3.9.7 OPTIMAL FÔRSAMMENSETNING I TIDLIG SJØVANNSFASE KAN REDUSERE INNSLAGET AV RYGGRADSDEFORMASJONER HOS HØSTSMOLT

Den første perioden etter sjøvannsoverføring kjennetegnes av høy veksthastighet og betydelige fysiologiske forandringer hos atlantisk laks. Dette setter store krav til fôrsammensetning. Forsøk i regi av Havforskningsinstituttet har vist at for lave fosfornivåer i dietten hos hurtigvoksende høstsmolt kan være en medvirkende faktor til utvikling av beindeformiteter.

Per Gunnar Fjelldal
per.gunnar.fjelldal@imr.no

Tom Hansen
tomh@imr.no

Olav Breck
olav.breck@marineharvest.com
Marine Harvest

Arne Berg
arneb@imr.no

Rune Waagbø
rune.waagbo@nifes.no
NIFES

Roar Sandvik
roar.sandvik@skretting.com
Skretting

Robin Ørnsrud
robin.ornsrud@nifes.com
NIFES

Både felt- og eksperimentelle studier har vist et høyere innslag av virveldeformasjoner hos høst- enn vårsmolt av atlantisk laks. Den vanligste typen ryggradsdeformasjon hos slaktefisk produsert som høstsmolt er sammentrykte ryggvirvler (Fjelldal m.fl, Kyst og havbruk 2006). Høstsmolt blir oppdrettet ved hjelp av kunstig lys, og smoltifiserer og blir overført til saltvann både mindre og tidligere enn vårsmolt. Veksthastigheten er raskere hos høstmolt enn hos vårsmolt, og i tillegg har høstsmolt ofte høyere temperatur under smoltifisering og tidlig sjøvannsfase enn vårsmolt.

Uttesting av hypoteser

Tidligere studier ved Havforskningsinstituttet har vist lav mekanisk styrke og stor variasjon i mineralinnhold i ryggvirvler hos høstsmolt. Flere hypoteser er blitt utarbeidet:

- Kombinasjonen lav alder ved smoltifisering, avl og hurtig vekst gjør produksjonen av høstsmolt biologisk problematisk.
- Diettsammensetning for tilstrekkelig beinmineralisering hos hurtigvoksende høstsmolt er ikke optimal.
- Vaksinasjon av små fisk ved høy temperatur (forekommer i høstsmoltproduksjon) gir feilutvikling og ryggradsdeformasjoner.

Flere forsøk der vi studerer beinmineralisering og utvikling av deformasjoner er gjennomført for å teste hypotesene:

I ett forsøk der vaksinert og uvaksinert høstsmolt ble oppdrettet ved høy og lav temperatur under smoltifisering og tidlig sjøvannsfase (10 og 16°C)

II ett forsøk med vår- og høstsmolt av vill- og oppdrettslaks og en hybrid mellom disse

III ett forsøk der høstsmolt ble gitt to ulike diettnivåer av fosfor i den tidlige sjøvannsfasen. Vi vil presentere resultatene fra diettforsøket her.

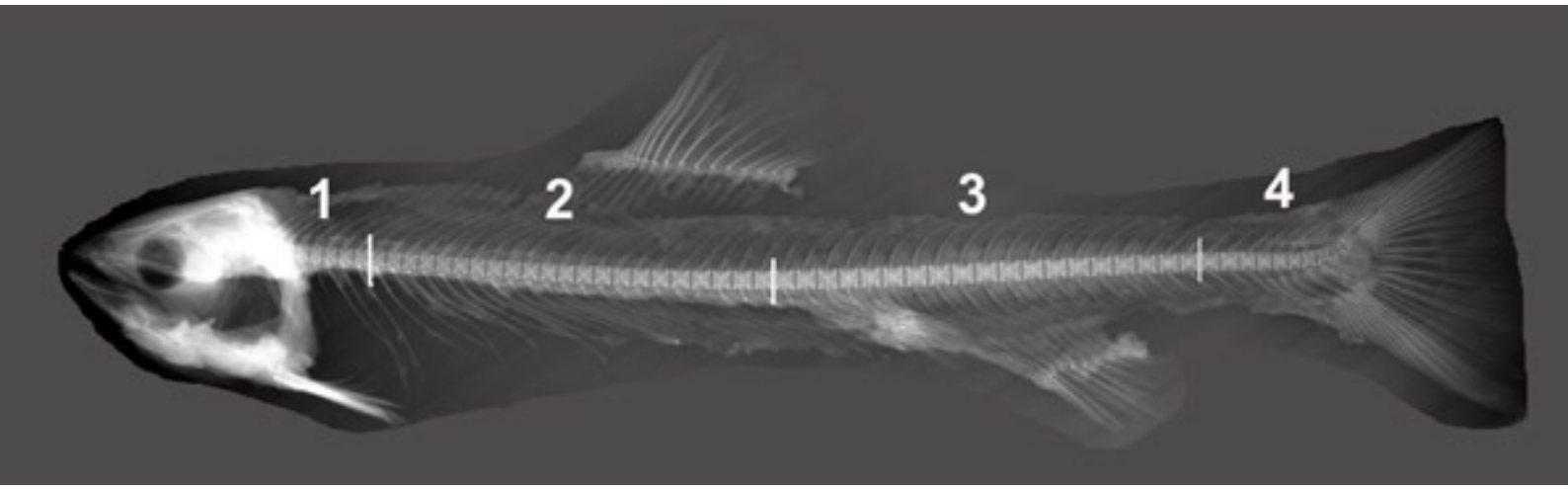
Diettforsøk med høstsmolt

I dette forsøket brukte vi tidlig produsert høstsmolt, som ble levert fra et kommersielt oppdrettsanlegg. Registreringer i næringen har vist at høstsmolt som produseres tidlig på året har høy risiko for å utvikle ryggradsdeformasjoner. Høstsmolt (9 000 stk. med snittvekt 60 g) ble overført til seks 12 x 12 meter merder på et av sjøanleggene ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Matre 17. august 2005. Fisken ble fôret med to forskjellige dietter, tre merder per diett, frem til 13. desember samme år (snittvekt 500 g). Den ene dietten var fôr med et normalt fosfornivå (NP), mens den andre var et fôr tilsatt ekstra fosfor (XP). Etter desember 2005 ble begge gruppene fôret med NP fôr frem til slakting 19. september 2006 (snittvekt 4 kg).

Gruppene hadde lik lengde og vekt gjennom hele forsøket, men NP-gruppen hadde høyere kondisjonsfaktor i september 2006 (kondisjonsfaktor NP 1.40 og XP 1.28). Høy kondisjonsfaktor indikerer høy vekt i forhold til lengde, og er ofte registrert hos slaktefisk med høyt innslag av sammentrykte ryggvirvler. Morfometriske analyser av røntgenbilder viste at NP-gruppen hadde mer sammentrykte ryggvirvler enn XP-gruppen i desember 2005 og september 2006. Forholdet mellom virvellengde og -diameter ble brukt som et kvantitativt mål på hvor sammentrykte ryggvirvlene var. Dette ble målt ved hjelp av et egnet dataprogram og digitaliserte røntgenbilder.

Spesielle forhold i region 3

Laksens ryggrad ble delt inn i fire regioner (Figur 3.9.7.1) for å se om utviklingen av sammentrykte virvler var knyttet til spesielle deler av ryggraden. Region 1 er de fremste åtte virvlene i virvelsøylen, region 2 er virvlene 9–30, region 3 er virvlene 31–49, og region 4 er virvlene 50–58. Region 1 og 2 ligger over bukhulen, mens region 3 og 4 ligger bak bukhulen. I desember 2005, da gruppene ble overført til samme fôr, var virvlene i hele virvelsøylen hos fisk i NP-gruppen mer sammentrykte enn hos fisk i XP-gruppen. Størst var forskjellen i region 3.



Figur 3.9.7.1
Røntgen som viser plassering av virvelregion 1–4. 1 = virvelregion 1 (V1–8), 2 = virvelregion 2 (V9–30), 3 = virvelregion 3 (V31–49) og 4 = virvelregion 4 (V50–58).
Radiograph showing the position of vertebral region 1–4. 1 = vertebral region 1 (V1–8), 2 = vertebral region 2 (V9–30), 3 = vertebral region 3 (V31–49) and 4 = vertebral region 4 (V50–58).

I september 2006 hadde NP-gruppen mer sammentrykte virvler bare i region 3 (virvellengde/diameter NP 0.87, XP 0.96). Virvelstivhet og mineralinnhold ble målt i virvler fra region 3 den 11. oktober (snittvekt 200 g) og 13. desember 2005 (snittvekt 500 g). Virvelstivhet ble målt i fire individuelle virvler (nummer 40–43) per individ (n=30 per gruppe; n=10 per merd), mens mineralinnhold ble målt i en samleprøve med fire virvler (nummer 40–43) per individ (n=30 per gruppe; n=10 per merd). I oktober hadde NP-gruppen betydelig lavere stivhet (NP 4500 g/mm, XP 9000 g/mm) og mineralinnhold (NP 48 %, XP 55 %) enn XP-gruppen, mens forskjellene var mindre i desember (NP 12 600 g/mm og 54 %, XP 14 000 g/mm og 56 %). Mineralinnhold ble målt som prosent mineralvekt (askevekt) av tørrvekt (avfettet tørket bein). I oktober var mineralvekten lavere i NP- enn XP-gruppen, (NP 26 mg, XP 30 mg), men var derimot lik i desember (NP 89 mg, XP 89 mg). Mellom disse målingene var prosent daglig økning i mineralvekt høyere i NP- enn XP-gruppen (NP 1.95 %, XP 1.71 %).

NP-gruppen hadde mer sammentrykte virvler i hele virvelsøylen i desember 2005. Forskjellen var størst i region 3. Grunnen til dette var at NP-gruppen hadde kortere virvler i region 3, og høyere virveldiameter i hele virvelsøylen. Forskjellene mellom gruppene i virvelform i region 1, 2 og 4 forsvant mellom desember 2005 og september 2006. Dette kan tyde på at disse forskjellene i virvelform ikke reflekterte begynnende deformasjoner, men var en kompensasjon for nedsatt mekanisk styrke i den tidlige sjøvannsfasen. At virvlene i region 3 i NP-gruppen ikke klarte å utvikle seg normalt, kan skyldes en kombinasjon av stor mekanisk belastning, økt vekst og lav mekanisk styrke. Atlantisk laks har økt vekst i halevirvlene i forbindelse med smoltifisering og tidlig sjøvannsfase (Wargelius m.fl, Havbruksrapport 2004). Region 3 har de største og sterkeste virvlene med det høyeste mineralinnholdet. Dette kan være en evolusjonær tilpasning dersom kraften som ytes på ryggvirvlene fra svømmemuskulaturen er størst i denne regionen. Hvordan mekanisk belastning påvirker ryggvirvlene i de ulike virvelregionene, undersøkes i et pågående forsøk der hurtigvoksende høstsmolt oppdrettes ved ulike strømhastigheter.

Feil fosfordosering kan øke faren for deformasjoner

Beinvev i laksens ryggvirvler er bygget opp av mineraler (hovedsakelig kalsium og fosfor) og strukturelle proteiner. Kalsium kan laksen ta opp via vann og fôr, mens fosfor bare kan tas opp via fôret. Vi vet at diettnivået av fosfor som skal til for å gi maksimal vekst er lavere enn det som trengs for å gi maksimal beinmineralisering. Det gjør at diettnivåer av fosfor som gir maksimal vekst, men ikke maksimal mineralisering, kan øke risikoen for å utvikle ryggradsdeformasjoner. I dette forsøket fant vi ikke forskjeller i vekst mellom NP- og XP-gruppene i perioden der gruppene fikk forskjellig fôr (august–desember 2005), men store forskjeller i beinstyrke og mineralinnhold i oktober 2005. Mellom oktober og desember 2005 hadde NP-gruppen høyest prosent daglig økning i mineralinnhold. Resultatene tyder på at fosfornivået i NP-fôret ikke var tilstrekkelig for maksimal mineralisering de første 55 dagene etter sjøvannsoverføring (august–oktober 2005), noe som kan ha resultert i utvikling av sammentrykte virvler i virvelregion 3.

Optimal diet composition during the early seawater phase may reduce the incidence of vertebral deformities in Atlantic salmon

Bone tissue in Atlantic salmon is a mineralised protein matrix. The main minerals are calcium and phosphorous. Calcium is absorbed both from the diet and water, whereas phosphorous is absorbed only from the diet. This study shows the influence of dietary phosphorous level during the early seawater phase on vertebral body morphology, mineralisation and mechanical strength in underyearling smolt of Atlantic salmon. Underyearling smolt were fed, in triplicate cages from transfer to seawater 17 August 2005 until 13 December 2005, a diet with a normal phosphorous level (NP) or a diet supplemented with extra phosphorous (XP). During this period the fish grew from 60 to 500 g. Thereafter, both groups were fed the NP diet until the fish reached a weight of 4 kg at 19 September 2006. The NP group had a higher condition factor than the XP group in September 2006, and also a lower vertebral length / diameter ratio (compressed vertebrae) between vertebrae number 31 and 49. In the same region of the vertebral column, the NP group had much lower vertebral mineral content and mechanical strength in October 2005, and more compressed vertebrae in December 2005 than the XP group. The results of the present study suggest that the phosphorous level in the NP diet was sufficient for maximal somatic growth but not for maximal mineralisation of vertebral bone, and that compressed vertebrae in the tail region in the NP group at slaughter was related to a low vertebral mineral content and mechanical strength during the early seawater phase.