen energikrevende

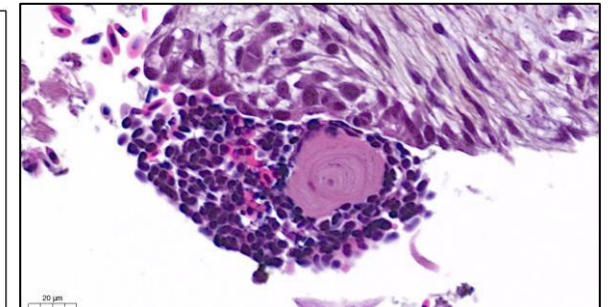
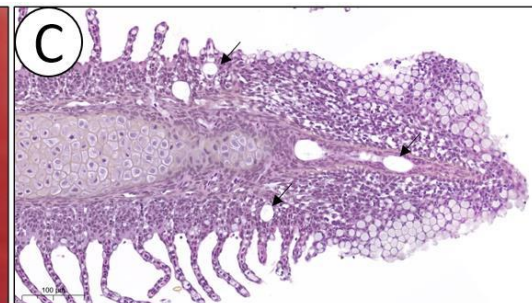
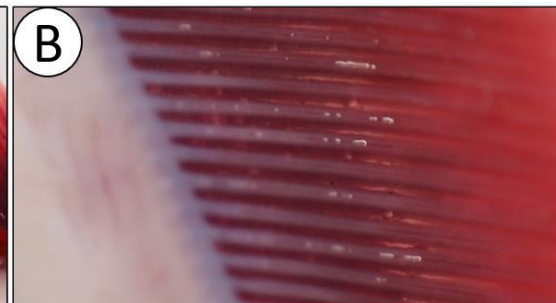
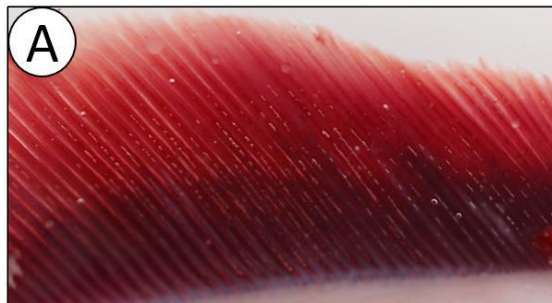
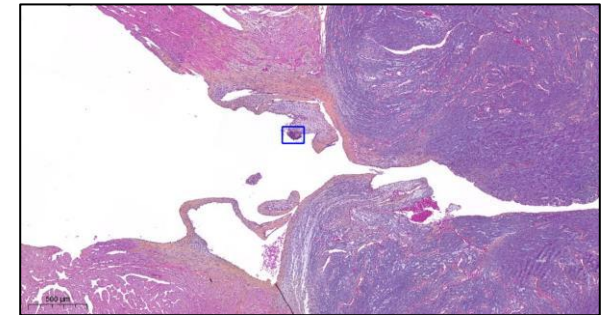
Endring i omgivelse og tiden fisken eksponeres mot dette!

Trykkfallsyke versus gassovermetning ved atmosfærisk trykk

Akutt gassboblepsyke og diagnostikk:

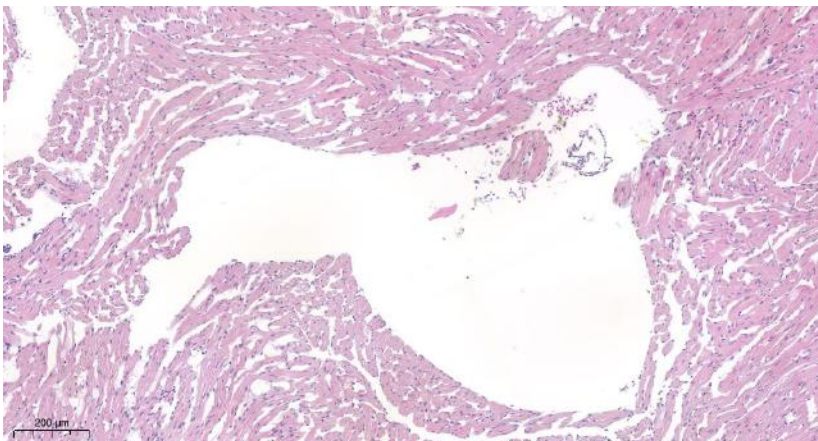
Krevende disiplin: må være der det skjer, når det skjer!

- Bobledannelser i systemisk sirkulasjon forbudet med akutt død – gjerne før vevsresponser rekker å utvikle seg!
 - Kan se bobledannelser i perifere vev...
 - ...men kan også ha akutt dødelighet med obstruksjon av hjerteklaffer uten ytre synlige tegn



Akutt gassboblepsyke og diagnostikk:

Krevende disiplin: må være der det skjer, når det skjer!

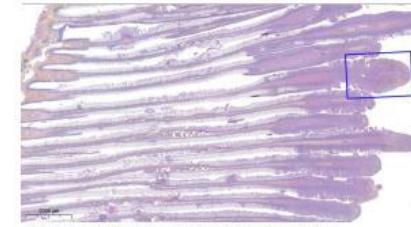


Histologi:

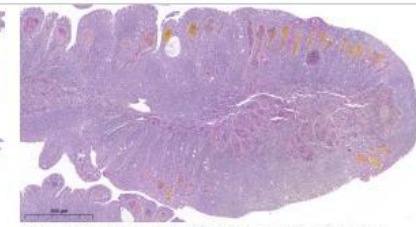
Små-funn som regnes som uspesifikke og som i seg selv ikke kan forklare dødelighet...

PCR:

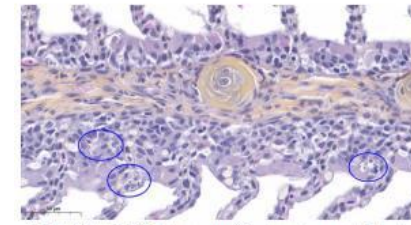
Ingen påvisning av infeksiøse agens



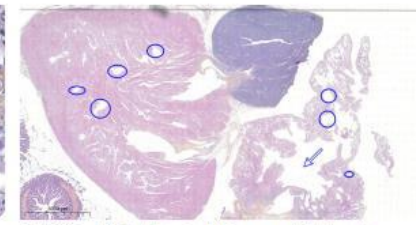
A: GJELLE: oversiktsbilde som viser filament-klubbing.



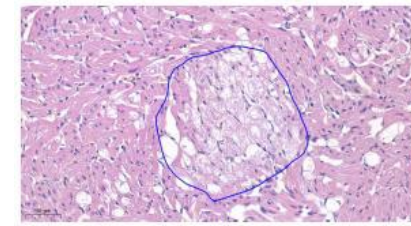
A: GJELLE, FILAMENTER: detaljer fra hyperplasi av epitel rundt degenererte og nekrotiske pillarceller i lameller; merk pigmentavleiringer som mistenkes å kunne tilskrives nedbrutte blodceller.



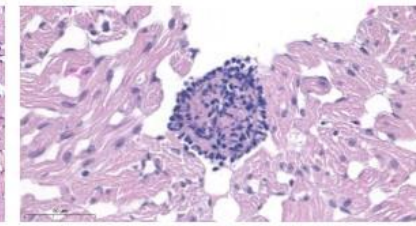
A: GJELLE, FILAMENTER: eksempel på forekomst av apoptotiske/nekrotiske celler med fragmentert kromatin: årsak og betydning ukjent.



A: HJERTE: multifokal dilatasjon i atrium og ventrikel som kan samsvare med bobbedannelser som observert makroskopisk.



A: HJERTE, VENTRIKEL (STR. KOMPAKTUM): eksempel på forekomst av myokard-degenerasjon.



A: HJERTE, VENTRIKEL (STR. SPONGIOSUM): eksempel på forekomst av trombedannelse.

Kronisk gassboblepsyke og diagnostikk:

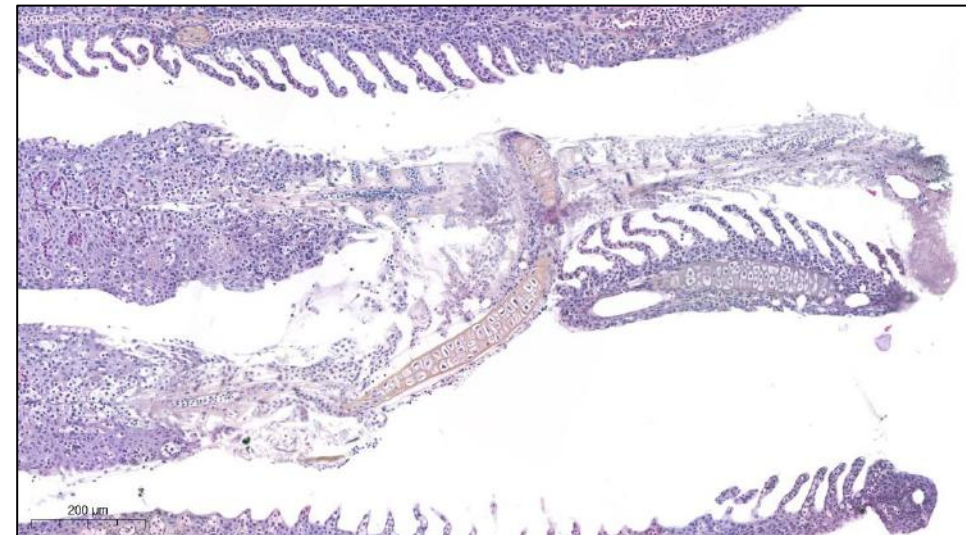
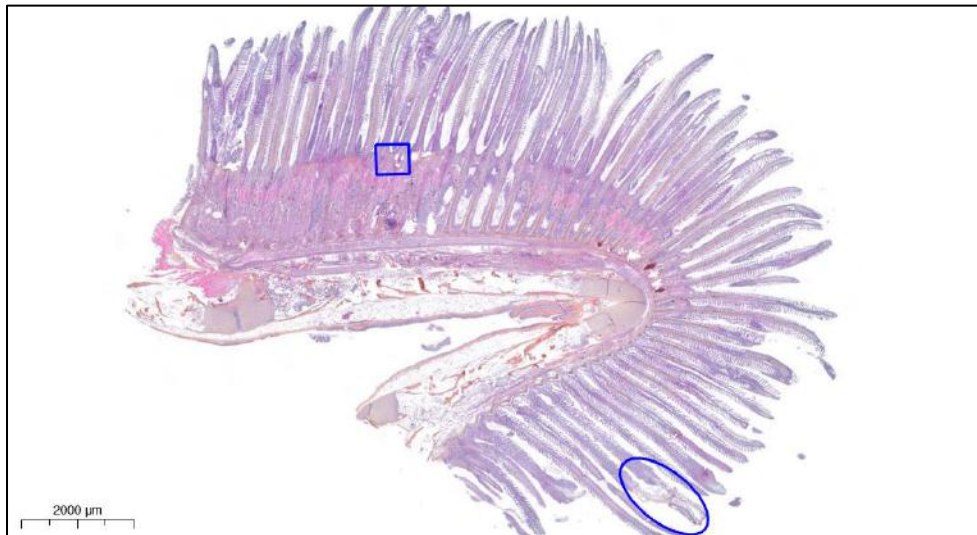
Også krevende disiplin: sub-letale nivåer av gassovermetning kan gi seg utslag i klinisk sykdom flere uker til måneder etter skadelig eksponering:

- Kan få bobledannelser i perifere vev
 - Synlig i vev som finner, munnslimhinne og ganetak, gjellefilamenter m.m.
- Nedsatt eller tap av blodsirkulasjon kan gi lokale vevsskader og –vevsdød
 - Nekroser og forkortede gjellefilament
 - Sårskader i hud med sekundære bakterielle infeksjoner
 - Øyeskader
 - Deformiteter gjellelokk m.m.
- Kan resultere i lavgrad forøkt dødelighet over lange perioder – vanskelig å diagnostisere!

Kronisk gassboblepsyke og diagnostikk:

Krevende disiplin: sub-letale nivåer av gassovermetning kan gi seg utslag i klinisk sykdom flere uker til måneder etter skadelig eksponering:

- Bakteriell gjelleinfeksjon:



Kronisk gassboblepsyke og diagnostikk:

Krevende disiplin: sub-letale nivåer av gassovermetning kan gi seg utslag i klinisk sykdom flere uker til måneder etter skadelig eksponering:

- Forkortede gjellefilament: mulig mekanisme

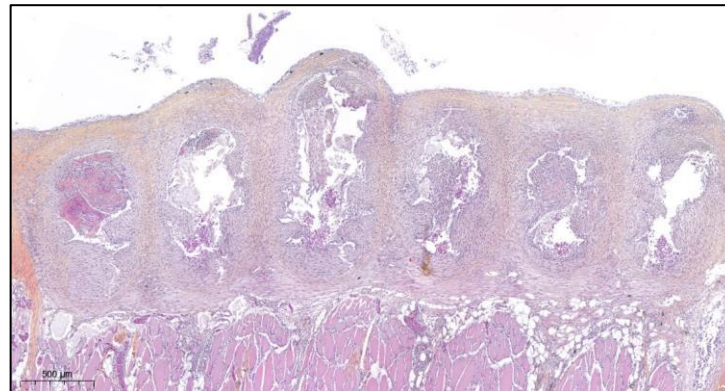
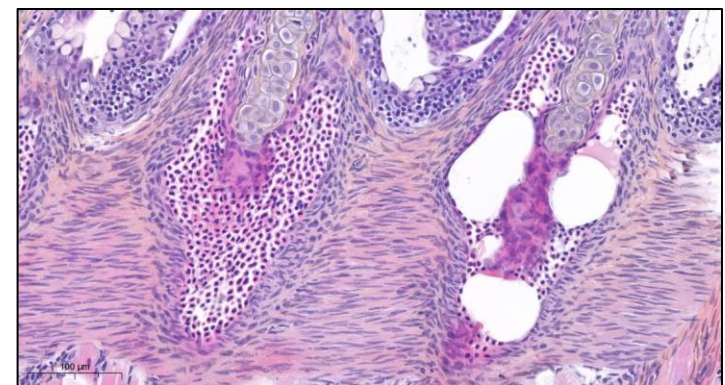
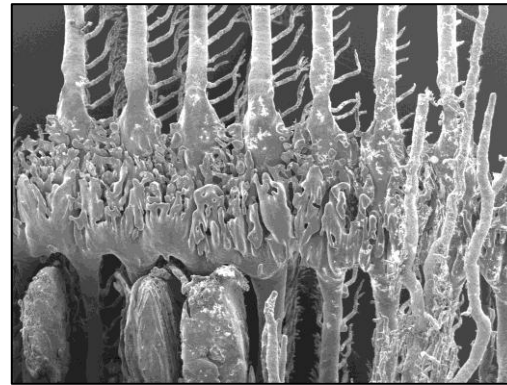
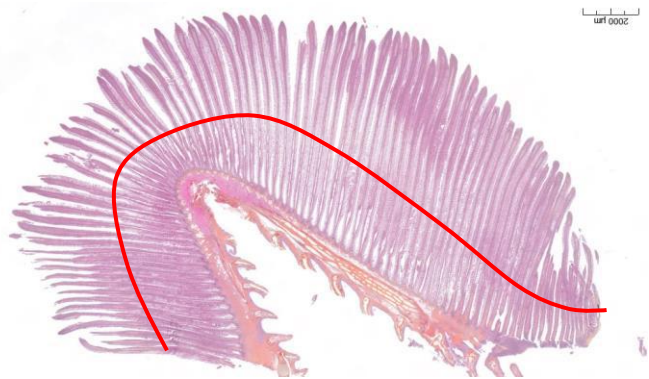
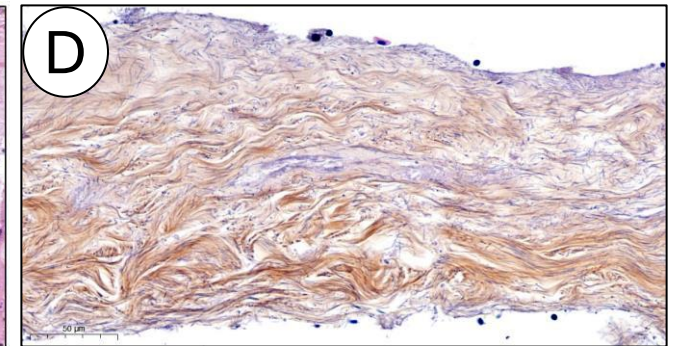
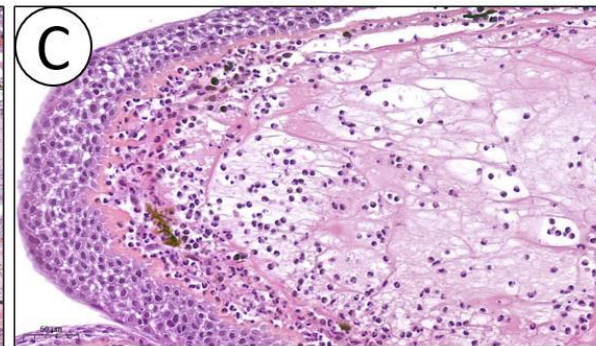
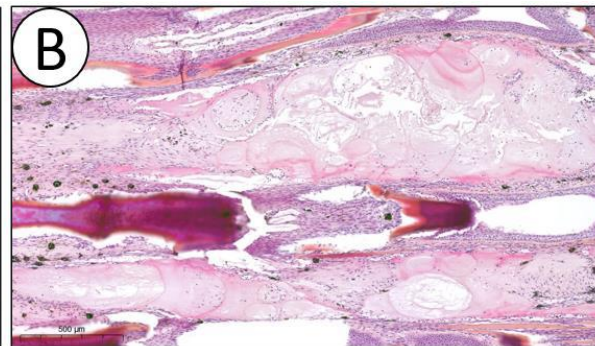
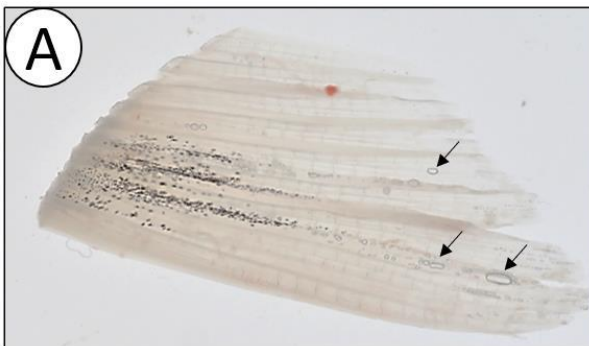
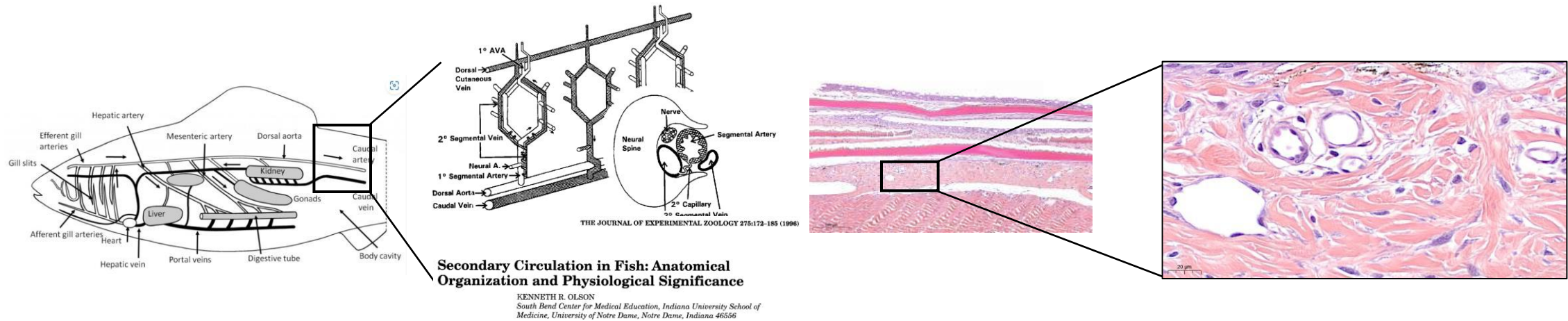


Foto: Kari Kaasen McDougall

Kronisk gassboblepsyke og diagnostikk:

Krevende disiplin: sub-letale nivåer av gassovermetning kan gi seg utslag i klinisk sykdom flere uker til måneder etter skadelig eksponering:

- Sårskader i hud: sekundærinfeksjoner med blanding av bakterier



Kronisk gassboblepsyke og diagnostikk:

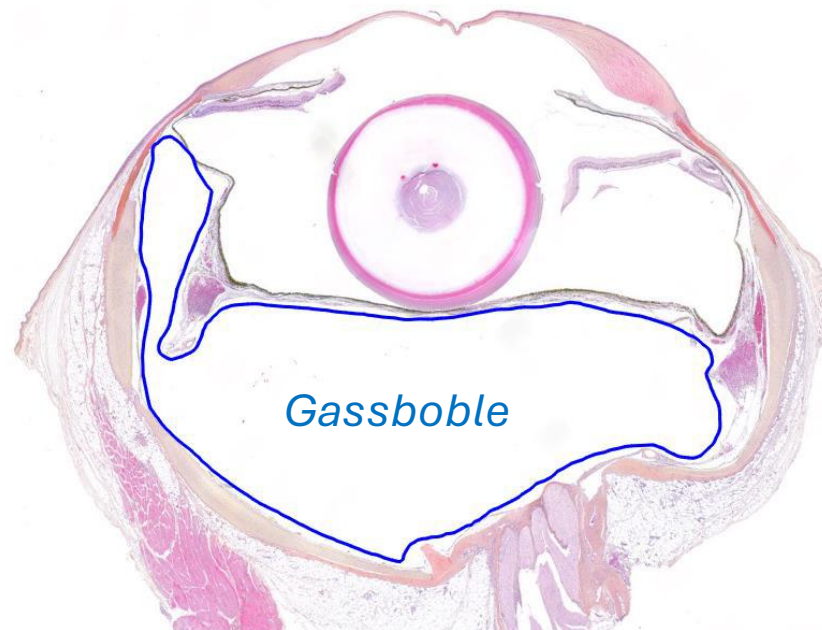
Krevende disiplin: sub-letale nivåer av gassovermetning kan gi seg utslag i klinisk sykdom flere uker til måneder etter skadelig eksponering:

- Øyeskader: gassbobler i øye

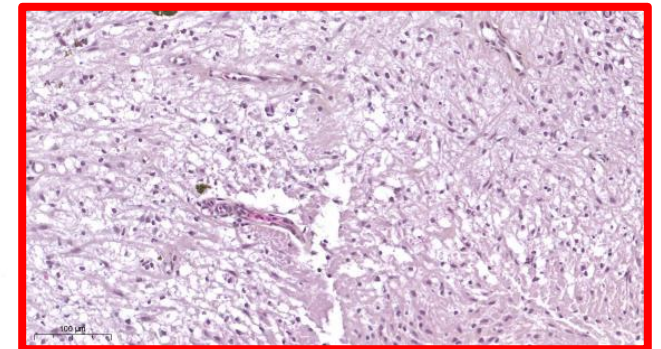
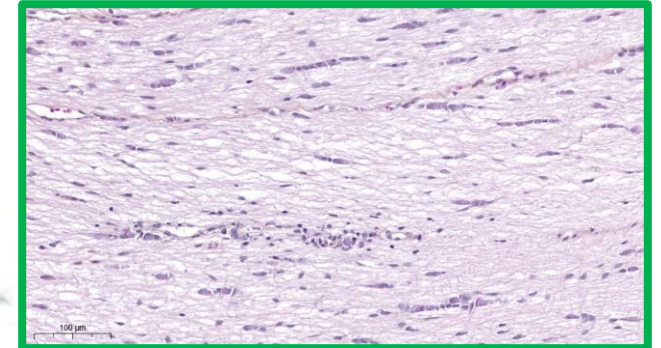


Foto: Fredrik Agerup Winger

2000 µm



N. opticus hos fisk med normalt øye



N. opticus hos fisk med gassboble

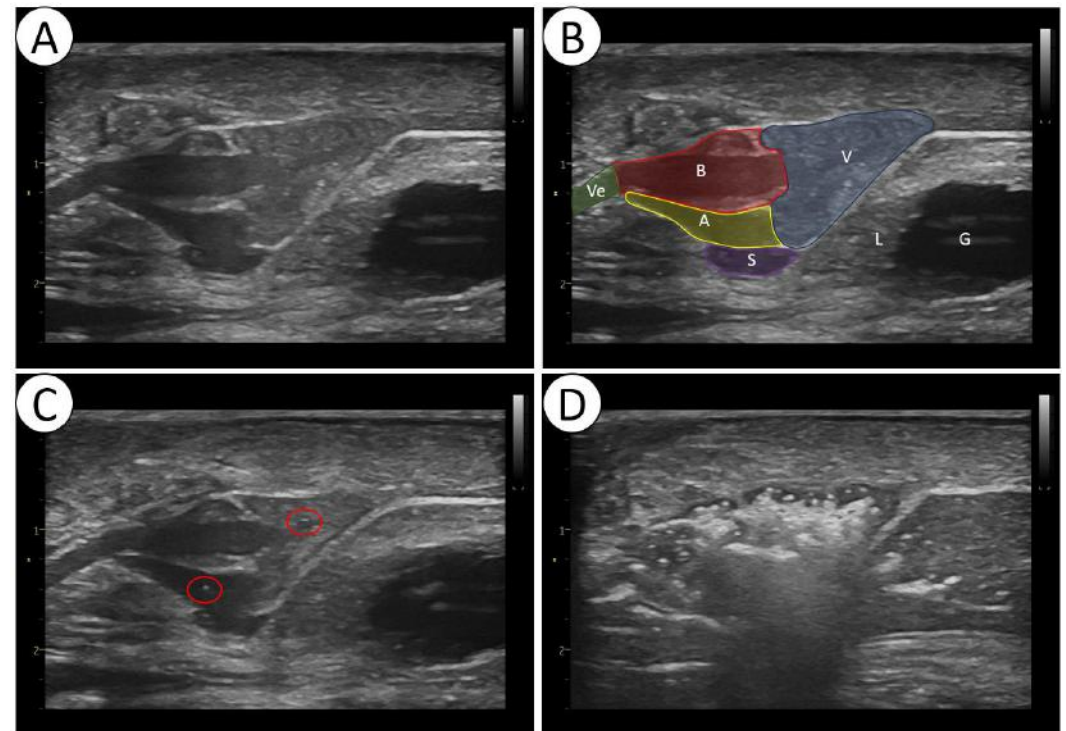
Oppsummering og
veien videre



Oppsummering og veien videre:

Vi må få økt bevissthet rundt gasser i vann:

- Nye produksjonsløsninger må risiko-vurderes med tanke på fare for TGP%
- Alle gasser teller!!!
- Vi må finne grenseverdier for toleranse:
 - Størrelse på fisk/ utviklingsstadier
 - Tid for eksponering
 - Grad av eksponering
 - «Utløsende faktor»
- Klinikk og diagnostiske verktøy, inklusive måling av gasser i vann



Bruk av ultralyd i klinisk praksis på fisk

Stor takk til NYBRØK-teamet:

Ny brønnbåtkunnskap – biologiske risikofaktorer ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks (NYBRØK)



Finansiert av:



901788

Prosjektnummer

Prosjektinformasjon

Prosjektnummer: 901788

Status: Pågår

Startdato: 19.09.2022

Slutt dato: 01.10.2024

Fagfelt: Havbruk, Fiskehelse og fiskevelferd

FHF-ansvarlig

Renate Johansen

Fagsjef Havbruk og Miljø - Oslo

renate.johansen@fhf.no

944 36 288

Ansvarlig organisasjon

NIVA (Norsk institutt for vannforskning)

post@niva.no

22 18 51 00

Prosjektleder

Ole-Kristian Hess-Erga

NIVA (Norsk institutt for vannforskning)

Seniorforsker

ole-kristian.hess-erga@niva.no

979 73 054



UNIVERSITETET I BERGEN

Prosjekt er et samarbeid mellom NIVA, Aqua Kompetanse, UiB, Patogen, NUI, Seafarming Systems, ILAB, APN og næringsaktørene Sølvtrans, Frøy, Rostein, Mowi ASA, Lerøy Seafood Group ASA, SalmoNor, SalMar, Salmon Evolution og Salmon Group.

...og takk til ukjent gatekunstner i Tromsø by

Tusen takk for
oppmerksomheten!



Torsdag 14. mars

09:00-10:00	Registrering og besøk hos utstillere
10:00-10:45	Felles for alle fagseksjoner
10:00-10:45	President David Persson åpner Veterinærdagene Statssekretær Wenche Westberg fra Landbruks- og matdepartementet Hva er avgjørende for å sikre et bærekraftig landbruk hvor god dyrehold og dyrevelferd er i fokus?
10:45-11:15	Kaffe og besøk i utstillingsområdet
Program for Akvamedisin	
11:15-11:20	Velkommen info fra programkomiteen
11:20-12:05 Jonathan Balcombe (digitalt)	I hodet på en fisk
12:05-13:00	Lunsj og besøk i utstillingsområdet
13:00-13:25 Evgenia Dunaevskaya, NMBU	Miljøberikelser til fisk
13:25-13:45 Ela Cianl, NMBU	Kan adferd benyttes som en early warning?
13:45-14:15	Besøk i utstillingsområdet
14:15-14:40 Siri Gåsnes, Veterinærinstituttet	Velferd hos den lille fisken
14:40-15:00 Alexander Figenschou, NMBU	Karakterisering av taperfisk
15:00-15:30	Besøk i utstillingsområdet
15:30-15:55 Lars Botten, Lerøy	Med omsorg for rensefisken
15:55-16:30	Besøk i utstillingsområdet
16:30-17:15 Mari Kjønstad, Åkerblå	Lusepraksis
19:30-20:00	Vordrink i utstillingsområdet
20:00	Middag

Fredag 15. mars

08:30-09:15 Susanna Lybæk, Dyrevernaliansen	Virkemidler for å redusere dødeligheten i næringen
09:15-09:25	Sponsorinnlegg Anteo
09:25-10:00	Kaffe og besøk i utstillingsområdet
10:00-10:45 Mikael Frisk, UIO	Ultralyd som verktøy ved hjertediagnostikk
10:45-11:15	Besøk i utstillingsområdet og utsjekk av hotellrommet
11:15-11:35 Birgit Kvåle, Lingalaks	Dødfiskkategorisering og velferdsindikatorer som del av målrettet helsearbeid
11:35-12:00 Anniken Mork, Buksér og Berging AS	Velferd i fokus under avlusing
12:00-13:00	Lunsj og besøk i utstillingsområdet
13:00-13:25 Ketil Skår, Veterinærinstituttet	Fra rødt til grønt
13:25-13:45 Alf S. Dalum, Aquakompetanse	Gassbobler i fisk – betyr trykkendringer mer enn vi har trodd?
13:45-14:15	Kaffe og besøk i utstillingsområdet
14:15 -14:30 David Persson	Orientering om pågående saker fra sentralstyrerepresentant
14:30-14:55 Irja Viste Ollestad, Mattilsynet	Mattilsynet utfører konserntilsyn
14:55-15:30 Mattilsynet og Den norske veterinærforening	Tilsyn av veterinærer og journalføring
15:30-15:45	Avslutning