



SKJELETTDEFORMASJONER-

Havforskningsinstituttets arbeid med å kartlegge årsaksforhold og løsninger



SKJELETTDEFORMASJONER -

Havforskningsinstituttets arbeid med å kartlegge årsaksforhold og løsninger

Årlig oppdrettes det nå mer enn 160 millioner fisk frem til slakt i Norge. Dette utgjorde i 2002 mer enn 500 000 tonn til en førstehåndverdi på over 9 milliarder kroner. Innen produksjon av laksefisk er nå produksjonsprosessen så pålitelig at dødelighet ikke lenger er et avgjørende problem. Laks og ørret har i dag langt bedre vekst enn tidligere. I oppdrettsnæringens første fase var det viktigste å få fisken til å overleve og vokse. Effektive vaksiner gjør også at sykdomssituasjonen i hovedsak er under kontroll, og at antibiotikabruken er minimal. Som en følge av dette er oppmerksomheten i dag dreid mer over mot fiskevelferd, produksjonskvalitet og kvalitet på slaktefisk.

**Villfisk har også deformasjoner.
Eksempler fra hvitting og vill sjørøye.**



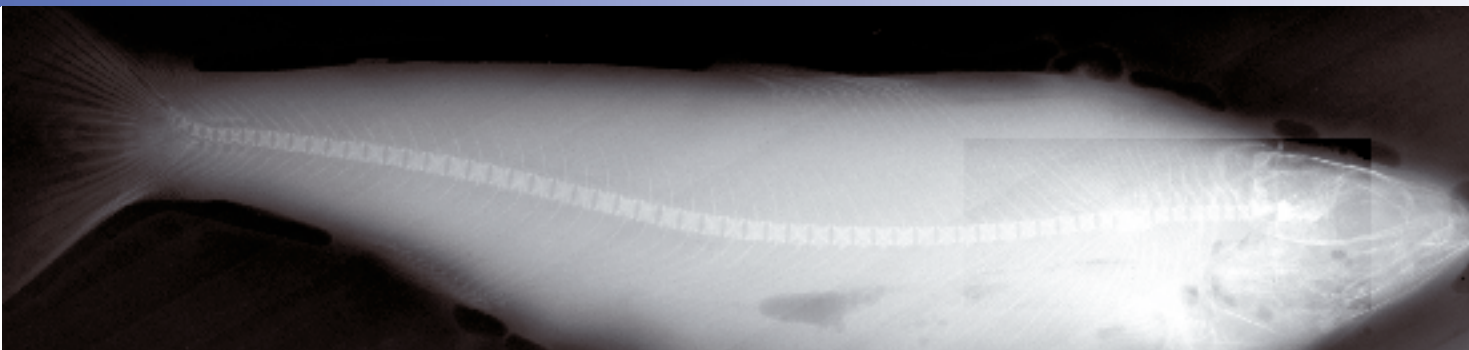
Produksjonslidelser som det nå er fokus på, er katarakt, kjevedeformasjoner, finneslitasje, øyenapping, og ikke minst ryggradsdeformasjoner inkludert "korthaler". Årsaken til økt oppmerksomhet omkring produksjonslidelser kan være at omfanget av disse lidelsene er blitt større. Dette kan skyldes mer intensiv drift, eller at bedre overlevelse fører til at flere fisk følger med til slakt, noe som gjør produksjonslidelsene mer synlige. Et sterkere engasjement for dyrevelferd i samfunnet generelt gjør også at det nå fokuseres mer på produksjonsforholdene i næringen, og at kvalitet på slaktelinja blir stadig viktigere.

Bakgrunn

Omfanget av deformasjoner er vanskelig å angi eksakt. Årsak til nedklassing på slaktelinjen ble i 1994 undersøkt i

hundre slaktegrupper i Hordaland. Andelen fisk som ble nedklassifisert på grunn av ryggdeformasjoner lå da rundt 3 %, med variasjoner fra 0 til 20 %. Hvis dette er representativt for Norge i dag, vil det si at det årlig går ca. 5 millioner deformerte fisk til slakt.

I produksjon av laksefisk har man siden starten hatt forekomst av ryggradsdeformasjon. Lidelsen finnes også hos marine arter i oppdrett. I tillegg hender det at en observerer den blant villfisk, men det hender ikke ofte. En av grunnene til at dette sjelden ses i naturen, er at slik fisk normalt blir tapere og dør. I vannet er fisk i likevekt. Ryggøylen er derfor ikke vekt bærende, slik som hos landlevende dyr.



"Korthaler" var tidligere utbredt hos oppdrettsrøye.

Bilde fra 1985.



Eksempel med forkortet ryggstøyle hvor ryggen er forhøyet (a), samt normal laks (b).

Typen skjelettdeformasjoner

Skjelettdeformasjoner ser vi ofte som “korthaler”. Disse kan ha avkortet halepart, kompakt form eller kuppelrygg. Korthaler skyldes sammentrykte eller sammenvokste ryggvirvler. S- eller Z-formet ryggrad forekommer også. Dette kan være deformerte virvler eller normale virvler som ikke står rett på hverandre.

I tillegg kommer andre deformasjoner i hoderegionen som “mopsehode”, med avkortet nese/overkjeve, og gjellelokkforkortelse. “Papegøye” har deformert underkjeve. Hos kveitelarver kan det siste til tider være et stort problem.

Som man ser er det mange typer deformasjoner, både i fiskens utseende og når man studerer skjelettet. Disse har ulike årsaker og kan påvirkes og utvikles i ulike livsfaser. Vi snakker derfor ikke om ett problem med én løsning, men om ulike typer deformasjoner, med mange årsaker.

Produksjon

For å redusere produksjonstiden har det vært en stadig intensivering også innen havbruk. I naturen tar det tre–sju år fra klekking til smoltifisering, før laksen er klar til å vandre fra ferskvann til sjøvann. For ti år siden var hovedtyngden smolt som ble produsert, 1- eller 2-årsmolt. I dag

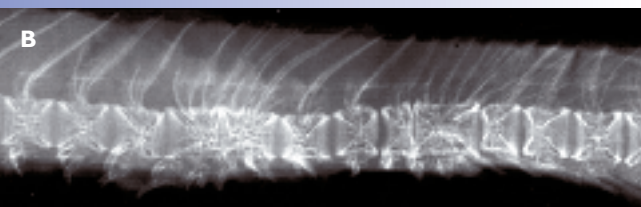
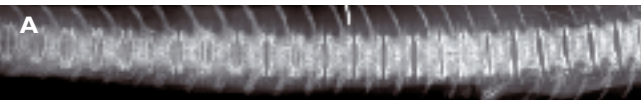
utgjør 0-åringer om lag 50 % av produksjonen, og resten er 1-årsmolt. Innkortingene av produksjonstiden er oppnådd gjennom lysstyring, som påvirker gyting, smoltifisering samt vekst og kjønnsmodning i sjø. Avl og bruk av høyere temperatur i hele eller deler av produksjonszyklusen likeså. Fôr og fôringsregimer er optimalisert. Oksygen er i utstrakt bruk for å heve metningen, men også for å kompensere for vannmangel. Smolt settes i sjø til alle årstider, og produksjonstiden i sjø er redusert.

Alle disse faktorene – isolert eller i sammenheng – kan være medvirkende årsaker til økt omfang av skjelettdeformasjoner. Problemet er størst i laksenæringen, fordi det er her produksjonsvolumet er størst. Men deformasjoner er til stede i alle typer oppdrett. Etter hvert som volumet øker for marine arter, og nye arter kommer inn i bildet, vil en trolig få mer oppmerksomhet om skjelettdeformasjoner også hos disse artene.

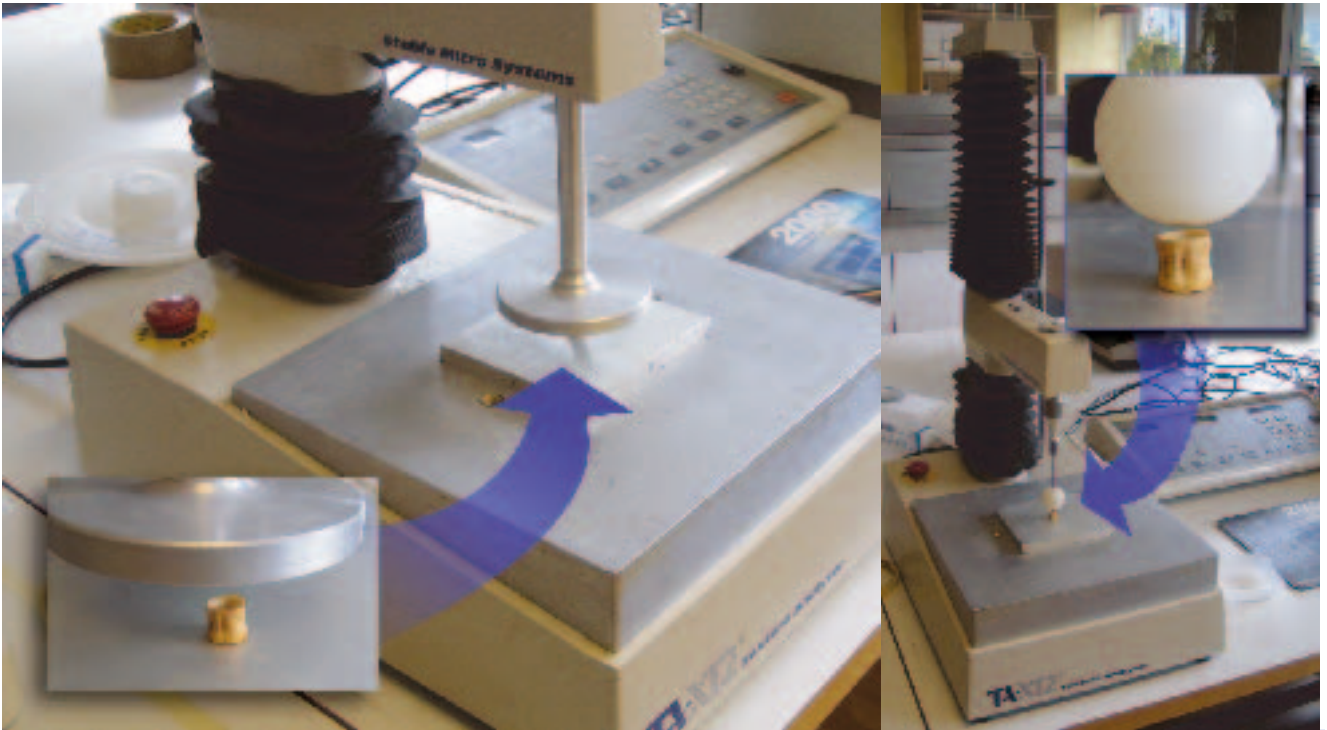
Velferd

I alle former for oppdrett er det viktig å ta hensyn til fiskens krav på velferd. Kunnskap om hvordan produksjonen best kan tilpasses oppdrettsorganismene er vesentlig, slik at feilutvikling og produksjonslidelser unngås. Dyrevernløvens formål om at dyr ikke skal påføres unødige lidelse må derfor ligge i bunnen av alt oppdrett, og likeså i arbeidet med å redusere deformasjoner.

Oppdrettsnæringen har også en klar markedsinteresse i å unngå deformasjoner, som kan påvirke kundene negativt og bidra til å svekke bildet av en sunn og bærekraftig næring. For den enkelte oppdretter gir deformasjoner dårligere økonomi; forårsaket av veksttap, dødelighet, nedklassifisering på slakteri eller at settefisk med mye deformasjoner ikke blir solgt. Alle vil derfor tjene på at omfanget av skjelettdeformasjoner reduseres mest mulig, men dette krever ny kunnskap.



Sammentrykte virvler (a), og både sammenvokste og sammentrykte/deformerte virvler (b).



Virvelstyrken måles med teksturmåler som kraften som skal til for at en virvel kollapser.

Hva gjør Havforskningsinstituttet?

Produksjonslidelser er et satsingsområde ved Havforskningsinstituttet. For å finne løsninger som kan redusere problemene med deformasjoner arbeider vi nå på mange områder. Forskning trengs for å forstå hva som forårsaker deformasjoner, når og hvordan de oppstår og hvilke mekanismer som styrer skjelettutvikling. Målet er å komme med klare anbefalinger til tiltak som kan motvirke produksjonslidelser i oppdrettsnæringen.

Eksperimentelt har det så langt vært arbeidet med å kartlegge følgende årsaksforhold:

- Temperatur
- Ernæring
- Vekstrate
- Vaksinerings
- Vannkvalitet og oppdrettsmiljø

Metoder for å undersøke deformasjoner er bl.a.:

- Registrering av ulike typer synlige deformasjoner
- Genteknologi for å undersøke hvilke gener som uttrykkes
- Histologi og helpreparat for å studere vevsforandringer
- Røntgen for å studere vekst og utseende på ryggvirvler
- Kjemiske analyser for beinsammensetning og hormonanalyser
- Tekstur for å måle beinstyrke
- Undersøkelser av vekst og kondisjon

En deformitet kan skyldes en eller flere samvirkende faktorer. Den kan også dannes ved ulike livsstadier. Et bredt spekter av metoder er i bruk, noe som nettopp gjenspeiler kompleksiteten i årsaksforhold og utviklingsbiologi, men også det faktum at undersøkelsene omfatter alt fra knøttmå individer til fisk som veier flere kilo. Ulike faktorer, sammenhenger og livsstadier gir forskjellige patologiske skjelettdeformasjoner. Fortsatt er det mye vi ikke vet på dette området.

Forskningsresultater

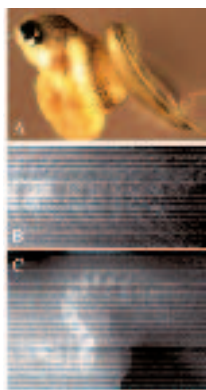
Nedenfor er en gjennomgang av status, og av hvordan Havforskningsinstituttet arbeider innenfor oppdrettsartene laks, torsk og kveite. En del sammenhenger er funnet, og denne kunnskapen er allerede tatt i bruk av oppdrettsnæringen. Omfanget av deformasjoner er derfor allerede redusert. Etter hvert vil mer kunnskap gi grunnlag for å skissere nye løsninger, avdekking av risikofaktorer etc., slik at omfanget reduseres ytterligere.

LAKS

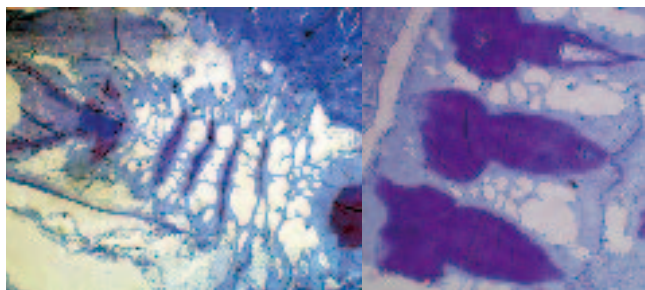
Skjelettdeformasjoner hos laks har gitt problemer både med hensyn til fiskens velferd og oppdretterens økonomi. Feil skjelettutvikling hos laks oppstår på ulike stadier i fiskens utvikling og viser seg som forskjellige typer deformasjoner, både med tanke på plassering og utforming. Dette vises bl.a. ved røntgen av "korthaler", der en finner flere forskjellige typer virvelskader.

Rognstadiet

Høy temperatur på rognstadiet hos laks gir økt innslag av ulike typer deformasjoner både i skjelett og indre organer.



Effekt av temperatursjokk på rognstadiet hos laks. (A) Gruppene som fikk temperatursjokk, hadde om lag 20 % individer med "griserumpe" ved startfôring. (B) Mindre område med sammenvokste virvler i haleregionen. (C) Større område med sammenvokste virvler i haleregionen. Røntgen ved 3200 døgngader, ca. 15 cm.



Histologisk snitt av deformerte virvler fra et forsøk ved Matre havbruksstasjon. Lilla felt mellom virvlene er brus som normalt ikke skal være der.

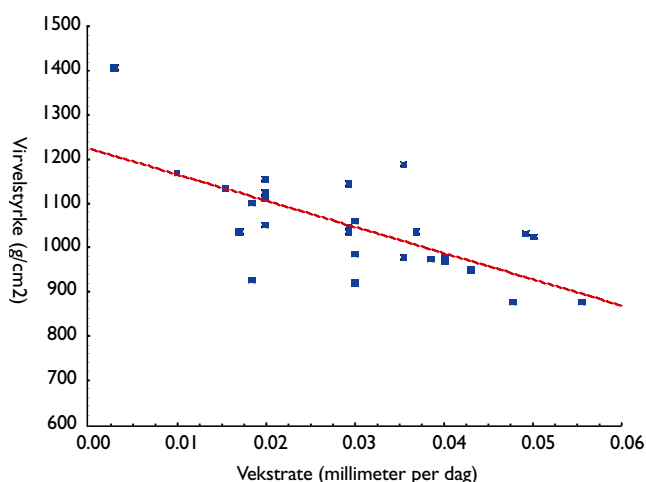
(Foto: UiB, Zool. inst., I. Næsje)

Akvaforsk har derfor anbefalt å bruke en temperatur på under åtte grader på rognstadiet hos laks. Dette brukes nå i næringen, og har medført redusert omfang av deformasjoner dannet på rognstadiet.

Havforskningsinstituttet Matre havbruksstasjon har påvist følgende: Rogn som holdes på seks grader, og som så i perioden 68 til 162 døgngader etter befruktning utsettes for et 24 timers temperatursjokk på 12 grader, gav deformasjoner i haleregionen hos laks. Disse feilutviklingene kunne ses som sammenvokste virvler når fisken ble 15 cm. Sjokket ble gitt i perioden der grunnlaget for virvlene dannes, da rognen er spesielt utsatt for ytre påvirkning. Temperatursjokk førte også til endring i uttrykket av "nøkkelgener" som er viktige for riktig skjelettutvikling.

Ferskvannsfasen

Når virvlene vokser, dannes først en proteinstruktur som senere mineraliseres med bl.a. kalsium og fosfor. Et forsøk ved Matre havbruksstasjon har vist sammenhenger mellom vekstrate og virvelstyrke hos laks. Høy vekstrate gav lavere virvelstyrke, trolig på grunn av at de nydannede vekstsonene ikke er ferdig mineralisert. I det samme forsøket påvirket vaksinedosen vekstraten den første perioden etter vaksinerings, noe som igjen påvirket virvelstyrken. Fisk som fikk høy vaksinedose, vokste dårligst og hadde de sterkeste virvlene.

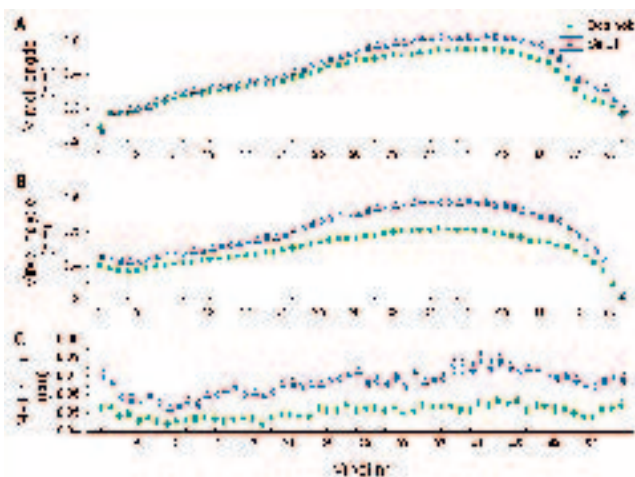


Sammenheng mellom veksthastighet og virvelstyrke hos laks før smoltifisering.

Vi har også funnet at det skjer store endringer i virvelveksten i forbindelse med smoltifisering og tidlig sjøvannsfase. Det er store forskjeller i virvelsøylemorfologi mellom sjøsatt smolt og smolt som er holdt tilbake i ferskvann. Den sjøsatte smolten hadde en kraftigere virvelvekst fra ryggfinnen og bakover til fettfinnen. Samtidig økte mellomrommet mellom virvlene, og forholdet mellom virvellengde og diameter ble endret.



Smoltifisering. (A) Parr. (B) Smolt holdt tilbake i ferskvann. (C) Sjøsatte smolt. Røntgen er tatt 12 uker etter.



Smoltifisering. (A) Virvellengde, (B) diameter og (C) mellomrom hos sjøsatt smolt og smolt holdt tilbake i ferskvann (desmolt).

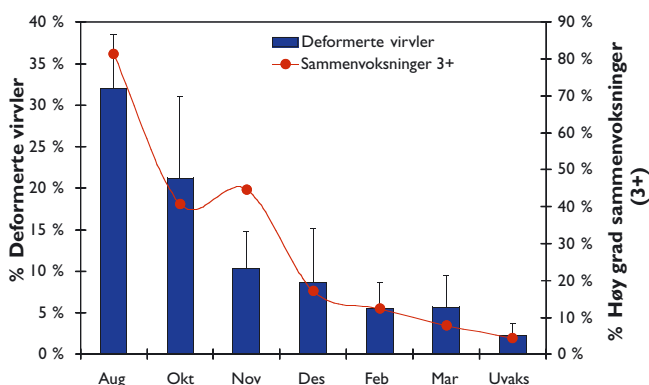
Sjøvannsfasen

Flere oppdretteres erfaring er at det rekrutteres nye "korthaler" i løpet av produksjonen i sjøanlegg. Om disse virveldeformasjonene dannes i sjøvannsfasen, eller om det er tidligere skader som kommer til syne når fisken blir stor, er fortsatt uklart. Trolig dreier det seg både om tidligere skader som ikke er synlige utvendig i ferskvann, og om skader som oppstår etter sjøsetting. Våre erfaringer tyder på at tidlige skader (på rognstadiet) viser seg som sammenvokste virvler ved røntgen, mens senere skader ofte kan observeres som sammentrykte/forkortete virvler.

At virveldeformasjoner kan utvikles etter vaksinerings og sjøsetting, er vist i et forsøk med ulike vaksinasjonstidspunkt. I årssmolt ble vaksinert til ulike tidspunkter i perioden august til mars ved Matre havbruksstasjon. Fiskegruppen som ble vaksinert tidligst, ved høyest temperatur og minst fiskestørrelse, utviklet mest sammenvoksninger i bukhulen. I sommerperioden etter sjøsetting med høy vekstrate vokste den tidligst vaksinerte gruppen dårligst. Ved slakt hadde denne gruppen høyest innslag av deformerte virvler. Deformasjonene viste seg som forkortete virvler. Kondisjonsfaktoren var også høyest i denne gruppen.



Røntgenbildet viser normale virvler (øverst), og eksempler på forkortet av virvler sett i dette forsøket. Virvlene har normal høyde, men ikke lengde, form eller struktur. Mellomrommet mellom virvlene er ofte redusert.

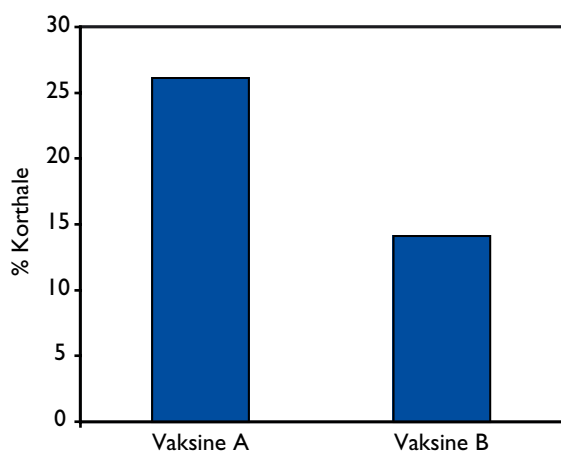


Andel deformerte virvler (søyler) hos laks som ble vaksinert til forskjellig årstid, samt andelen i hver gruppe med mye sammenvoksninger i bukhulen. Vaksinen som ble brukt, er ikke lenger på markedet.

Et annet forsøk med to ulike vaksiner viste at den ene vaksinen gav dårligere vekst og mer sammenvoksninger i bukhulen. Denne vaksinen gav også en høyere andel "korthaler".



Mild form for "korthale" med tykk bindevevs-hinne i haleregionen i et forsøk med to vaksiner.



Andelen definert som "korthale" er lavest i gruppen som hadde minst sammenvoksninger og vokste best.

TORSK

Torskeoppdrett er en ung næring sammenlignet med oppdrett av laks. Også hos oppdrettstorsk forekommer skjelettdeformasjoner. Disse ser man i yngelproduksjonen. De arter seg som "knekk" i nakken eller på ulike steder langs ryggraden. Forkortet ryggrad er også observert (korthaler). Deformert yngel er fullt ut levedyktig. Fasongen virker imidlertid unaturlig og vil nok utgjøre et kvalitetsmessig problem ved salg av yngelen og i videre oppdrett.



Torskeyngel med "knekk" i ryggraden.

Foto: UiB, Zool. inst., G. Totland

Omfanget av slike skjelettdeformasjoner er ikke kjent, men flere yngelprodusenter melder om en betydelig andel av fisk som har denne typen deformiteter. Årsaken til deformitetsdannelse er heller ikke kjent. I naturen er det også observert til dels bisarre skjelettdeformiteter, men de er svært sjeldne. Blant yngel som er produsert i poller med naturlig forekommende plankton som fôr, er det også relativt sjelden å finne fisk med deformiteter.

I intensivt oppdrett ser dannelsen av deformiteter ut til å skje i sein larvefase eller tidlig yngelfase. Erfaringer fra Havforskningsinstituttet Austevoll havbruksstasjon kan tyde på at fôr kvalitet spiller en rolle. Tidlig overgang fra byttedyret *Rotatoria* til *Artemia* har gitt en økning i andel deformerte yngel. Fra startfôring av andre marine arter vet man at *Artemia* ernæringsmessig sett er en dårlig fôrpartikkel i forhold til naturlig plankton (copepoder). Videre forskning på fôr kvalitet av levende og formulert fôr i larve- og tidlig yngelfase bør derfor gis høy prioritet for å løse dette problemet.

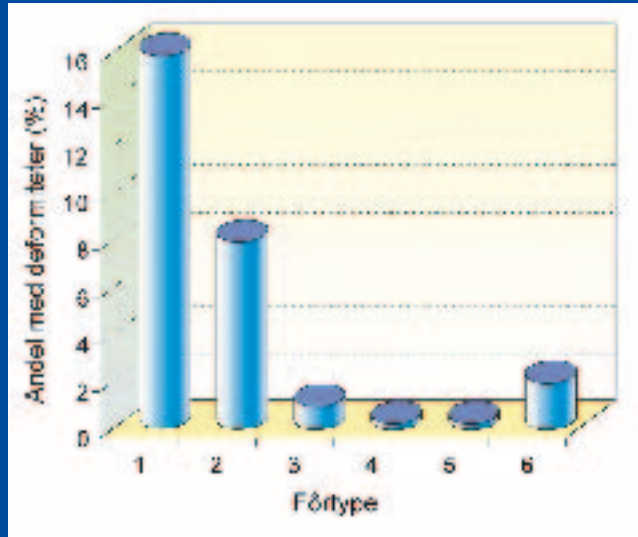
FÔRFORSØK

Ved Austevoll havbruksstasjon er det funnet at fôr kvalitet (formulert fôr) kan påvirke dannelsen av skjelettdeformiteter hos torsk i tidlig yngelfase. Det ble benyttet seks ulike fôr der fiskemel var helt eller delvis erstattet med ulike mengder av en annen proteinkilde.

Det ble funnet klare utslag på andel deformiteter i forhold til hvilket fôr som ble brukt. Fôr nr. 4 gav best vekst, høyest overlevelse (87 %) og lavest deformitetsandel (2 %). Til sammenligning var overlevelsen 70 % med fôr nr. 1, som også gav den høyeste deformitetsandelen (16 %).



Vanligste deformitets-type var Z- eller S-bøyning av ryggøylen, sett ovenfra.



Andel deformasjoner hos torskeyngel, påvirket av fôrtype.
(I. Opstad m.fl.)

OVERFYLT SVØMMEBLÆRE

Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen, som Havforskningsinstituttet samarbeider med, har også forsket mye på virvel- og skjelettutvikling. Her brukes bl.a. fargeteknikker som viser dannelsen av ryggvirvlene.

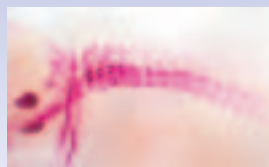
Hos torsk har de vist at en overfylt svømmeblære kan trykke notochorden (ryggstrengen) sammen. Notochorden fungerer som en mal som virvlene dannes rundt. Når denne er sammenpresset vil også virvlene bli deformert allerede ved dannelsen. Trykket fra svømmeblæren presser samtidig de nydannete virvlene med tilhørende neuralbuer oppover, slik at torsken får en knekk i nakken.

Årsaken til økt gasstrykk i svømmeblæren er uklar, men kan knyttes til vannkvalitet eller gassovermetning, eller til at fiskens reguleringsmekanismer er forstyrret.



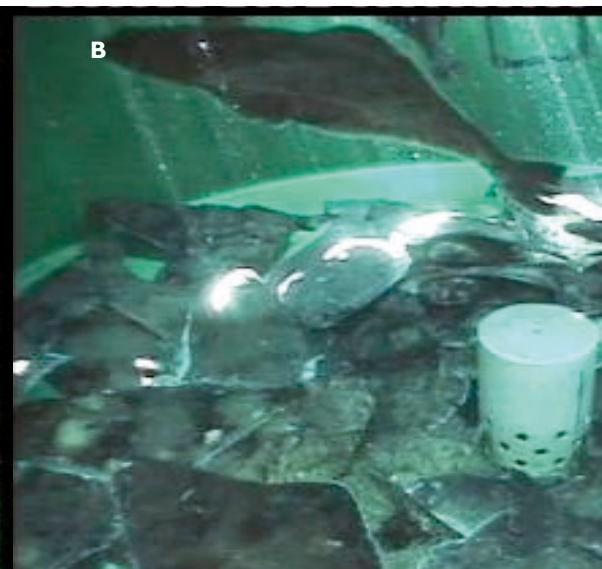
Normalutvikling av ryggvirvler hos lakseyngel. Virvlene dannes rundt notochorden (ryggstrengen), og starter fremme på fisken. Bein er farget rødt og brusk er blått.

Foto: UiB, Zool. inst., Grotmol / Kryvi / Totland



Alizerinfarget torskeyngel hvor svømmeblæren trykker på ryggraden.

Foto: UiB, Zool. inst., Grotmol / Kryvi / Totland



Kveiteyngel; normal (a) og "gaper" med kjevedeformasjon (b).

KVEITE

Det er kjent at larver av marine fiskearter er følsomme for miljørelatert stress, noe som ofte er forbundet med redusert overlevelse og en høy andel deformert fisk. Den vanligste formen for feilutvikling hos kveite er at kjeven er låst i åpen stilling (gaping). Ved gaping er vanligvis både kjeve og gjellebuer sterkt trukket nedover og bakover. Både de musklene som normalt skal åpne kjeven, og festepunkt for disse viser sterk sammentrekning. Seinere forbeininger vil opprettholde denne stillingen, og disse larvene vil dø under startfôringen.

Fysisk eller bakteriell forårsaket slitasje av munnmembran har vært foreslått som årsak. En annen forklaring er stressrelaterte reaksjoner, som lettere kan forklare symptomer som muskelsammentrekninger. En kan imidlertid tenke seg at begge faktorene kan virke sammen. En nedslitt munnmembran vil ikke klare å holde brusstrukturene i kjeven på plass når muskulaturen i kjeven benyttes.

Miljøfaktorer

Temperatur og saltholdighet er to viktige miljøfaktorer som påvirker utvikling og overlevelse av egg og larver hos marine arter. Det er imidlertid påvist at også andre miljøfaktorer som vannstrøm og lys kan føre til feilutvikling hos fiskelarver. Anatomiske utviklingsfeil oppstår ofte når larver utsettes for miljøforhold som er utenfor toleranseområdet mens organet er under dannelse. Det er derfor ikke uvanlig at ulike typer miljøstress kan føre til samme

utviklingsfeil, dersom larven eksponeres for stress mens et bestemt organ er i en følsom fase av utviklingen.

Selv om det ikke er funnet mange kveitelarver i naturen, antar en at unge kveitelarver oppholder seg ut i havmassene hvor det er både stabil temperatur og saltholdighet. Det er derfor sannsynlig at kveitelarver har et snevert toleranseområde både for temperatur og saltholdighet like etter klekking.

Forsøk

Forsøk ved Akvaforsk viste at det er sammenheng mellom økende temperatur og andel deformerte larver. Den mest fremtredende utviklingsfeilen var gaping, mens overlevelsen ikke var særlig påvirket før en kom opp i 12°C. Forekomsten av den samme utviklingsfeilen øker når nyklekte kveitelarver ble inkubert ved saltholdighet under 29. Overlevelsen var lite påvirket ved lav saltholdighet, men dødeligheten økte ved saltholdighet over 34. For både temperatur og saltholdighet fant en at toleranseområdet ble større med økende alder. Det kan konkluderes med at kveite i tidlige utviklingsstadier har et relativt snevert toleranseområde for så vel temperatur som saltholdighet.

I et tilsvarende forsøk ved Austevoll havbruksstasjon ble det påvist at temperatur ikke påvirket andelen kjevedeformerte larver. Forsøkene ved Akvaforsk var utført i 3-liters-inkubatorer, mens forsøkene på Austevoll var utført i 5- milliliters brønner.



Mekanisk stress

I naturen vil nyklekte kveitelarver flyte som "en dråpe i havet" i vannlag hvor de har nøytral oppdrift, og de opplever derfor lite mekanisk stress i form av lokale strømmer. I oppdrett har en imidlertid erfart at vannstrøm kan være negativt for nyklekte kveitelarver. Når en utskiftingsrate på 30 % pr. dag ble startet ved forskjellig alder etter klekking (0, 6, 12 eller 24 dager), oppnådde en best overlevelse og lavest forekomst av deformerte larver når vannstrømmen ble

startet først etter 24 dager, eller når larvene ble holdt uten gjennomstrømning i hele perioden. Dette viser at toleransen for mekanisk stress øker utover i plommesekkfasen, på samme måte som toleransen for temperatur og saltholdighet.

Opstad og Berg (1993) påviste også en kraftig økning i dødelighet med økt vannutskifting, men fant ingen økning i forekomsten av deformerte larver. Forfatterne mener at deformerte larver kan ha dødd ut før de nådde det stadiet hvor kjevedeformasjoner kunne påvises. I produksjonssystemer for kveitelarver har en tilsatt ferskvann kontinuerlig i øvre del av siloen for å unngå at larvene klogger mot avløpssilen. Ved noen anledninger har en da hatt over 90 % kjevedeformerte larver. I siloer ser det ut til å være en sammenheng mellom larvenes lokalisering de første fem dagene etter klekking og forekomst av deformiteter. I dette tilfelle kan både vannbevegelse og lavere saltholdighet spille avgjørende roller. Ved Austevoll havbruksstasjon er andelen kjevedeformerte larver våren 2003 rundt 10 %. Hovedårsaken til dette lave innslaget av gapere er trolig at en den første tiden etter klekking utsetter larvene for minst mulig stress.

Disse resultatene viser at larvene er mest følsomme for miljørelatert stress de første ukene etter klekking. Dette stemmer godt overens med generell fosterutvikling, hvor det er kjent at fosteret er mest følsomt for miljørelatert stress under organdannelsen. Tre til fire uker etter klekking er de fleste hovedstrukturene dannet hos kveite, og det er derfor rimelig at toleransen for ulike typer stress øker.

Skeletal deformations

Production-related disorders have come more and more into focus in recent years. These have always occurred in fish farming and in the wild but with mortality now reduced to such a low level more fish survive, including deformed fish. Consumers have been more conscious of animal welfare, and are asking whether production disorders have increased as a result of more intensive production methods.

Salmon is the main species produced in Norway, and has therefore the highest number of fish affected by deformities. Spinal deformities are the main problem, but other disorders such as cataracts, fin damage and missing eyes have also been observed.

For salmon, the egg stage is a very sensitive period when the spine develops. High temperatures during this period increase the rate of occurrence of deformed spines, although they may also develop later during the smolt stage and in seawater. The deformity often takes the form of short, compressed spines with normal height. Studies performed by this Institute's Matre Aquaculture Research Station have shown that these deformations can be influenced by vaccination. Postsmolt growth may also lead to great changes in spine morphology, but whether this is normal or only takes place during a sensitive period still has to be confirmed.

Spinal deformities also occur in cod culture, sometimes with heavy losses. Experiments carried out at the Institute's Austevoll Aquaculture Research Station have shown that feed quality after weaning was very important. There are also indications that the quality of live prey during start-feeding may affect spinal deformities. In halibut, deformed jaws are a big problem. The juveniles seem to be very sensitive to environmental stresses such as temperature, salinity and water current.

At the Institute of Marine Research, a wide range of studies is under way to gather knowledge about the mechanisms that influence normal development of the bones. At the same time, factors that may be of importance for reducing the incidence of skeletal deformities in fish farming are being analysed. This work utilises a broad range of techniques. The incidence of deformation is registered together with the growth rate and condition of the fish. X-rays are made on live and slaughtered fish to analyse the shape and growth of each spine. In order to record normal and changes in tissue composition, the spines are analysed using histological techniques. Spines are also analysed for chemical composition, and texture equipment for measuring tensile strength is used to measure the strength of the bone. In hatching experiments genetic technology is used to determine the expression of genes.

KONTAKTPERSONER:

Arne Berg

Tlf.: 56 36 75 17

E-post: arne.berg@imr.no

Per Gunnar Fjelldal

Tlf.: 56 36 75 21

E-post: per.gunnar.fjelldal@imr.no

Torstein Harboe

Tlf.: 56 18 22 65

E-post: torstein.harboe@imr.no

Terje van der Meeren

Tlf.: 56 18 22 62

E-post: terje.van.der.meeren@imr.no



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesgaten 50

N-5817 Bergen, Norway

Tlf.: +47 55 23 85 00

Faks: +47 55 23 85 31

INFORMASJONEN

Tlf.: +47 55 23 85 21

E-post: informasjonen@imr.no

www.imr.no