

5-2005



## VIRVELDEFORMASJONER HOS ATLANTERHAVSLAKS



# VIRVELDEFORMASJONER HOS ATLANTERHAVSLAKS

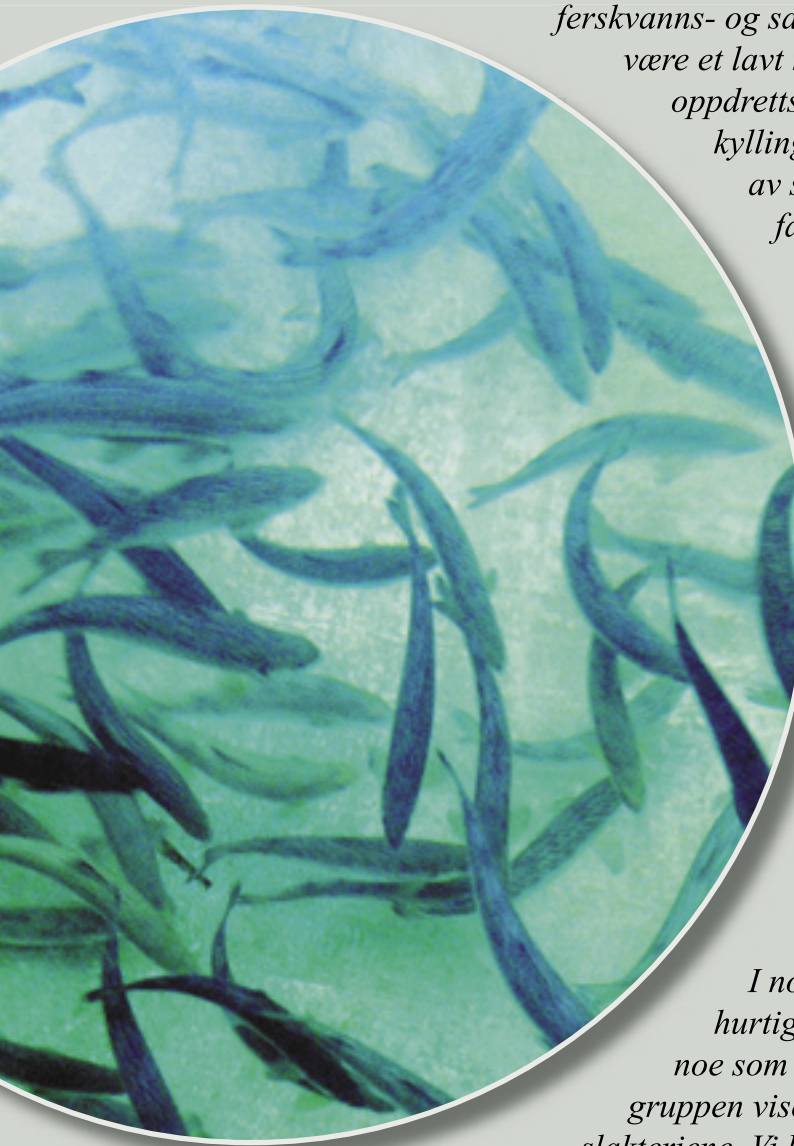
*Deformasjoner i virvelsøylen er en tapsbringende faktor i norsk lakseoppdrett.*

*Virveldeformasjoner forekommer i naturlige populasjoner av både ferskvanns- og saltvannsarter av beinfisk. Derfor vil det alltid være et lavt naturlig innslag av slike deformasjoner hos oppdrettsfisk. I annen husdyravl, som for eksempel av kylling, har økt veksthastighet ført til økt forekomst av skjelettdeformasjoner. Hos laks vet vi at faktorer som:*

- ▶ *liten smolt*
- ▶ *hurtig vekst*
- ▶ *feil vaksinasjonstidspunkt*
- ▶ *lavt innhold av fosfor i fôret*
- ▶ *avl*
- ▶ *fremmedstoffer og*
- ▶ *høy inkubasjonstemperatur*

*kan øke risikoen for å utvikle virveldeformasjoner. Slike deformasjoner oppstår i ulike regioner av laksens virvelsøyle og kan skyldes vekstendringer i virvlene, eller reflektere hvor den mekaniske belastningen på ryggvirvlene er størst.*

*I norsk lakseoppdrett blir den mest hurtigvoksende fisken produsert som høstsmolt, noe som kan være med på å forklare at nettopp denne gruppen viser høyest innslag av virveldeformasjoner på slakteriene. Vi konsentrerer oss derfor om å optimalisere produksjonsmetodene for høstsmolt med tanke på oppdrettsmiljø, veksthastighet og vaksinasjonsstrategi.*



## Fakta

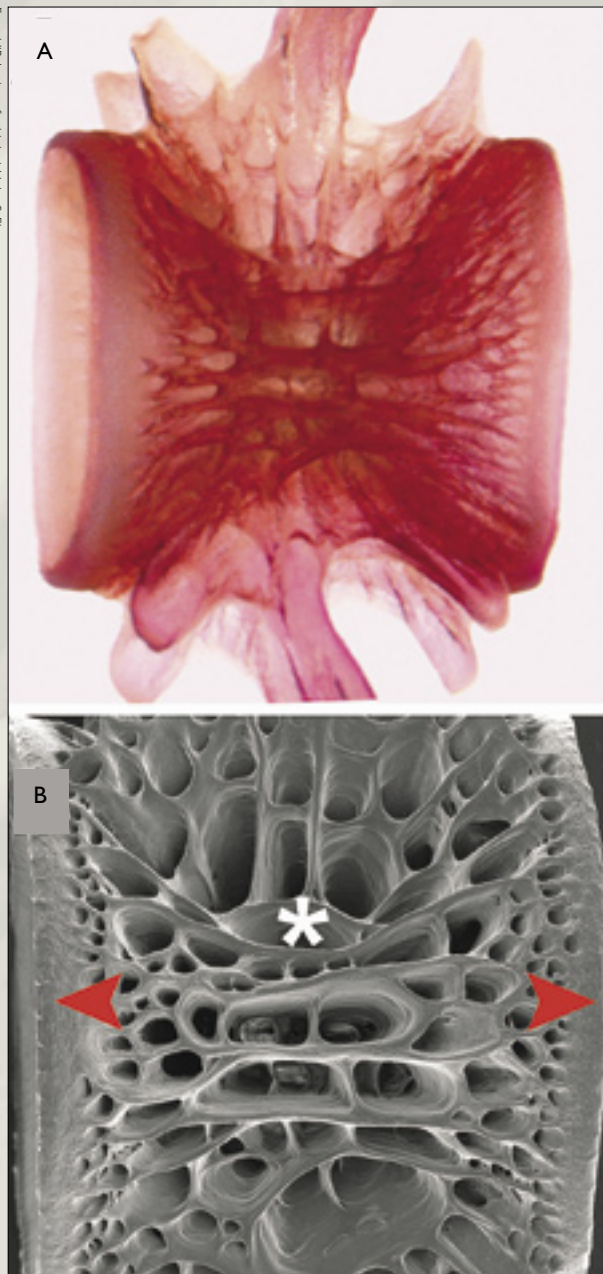
### Laksens ryggvirvler

Laksens ryggvirvler utgjør en kompleks struktur. Ryggvirvelens midtre del er sylindrerformet og innhul både fremme og bak (Figur 1). Den inneholder derfor en lav beinmasse, men opprettholder samtidig en viss mekanisk styrke. Lav beinmasse er nødvendig for å hindre at fisken blir for tung, mens mekanisk styrke hindrer at virvelen blir trykt sammen når fisken svømmer. Beinmassen består av strukturelle proteiner (hovedsakelig kollagen) og mineraler (hovedsakelig kalsium og fosfor). Den spesielle oppbyggingen kan gjøre ryggvirvlene sårbare for forandringer i beinmassens sammensetting.

Figur 1: Laksens ryggvirvler. (A) Alizarinfarget ryggvirvel fra laks fotografert fra siden. Ryggvirvelens midtre del er sylindrerformet og innhul både fremme og bak, og består av en timeglassformet struktur av kompakt bein omgitt av trabekulært bein. (B) Skanning elektron mikroskopi (SEM) av ene siden til en ryggvirvel fra laks. Viser et nettverk av trabekulært bein (stjerne) som stabiliserer virvelen og gir den mekanisk styrke. Røde pillhoder viser vekstsonene i det kompakte beinet.

*The vertebral body of the Atlantic salmon. (A) Lateral view of an alizarin-stained vertebra. The vertebral body is roughly cylindrical, and consists of a biconoid amphicoelous core of compact bone surrounded by trabecular bone. (B) Scanning electron micrograph (SEM) of a vertebra (lateral view), showing a network of trabecular bone (star), which stabilizes the compact bone, thus preventing cranial-caudal compression. Red arrowheads show the growth zones of the compact bone. (Photo: University of Bergen, Department of Biology, Helga S. Eknes)*

Foto: Ull, Institutt for biologi, Helga S. Eknes

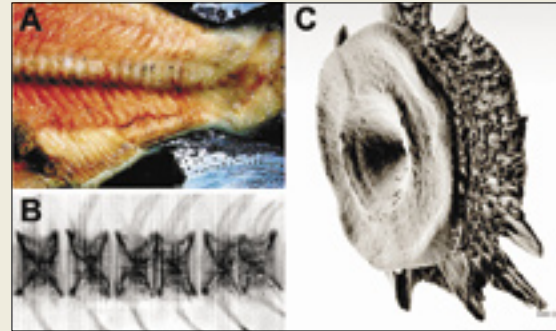




## Fakta

### Virveldeformasjoner

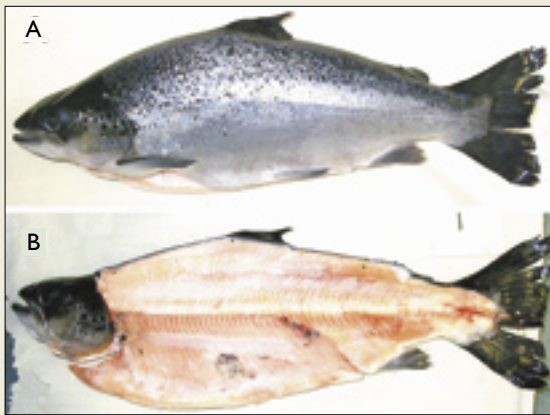
En vanlig form for virveldeformasjon hos oppdrettslaks er forkorting av ryggvirvlene (Figur 2). Denne typen skade skyldes forandringer i ryggvirvlernes vekstsoner, noe vi antar oppstår seint i utviklingen. Skaden forekommer både i hele og i enkelte regioner av virvelsøylen. Forkorting av ryggvirvler i haleregionen er en type regional skade som er godt synlig ved en utvendig undersøkelse av fisken. Dette gir derfor mye nedklassing på slakteriene. Fisk der hele virvelsøylen er skadet, har en svært avvikende kroppsform og er lett å skille fra normal fisk (Figur 3). Små virveldeformasjoner er ikke synlige utenpå fisken og blir derfor ikke oppdaget på slakteriene. En gruppe laks med lav andel av fisk klassifisert som deformert ut fra en ytre visuell bedømmelse (2 %), viste ved røntgenundersøkelse et høyere innslag (7 %) deformasjon.



Figur 2: Forkortede virvler hos oppdrettslaks.

(A) Bilde av haleregionen hos laks med forkortede virvler: (B) Røntgenfotografi av haleregion hos laks med forkortede virvler: (C) Mikro-CT-skann av en forkortet virvel. Vekstmønsteret er normalt inntil virvelen har nådd en viss størrelse. Deretter stagnerer lengdeveksten, og virvelen får en flat form. *Compressed vertebrae in cultured salmon.*

(A) Lateral view of the tail region of a salmon with compressed vertebrae. (B) Radiograph of the tail region of a salmon with compressed vertebrae. (C) X-ray microcomputerised tomography (micro-CT) of a compressed vertebra. The pattern of growth is normal until the vertebra reaches a certain size, afterwards the longitudinal growth stops, and the vertebra develops a compressed morphology.



Figur 3: Forkortede virvler hos oppdrettslaks.

(A) Laks der alle virvlene i virvelsøylen er forkortet.

(B) Venstre side dissekert bort hos laks der alle virvlene i virvelsøylen er forkortet.

*Compressed vertebrae in cultured salmon. (A) A salmon that displays compressed vertebrae throughout the vertebral column.*

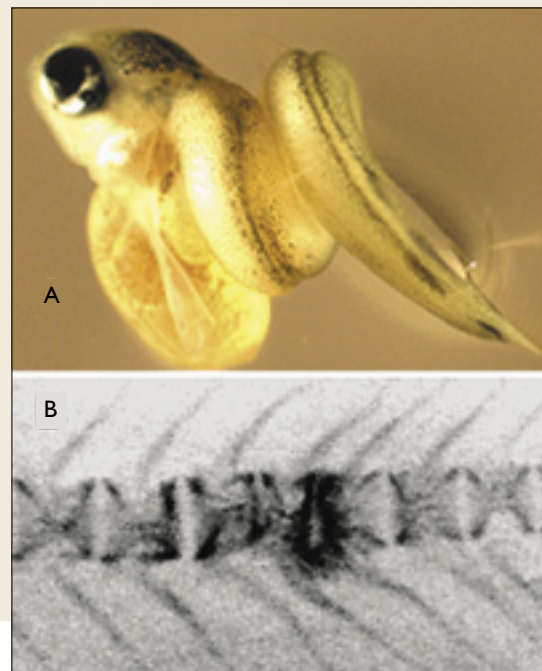
(B) Left side of the vertebral column dissected free in a salmon displaying compressed vertebrae throughout the vertebral column.

Figur 4: Effekter av temperatursjokk på rognstadiet hos laks. ▶

(A) I grupper som ble gitt temperatursjokk, hadde om lag 20 % av individene "griserumpe" ved startfôring.

(B) Røntgenfotografi tatt ti måneder etter befruktning viser deformerte virvler i haleregionen.

*Heat shock during incubation affects the development of the vertebral column. (A) Groups that were heat-shocked displayed 20 % "curled tails" at first feeding. (B) Radiograph taken ten months after fertilisation, showing deformations of the vertebrae in the tail region of a heat-shocked salmon.*



## Noen forskningsresultater fra Havforskningsinstituttet og gruppen for skjelettutvikling ved Institutt for biologi, Universitetet i Bergen:



Virveldeformasjoner i haleregionen ser ut til å kunne utvikles både på yngelstadiet og etter at laksen har kommet ut i sjøvann

Rogn som ble inkubert ved 6 °C og gitt et 24-timers temperatursjokk på 12 °C, ga fisk med deformerte ryggvirvler i haleregionen (Figur 4). Virveldeformasjoner i haleregionen kan også oppstå senere. Laks som hadde normale virvlesøyler to måneder før sjøvannsoverføring, hadde deformerte virvler i haleregionen ett år senere (Figur 5). Deformasjonene som oppstod på yngelstadiet, viste seg som sammenvokste virvler, mens deformasjonene som oppstod senere, viste seg som forkortede virvler.

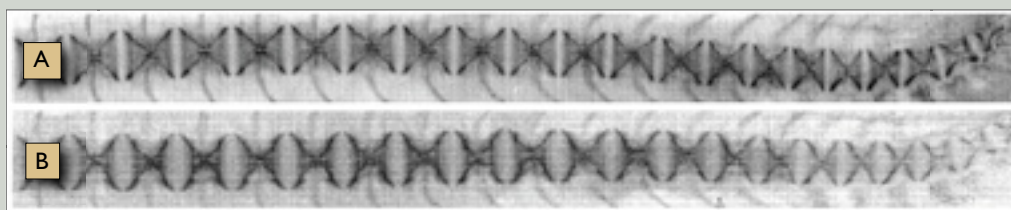
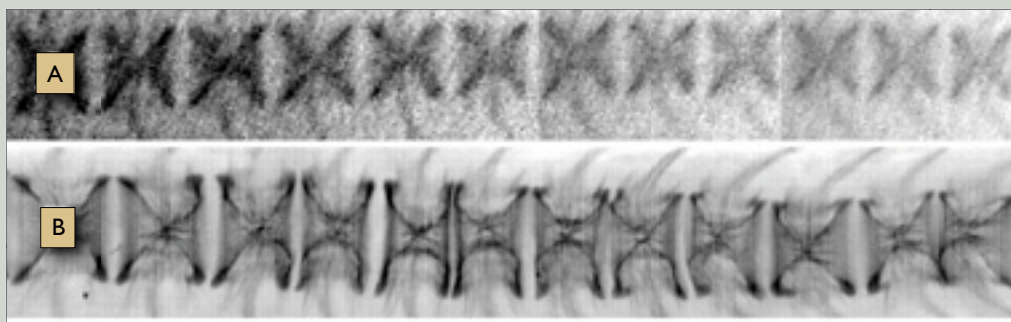
Liten smolt som vokser fort under smoltifisering og tidlig sjøvannsfase, har høyest risiko for å utvikle forkortede virvler i haleregionen

Det er en sterk sammenheng mellom fiskelengde og lengdevekst under smoltifisering og tidlig sjøvannsfase hos vårs smolt. Små individer vokser relativt mer i lengde enn større individer, og har høyere risiko for å utvikle forkortede virvler i haleregionen.

Et forsøk viste at høstsmolt hadde lavere mineralinnhold i ryggvirvlene enn vårs smolt ved sjøvannsoverføring. Forskjellen økte i løpet av den tidlige sjøvannsperioden, og høstsmoltens ryggvirvler ble mykere og bredere enn vårs smoltens (Figur 6). Forsøket viste også tydelig at ryggvirvler med lavt mineralinnhold er myke og svake.

Mineralisering av bein er en relativt treg prosess, og det er mulig at man i hurtigvekstperioder ikke oppnår fullverdig mineralisering av nytt beinvev. Det kan øke risikoen for at det utvikles virveldeformasjoner. Fôrets sammensetning kan også ha betydning, og da spesielt i perioder med hurtig vekst.

Figur 5: Forkortede virvler i haleregionen hos laks etter ti måneder i sjøvann. Individ med normal virvlesøyler i ferskvann (A) og forkortede virvler i haleregionen etter ti måneder i sjøvann (B). *Compressed vertebrae in the tail region of salmon, detected ten months after transfer to seawater. This individual displayed a normal vertebral column in freshwater (A), and compressed vertebrae 10 months after transfer to seawater (B).*



Figur 6: Røntgenfotografi av virvlesøylens bakre del hos vårs smolt (A) og høstsmolt (B) tre måneder etter sjøvannsoverføring. Legg merke til økt virveldiameter hos høstsmolt. *Radiographs (lateral view) of the caudal region of the vertebral column. (A) Yearling smolt. (B) Under-yearling smolt. Note the increase in vertebral diameter in under-yearling smolt.*



Deformasjoner i andre deler i rygg søylen ser ut til å kunne utvikles gjennom hele livssyklusen

Virveldeformasjoner kan utvikles både i fersk- og saltvannsfasen og i ulike regioner av virvel søylen. En gruppe individmerket vårsmolt som ble røntgen fotografert to måneder før sjøvannsoverføring, hadde 7 % virveldeformasjoner etter ti måneder i sjøvann. Disse deforma sjonene var spredd over hele virvel søylen (Figur 7). Hos noen individer var deforma sjonene også til stede i ferskvann, mens andre kun viste slike skader i saltvann (Figur 8 A–D).

Virveldeformasjoner som oppstår i ferskvann, blir ofte forverret i løpet av sjøvannsfasen

Virveldeformasjoner kan forverres over tid. Individer som har små virveldeformasjoner i ferskvann, kan utvikle større deforma sjoner i løpet av sjøvannsfasen (Figur 8 E og F).

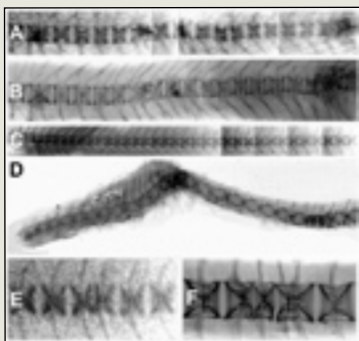
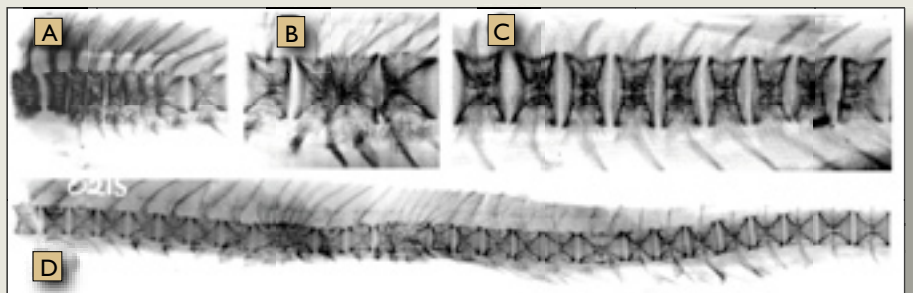
Feil vaksinasjonsstrategi kan gi flere virveldeformasjoner

Både feltstudier og eksperimentelle studier har vist at feil vaksinasjonsstrategi kan øke risikoen for å utvikle virveldeformasjoner, selv om de bakenforliggende årsakene ikke er kartlagt. Dette kan innbefatte effekter av vaksine på immunsystemet, buk huleorganer, beinmetabolisme eller appetitt og vekst.

Vårsmolt som ble vaksinert ved hjelp av stikkvaksinering i buk hulen i august ved lav fiske størrelse og høy temperatur, hadde flere sammenvoksninger i buk hulen, flere deformerte ryggvirvler og høyere kondisjonsfaktor etter ni måneder i sjøvann enn vårsmolt som ble vaksinert om vinteren. Fisk som ble vaksinert i august, utviklet forkortede virvler, spesielt i to regioner av virvel søylen, én under ryggfinnen og én bak i halen (Figur 9). Et annet forsøk viste at høstsmolt som ble vaksinert med to ulike vaksintyper, fikk ulikt innslag av virveldeformasjoner (15 % vs. 27 %). Vaksinen som gav mest sammenvoksninger i buk hulen, ga også mest virveldeformasjoner.

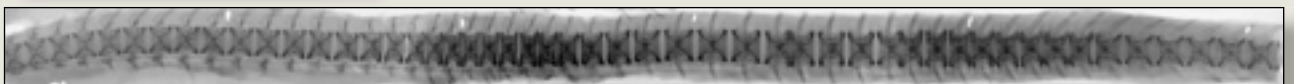
Figur 7: Røntgen fotografi av ulike typer virveldeformasjoner observert hos oppdrettslaks etter ti måneder i sjøvann. (A) Virvel søylens fremre del. (B) Under ryggfinnen. (C) I haleregionen. (D) Større område av virvel søylen.

Radiographs of vertebral deformities (lateral view) present ten months after transfer to seawater. (A) Post-cranial region. (B) Ventral to the dorsal fin. (C) Caudal region. (D) Large proportion of the vertebral column.



Figur 8: Røntgen fotografi av individmerket laks to måneder før sjøvannsoverføring og etter ti måneder i sjøvann. (A og B) Individ med deformerte virvler både i ferskvann (A) og sjøvann (B). (C og D) Individ der virvel søylen var normal i ferskvann (C), mens store deler var deformert etter ti måneder i sjøvann (D). (E og F) Individ med deformerte virvler både i ferskvann (E) og sjøvann (F). Legg merke til at skaden har økt i omfang; to virvler var deformert i ferskvann (E), mens fire virvler var deformert etter ti måneder i sjøvann (F).

Radiological examination (lateral view) of individually tagged Atlantic salmon two months before and ten months after transfer to seawater. (A and B) An individual with deformed vertebrae in both freshwater (A) and seawater (B). (C and D) An individual with normal vertebrae in freshwater (C), and many deformed vertebrae in seawater (D). (E and F) An individual with two deformed vertebrae in freshwater (E) and four deformed vertebrae in seawater (F).



Figur 9: Røntgen fotografi av vaksinerelatert virveldeformasjon hos laks etter ni måneder i sjøvann. Vårsmolt vaksinert ni måneder før sjøvannsoverføring ved lav fiske størrelse og høy temperatur, fikk mer sammenvoksninger i buk hulen og høyere innslag av virveldeformasjoner enn laks som ble vaksinert om vinteren. Mange av fiskene hadde to områder med forkortede virvler; ett under ryggfinnen og ett i haleregionen. Vaksintypen er fjernet fra markedet. Radiograph of compressed vertebrae induced by an incorrect vaccination strategy. Yearling smolts that were vaccinated nine months before transfer to seawater when still small and at high temperature developed more abdominal lesions and a higher incidence of vertebral deformities during the seawater phase than groups that were vaccinated during the winter. Many of the deformed individuals displayed two regions with compressed vertebrae, i.e. one ventral to the dorsal fin and one in the tail region.



Ut fra våre vaksineforsøk anbefaler vi følgende vaksinasjonsstrategi for høstsmolt:

- ▶ Vaksiner ikke fisk mindre enn 35 gram
- ▶ Vaksiner ikke ved temperaturer høyere enn 15 °C
- ▶ Bruk kun vaksiner med dokumentert lav bivirkningsprofil

#### Laksens virvelsøyle viser regional vekst

Virvlene i haleregionen vokser mye i lengde under smoltifisering og tidlig sjøvannsfase, mens veksten i virvelsøylens fremre del er sterkt påvirket av daglengden det første halve året i sjøvann. Villaksen har også økt lengdevækst i virvelsøylens fremre del frem mot tertmodning. Vekstmønstrene kan være biologiske tilpassinger til økt svømmeaktivitet under smoltifisering, og endret svømmeatferd i forbindelse med kjønnsmodning og/eller økt størrelse av bukhulen for å gi plass til eggene.

Dette vekstmønsteret kan forklare hvorfor individer som vokser raskt i forbindelse med smoltifisering og tidlig sjøvannsfase, har økt risiko for å utvikle forkortede virvler i haleregionen.

#### Abstract

*This brochure presents research results from the Institute of Marine Research and the Skeletal Research Group at the Department of Biology, University of Bergen.*

*In cultured Atlantic salmon, vertebral deformities may develop during different lifestages, and in different regions of the vertebral column (Figures 4–9). Furthermore, the severity of a vertebral deformity may increase with time (Figure 8 E and F). Although several factors associated with culture conditions may be involved, vertebral deformities occur naturally at a low rate in wild fishes. In cultured Atlantic salmon, the incidence of vertebral deformities at the end of the rearing period in seawater is highest in underyearling smolts, which are the fastest-growing individuals. For the first three months after transfer to seawater, the vertebral bone mineral content of underyearling smolts is low, a condition which is known to produce soft fragile bones.*

*Vertebral deformities in the caudal region of the vertebral column may develop at different stages of development (Figures 4 and 5).*

*Furthermore, yearling smolts that are small at transfer to seawater grow rapidly in length during smoltification and the early seawater phase, and seem to be at higher risk of developing compressed vertebrae in the tail. This may be linked to the regional growth that the vertebral column displays during this period, i.e. increased longitudinal growth in the vertebrae located caudally to the abdominal cavity. Both field and experimental studies have shown that an incorrect vaccination strategy increases the risk of development of vertebral deformities. Although factors such as fish size and temperature at vaccination and vaccine composition may be involved, the mechanisms that link these factors to the development of vertebral deformities remain to be elucidated.*

#### How to vaccinate underyearling smolts:

- ▶ Do not vaccinate fish smaller than 35 gram
- ▶ Do not vaccinate at temperatures higher than 15 °C
- ▶ Only use vaccines with documented profiles for side effects



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**Institute of Marine Research**

Nordnesgaten 50 - P.O. Box 1870 Nordnes  
N-5817 Bergen - Norway  
Tel: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 31  
E-post: [post@imr.no](mailto:post@imr.no)

[www.imr.no](http://www.imr.no)



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

Sykehusveien 23, Postboks 6404  
N-9294 Tromsø - Norway  
Tel: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 77 60 97 01



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

N-4817 His - Norway  
Tel: +47 37 05 90 00 – Faks: +47 37 05 90 01

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

N-5392 Storebø - Norway  
Tel: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 18 22 22

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

N-5984 Matredal - Norway  
Tel: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 56 36 75 85

**REDERIAVDELINGEN**

**Research Vessels Department**

Tel: +47 55 23 85 00 – Faks: +47 55 23 85 32

**INFORMASJONEN**

**Information**

Tel: +47 55 23 85 00 - Fax: +47 55 23 85 55  
E-post: [informasjonen@imr.no](mailto:informasjonen@imr.no)



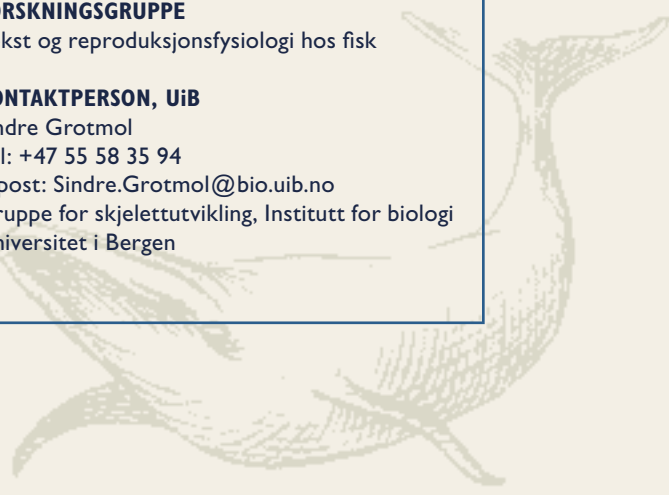
**KONTAKTPERSON**

Per Gunnar Fjelldal  
Tel: +47 56 36 75 21  
E-post: [per.gunnar.fjelldal@imr.no](mailto:per.gunnar.fjelldal@imr.no)

**FORSKNINGSGRUPPE**

Vekst og reproduksjonsfysiologi hos fisk

**KONTAKTPERSON, UiB**



Sindre Grotmol  
Tel: +47 55 58 35 94  
E-post: [Sindre.Grotmol@bio.uib.no](mailto:Sindre.Grotmol@bio.uib.no)  
Gruppe for skjelettutvikling, Institutt for biologi  
Universitet i Bergen