

인공종묘 생산 감성돔 (*Acanthoparus schlegelii*) 치어의 척추 변형에 관하여

박성우[†] · 노윤산 · 유진하 · 김진도^{*}

군산대학교 수산생명의학과, *국립수산과학원 남부내수면연구소

Vertebral abnormality in Hatchery-reared Black Sea Bream (*Acanthoparus schlegelii*) fingerlings

Sung-Woo Park[†], Yun-San No, Jin-Ha Yu and Jin Do Kim^{*}

Department of Aquatic life Medicine, Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea

*Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI, Jinhae, 645-251, Korea

Vertebral deformity in hatchery-reared black sea bream (*Acanthoparus schlegelii*) fingerlings occurred. Deformed fish had a good appetite but no clinical signs were found except the vertebral abnormality and darkness around the dorsal skin of the deformed vertebra. As more than 90% of the hatchery-reared fish exhibited vertebral abnormality, the fingerlings could not be used for commercial seeds any more. No morphological change in the swim bladder was observed. Histopathological changes on the deformed vertebra, gill, liver, and spleen were observed to clarify the cause of the deformity.

The vertebra were irregularly deformed upward with the shape of "V" in an alphabetic character causing the spinal cord and dorsal aorta suppressed. The diameters of the muscle fibers around the deformed vertebra, especially, in the dorsal part, were much smaller and more irregular than those in normal fish, and the gabs between the fiber bundles were enlarged. No evidence of inflammatory responses in the lateral musculature were found.

On the basis of normal inflation of the swim bladder, cultural environments for growth of the fingerlings, and histopathological alterations in the muscle, vertebra and gills, it is suggested that high speed of water current in the culturing aquaria between 23 to 30 days after hatching was responsible for the development of vertebral abnormality.

Key words: Black sea bream, *Acanthoparus schlegelii*, Vertebral abnormality, Water current, Histopathology

인공종묘 생산장의 부화 자·치어에 발생하는 변형의 원인에는 여러 요인이 관계하고 있는 것을 알려져 있지만, 대개는 사육 환경, 유전적 요인, 영양장애, 독성 물질 등을 그 원인으로 생각하고 있다(Sato *et al.*, 1983; Backiel *et al.*, 1984). 발생의 과정에 기형을 유발하는 요인으로는 부화과정 중의 밀도, 난형성 단계에 친어에 가해진 스트레스, 사육수조의 유속, 광선, 염분농도의 급변 및 용존산소의 급격한 감소 등이 제기되었다(Wiegnad *et al.*, 1989; Caris and Rice, 1990; Di-

vanach *et al.*, 1997). 또 친어의 먹이 중의 ascorbic acid, 인, tryptophan, vitamin D 등의 영양결핍도 난의 발생과정에 변형을 유발하는 것으로 보고되었다(Nacario 1983; Akiyama *et al.*, 1986; Weis and Weis, 1989; McConnell and Barrow, 1993). 한편 정상적으로 부화한 자어를 사육과정에 발생하는 변형의 원인으로는 부레내로의 공기 흡입 장애, ascorbic acid의 결핍(Lim and Lovell, 1978) 및 사육 유속(Backiel *et al.*, 1984; Divanach *et al.*, 1997; Kihara *et al.*, 2002) 등이 관

[†]Corresponding Author : Sung-Woo Park, Tel : 063-469-1884
E-mail : psw@kunsan.ac.kr

계하는 것으로 알려져 있다. 그 외 병원생물의 감염에 의한 것으로는 해산 송어에 포자충이 장간막, 뇌 및 내장에 감염되어 이로 인해 생기는 측만증 (Yukio *et al.*, 1990), 양식 방어의 *Myxobolus buri*의 기생으로 인한 측만증(Sakaguti *et al.*, 1987)등이 보고되어 있다.

본 연구는 인공 종묘 생산한 감성돔의 사육 중에 발생한 척추 전만증의 원인을 밝히기 위한 일환으로 척추 변형어를 병리조직학적으로 검사하고 사육 조건과 관련시켜 고찰하였다.

재료 및 방법

감성돔

2006년 9월 16일 경기도 소재의 수산연구소에서 자원 증강을 위한 방류용으로 사용하기 위하여 선별과정 중에 발견된 평균 체장 7.2 cm (6.8~7.7 cm), 평균 체중 7.6 g(6.8~8.0 g)의 변형어 12마리와 정상어 3마리를 비닐 봉지에 넣어 실험실로 운반한 다음 시료로 사용하였다.

사육 조건 및 발병 상황

종묘생산장에서 기록하고 있던 먹이 공급일지, 사육일지, 환수 사항을 분석하여 사육기간의 수온 변화, 발병 상황, 사육조내의 유속 및 체장에 대한 상대 유속을 구하였다.

척추의 관찰

변형어는 MS-222(50 mg/l)에 마취한 다음 Kirahra *et al.*(2002)의 방법에 따라 10%중성포르말린에 24-48시간 고정된 다음, 체측의 비늘과 피부 근육을 제거한 다음 포르말린을 제거하기 위하여 유수에 1일 동안 세척하였다. 세척 후 4%(w/v) KOH액에 4일간 투명화시킨 다음 alizarin red S액(alizarin red S 0.5 g, acetic acid 5 ml, glycerin 10 ml, 1%(w/v) chloral hydrate solution 60 ml)에 2일 동안 침지시켜 척추를 염색한

다음 투명화 과정은 생략하고 4% KOH액으로 가볍게 세척하고 역광으로 변형된 척추 부위를 촬영하였다.

병리조직학적 관찰

기생충의 감염에 의한 척추 변형 유무를 조사하기 위하여 뇌와 척추의 변형부위를 절취하여 잘게 부순 다음 슬라이드에 도말하여 May-Grünwald Gimsa염색하여 포자충의 존재 유무를 조사하였다.

병리조직학적으로는 외관상 변형이 생긴 척추의 전후를 절단하여 척추를 포함한 근육, 아가미, 간장 및 비장을 Bouin액에 고정하여 상법에 따라 파라핀에 포매한 다음 5 μm의 조직절편을 만들어 Mayer's hematoxylin-eosin (HE) 또는 azan 염색 후 광학현미경으로 검경하였다. 단 척추가 포함된 부분은 탈회를 위해서 고정액에 고정한 다음 Ransom *et al.*(1984)의 방법에 따라 70%에탄올로 제조한 3% 염산액 넣어, 새로운 탈회액으로 교환하면서 48시간 침지하였다. 탈회의 확인을 위해 탈회액의 일부에 ammonium oxalate 포화용액을 넣고 혼합하여 30분이 경과하여도 침전이 형성되지 않는 것을 확인하고, 70% 에탄올로 세척한 다음 조직절편을 만들었다.

결 과

사육 조건 및 발병 상황

자어 사육 수조는 원형 콘크리트 수조(직경 7.0 m×1.5 m, 수량 40 ton)로 주수 파이프와 배수 파이프의 직경이 각각 50 mm와 150 mm였다. 급수는 수조의 위에서 수조의 벽면을 향하여 주수하는 한편 중앙에 위치한 배수구를 통하여 배출시키고 있었다. 그러나 배수 방식은 사육 수조내의 서로 다른 직경의 파이프를 세운 upwell 방식이 아니라 수조의 바깥에서 파이프를 세워 흘러넘치게 overflow방식이었다. 5월 30일 40톤

의 수조에 수정란(75만립)을 입식하여 부화시킨 것으로 부화율은 90%로 40톤의 수조에 수조 당 34만 마리의 부화 자어를 수용하여 54일간 사육한 다음 분주하였다. 분주한 부화 수조와 동일한 급수 및 배수 시설이 있는 수 용량 60톤(직경 7m, 높이 1.8 m) 4개에 각 12만 마리와 수용량 35 톤(직경 6 m, 높이 1.5 m) 2개에 각 7만 마리를 수용하여 98일째까지 사육하였 때 최종 생산 마리수는 약 50만 마리였다.

먹이는 Fig. 1에 표시한 것처럼 부화 3일째부터 26일째까지 red pepper (지방산)와 알가택으로 영양 강화한 rotifer를 10~15 개체/ml의 농도로 공급하였으며, 이것과 병행하여 부화 15일째부터 35일째까지 동일한 방법으로 영양 강화한

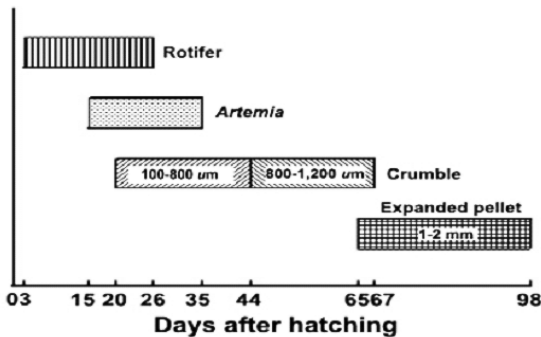


Fig. 1. Schematic feeding schedule for rearing black sea bream fingerling in the hatchery.

Artemia 유생을 5~6개체/ml로 공급하였다. 부화 20일째부터 67일 까까지는 비타민제(파워비타), 간장제(리버마린) 및 소화제(도아라제)를 첨가한 미립자 사료를 투여하였는데, 부화 44일째까지는 입자가 100~800 μm, 그 후에는 800~1,200 μm 인 사료를 공급하였다. 부화 65일째부터 부화 98일째까지는 비타민, 간장제 및 소화제를 첨가한 1.0~2.0 mm의 배합사료(EP)를 투여하였다.

사육수온은 Fig. 2에 표시한 것처럼 부화 및 사육의 초기단계에는 미리 20°C 전후로 가온한 해수를 공급하여 23일간 사육한 다음 그 후부터 자연해수(20.4~26.1°C)를 이용하여 사육하였다.

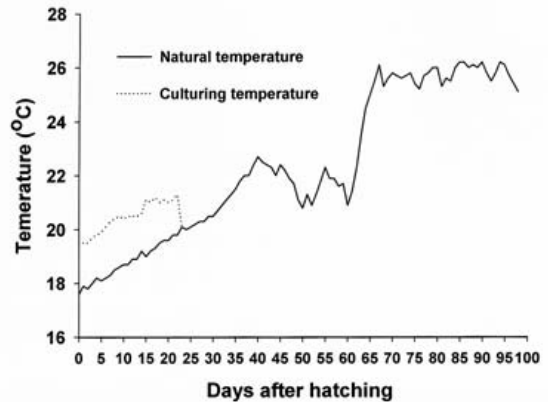


Fig. 2. Changes in culturing temperature. Preheated seawater to 20°C was supplied for the cultivation of the fingerlings for 23 days after hatching, and then natural sea water was used until the end of cultivation.

사육기간 동안 특별한 선별 작업은 없었고, 부화 57일째에 한 차례 분주하였을 뿐 총 98일간 사육 후 방양을 위한 선별 작업 중에 확인한 변형어의 발생율이 90% 이상이었으므로 종묘로의 사용이 불가하여 폐기하였다.

감성돔 치어 사육 수조의 첫 환수는 Fig. 3에 표시한 것처럼 부화 6일 후에 처음 시작하여 서서히 환수량을 증가시켰지만, 어체장에 대한 상대 유속(TL/sec)은 6일 후에 3.12, 10일 후에는

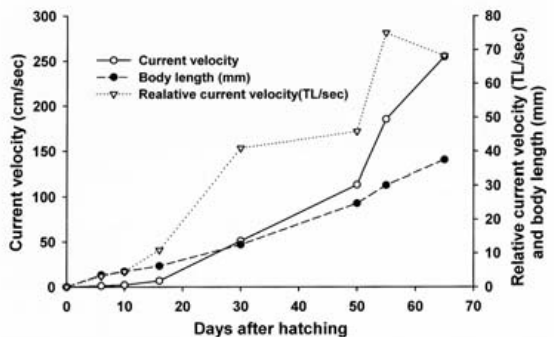


Fig. 3. Current velocity and relative current velocity (movement of water in times of total body length per second) in the aquaria occurred vertebral deformity in black sea bream fingerlings.

4.49, 16일에는 10.87이었으며, 자연 해수로 교환한 30일 후에는 40.86, 55일과 65일 후에는 각각 74.94와 68.14였다.

변형어의 증상

병어는 Fig. 4와 같이 등지느러미 끝부분 척추의 전만곡(scoliosis)으로 꼬리 부위가 등쪽으로 향하는 개체가 대부분이었다(Fig. 4-A). 변형어의 미병부는 체색이 흑화되는 것이 특징적이며, 흑화는 측선의 위쪽 부분이 주로 검게 되는 경향이 있었다(Fig. 4-B). 그 외 외부 증상은 없었다. 또 시료간의 크기의 차가 있었지만, 대형의 개체와 소형 개체간의 발생 빈도는 일정한 경향이 없이 대형개체 소형개체 모두 발생하였다. 내부적으로는 뚜렷한 이상은 발견할 수 없었으며, 부레의 형태나 부레내 가스 충전도 정상적이었다.

척추

변형어를 10% 포르말린에 고정한 다음 alizarin red S액으로 척추 염색을 하였을 때 외관상의 변형과 마찬가지로 등지느러미가 끝나는 부분의 척추가 위쪽으로 영어 알파벳의 “V”형으로 변형되어 있었다(Fig. 5).



Fig. 5. A photograph showing vertebral deformity. The fish was cut off the scales and lateral muscle after fixing for 1 day in 10% neutral formalin solution, followed by dipping in 4% KOH solution for 1 day and stained with alizarin red S for 2 days.

병리조직학적 검사

척추 변형과 미부의 흑화 현상은 포자충의 감염에 의해서도 발생하는 경우가 있어 이를 확인하기 위하여 뇌와 변형부위를 절취하여 잘게 부순 다음 슬라이드에 도말하여 May-Grünwald Gimsa염색하여 검경한 결과 포자충은 발견되지 않았다.

변형어의 병리조직학적 변화는 Fig. 6에 표시

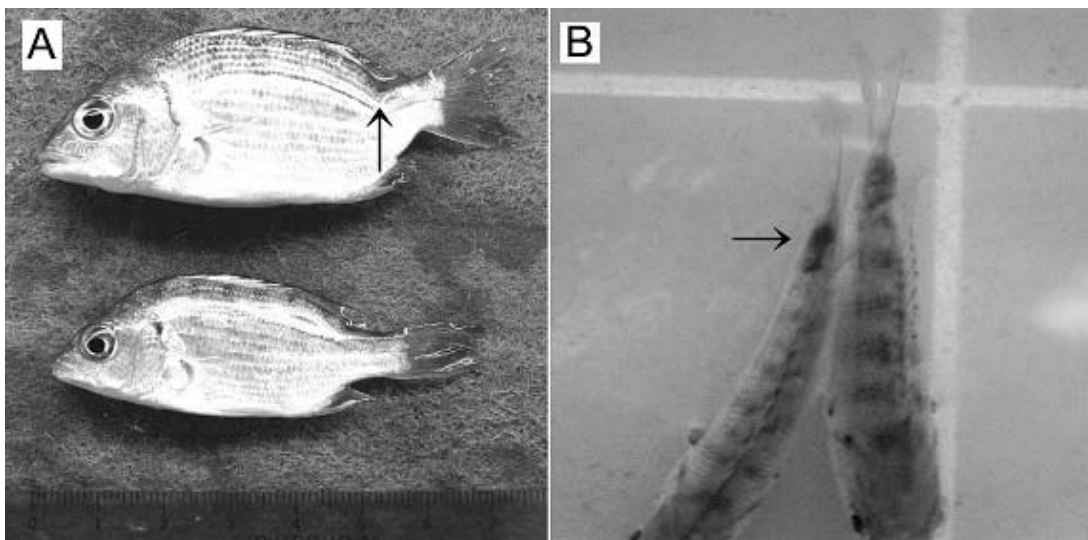


Fig. 4. Black sea bream fingerling showing vertebral deformity (A, top and B) and normal fish (A, bottom). The deformed fish showed darkness in colour of the upper part of the lateral line.

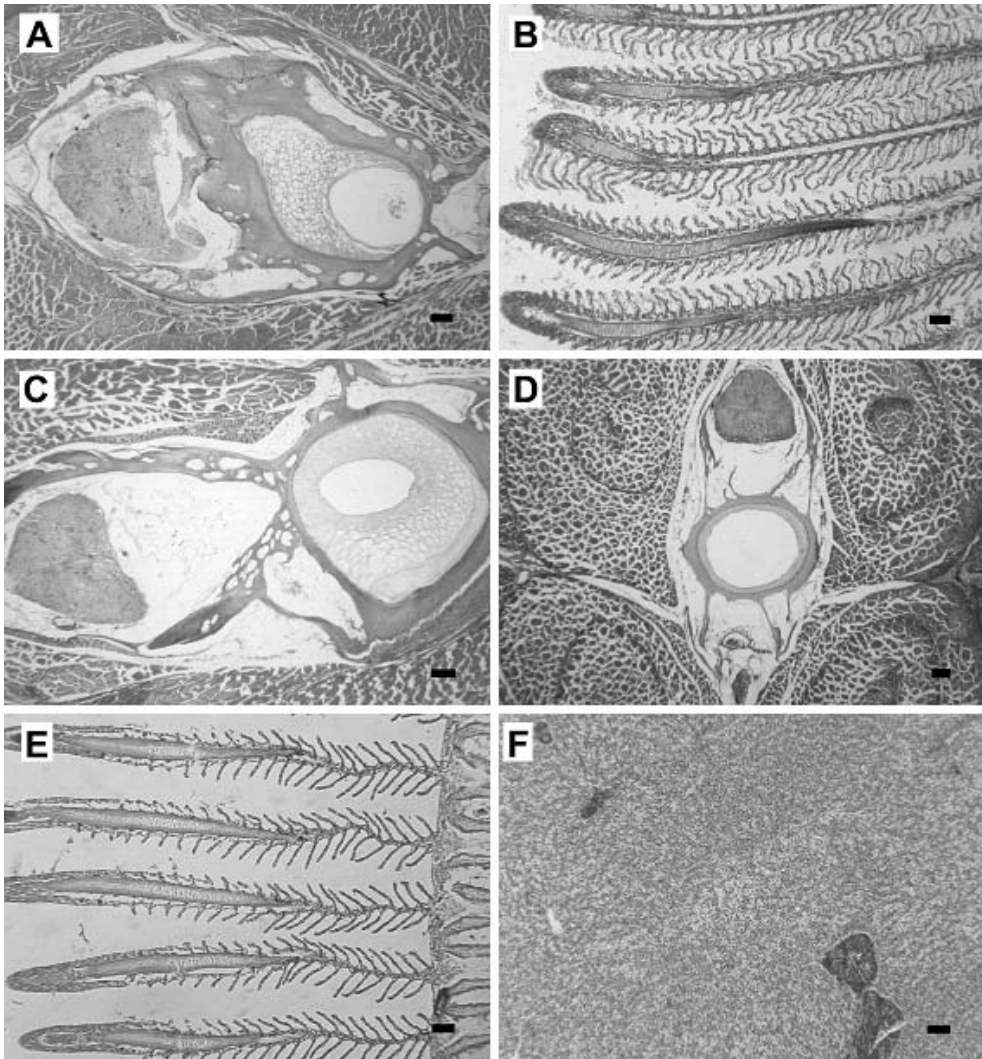


Fig. 6. Microphotographs of the vertebra, gills, and liver from the black sea bream fingerlings showing vertebral abnormality. Deformed vertebra caused suppression of the spinal cord and dorsal aorta (A & C) but the vertebra in the posterior part showed normal structure (D). No abnormality was found in the chondrocytes, secondary gill filaments (B & E), and liver (F). Bouin fixation. A, B and F: HE stain. C to E: Azan stain. Each bar indicates 50 μ m.

하였다. 변형어의 척추의 추체는 불규칙하게 변형되어 등쪽으로 밀려 올라가 있으며, 이 때문에 추체위에 위치한 척수(spinal cord)는 추체의 변형 때문에 아래 부분이 넓게 확대된 형상이었으며, 혈관극의 복대동맥(dorsal aorta)은 변형된 추체의 압박을 당하고 있었다. 그러나 영양성장이나 골절 등에 나타나는 골아세포(osteoblast)의 현저한 증식은 없었다(Fig. 6-A & C). 변형이

생긴 척추골 주변 특히 등쪽과 배쪽의 근섬유 다발의 크기가 작아지고, 모양의 불규칙함이 현저하였으며, 근섬유 다발간의 간격이 매우 넓어져 있었다. 이러한 근섬유 다발의 모양이 불규칙하게 소형화되는 경향은 좌우 보다는 등쪽과 배쪽이 현저하였다(Fig. 6-A). 그러나 이러한 근육조직에서도 염증반응이나 결합조직의 증식은 확인할 수 없었다. 변형된 추체 주변은 척색(no-

tochord)을 중심으로 제 1척색초(1st chorda sheath), 제 2척색초(2nd chorda sheath) 및 척색 주변세포(around cells)가 원형의 형태를 유지하지 못하고, 변형된 추체를 따라 불규칙한 형태를 나타내었다(Fig. 6-C). 추체의 변형이 생긴 후방의 추체는 정상과 별다른 차이가 없었다(Fig. 6-D).

아가미의 조직 절편에서는 새변을 지탱하고 있는 1차 새변의 연골의 뒤틀림이나 지그재그형의 변형 또는 연골의 불규칙한 확장 및 연골 조직 내의 수종 등은 관찰되지 않았다. 1차 새변의 연골세포(chondrocytes)는 골소강내에서 정상적인 형태와 배열을 하고 있었다(Fig. 6-B & E) 한편 간장과 비장에서는 이렇다 할 변화를 발견할 수 없었다(Fig. 6-F).

고 찰

어류에 있어서 vitamin C(L-ascorbic acid)의 결핍은 결합조직, 연골 및 경골 등의 중요 성분인 교원섬유의 생산을 방해하기 때문에 척추에 변형이 발생한다는 것이 무지개송어(Kitajima *et al.*, 1965), coho salmon(Halver *et al.*, 1969) 등의 어류에서 보고되었다. 종묘생산 과정에 빈발하는 척추 변형의 원인이 vitamin C결핍인 경우 대부분의 어종에서 공통적인 병리상을 나타낸다고 보고하였다. 즉 Halver *et al.*(1969)는 coho salmon과 무지개송어의 ascorbic acid의 결핍의 가장 특징적인 증상은 척추의 변형 (lordosis 척추 측만곡, scoliosis: 척추 전만곡)으로, 변형된 척추의 내부와 주변에는 출혈과 아가미를 지탱하는 새변의 초자연골이 변형되거나 지그재그형으로 뒤틀림이 생기는 것이 일반적인 병리상이라고 보고하였다. 또 Frischeknecht *et al.*(1994)에 의하면 아가미의 1차 새변의 끝부분의 연골이 굽어지거나(curved) 또는 뒤틀려(distortion) 지그재그 형태를 취하며, 연골의 두께도 정상어는 같은 크기로 길게 뻗어 있는 반면 결핍어의 1차 새변 연골은 두께에 넓고 좁음이 존재하며,

일부 넓어진 연골은 비타민 결핍 때문에 연골내의 연골이 형성되지 않고 물로 채워지는 수종의 형태를 띄며, 2차 새변도 끝부분이 굽어진다고 보고하였다. 또 척추에서도 collagen 합성이 방해를 받았기 때문에 연골이 경골화되지 못하고 척추의 추체 내에 연골세포의 형태로 남아 있거나 빈 공간으로 남아있는 것이 보통이다. 또 체측근도 근섬유사이의 결합조직의 형성이 불량하게 됨에 따라 근섬유에 초자연성이 생기고 이를 제거하기 위한 염증세포의 침윤이 있다고 보고하였다. 또 vitamin C이외에 척추 변형이 생기는 원인은 인, tryptophan, pantothenic acid 등의 결핍이 보고되고 있으나, 이러한 영양 결핍에 기인한 척추변형은 사육 중 폐사가 대량으로 일어나는 보통이지만, 본 증례의 감성돔은 64만 마리를 부화하여 98일간 사육하여 약 78%인 50만 마리가 생존하였으므로 먹이 부침시기와 부화 후 25~30일경에 발생하는 자연감모를 제외한 대량 폐사의 발생도 없었고, 체색, 먹이 섭취 모두 정상이었다. 또 치어기의 골격 형성에 중요한 역할을 하는 vitamin C의 결핍에 의한 병리상을 확인할 수 없었으므로 영양성에 의한 질병과는 무관한 것으로 판단되었다.

Abdel *et al.*(2004)은 sea bass를 19°C의 고온에서 사육하면 약 66.44%가 변형이 생기는데, 이때는 척추의 변형 빈도는 낮은 반면 아가미 뚜껍의 변형이 가장 현저하다고 보고하였다. 본 증례에서는 수온을 20°C로 23일간 가온 사육한 후, 자연 해수(20.4°C)를 공급하였기 때문에 고온 사육이라고 보기는 어려울 뿐만 아니라 척추의 변형이외에는 이렇다 할 변화가 없어, 고온 사육과는 무관한 것으로 판단되었다. 또 참돔의 인공 종묘과정에서 발생하는 척추골 변형의 원인을 Takashima(1978)와 Kitajima *et al.*(1981)은 발생의 초기단계에 대기 중의 공기를 흡입하지 못한 상태에서 소화관과 부레를 연결하는 기도(pneumatic canal)가 폐쇄되어, 부레의 팽창이 불완전하게 되면, 부화 후 40일경부터 lordosis가

나타나기 시작하여, 120일 후에는 90% 이상이 척추에 변형이 생겼다고 보고하였다.

부화 자어가 공기를 처음으로 들며 마시는 시점은 어중에 따라 차이가 있지만, Chatain(1986)은 첫 흡입 시기는 유구가 흡수되는 시점인 체장 4~5 mm에서 일어난다고 하였다. 만일 이 때에 공기를 흡입하지 못하면 기도가 소실되어버림으로(Yamashita, 1966; Weppe and Bonami, 1983), 부레는 크기가 작은 상태로 남아 발달이 정지되기 때문에 부레의 2차 팽창도 일어나지 않게 된다고 하였다. 이처럼 부레의 팽창이 불완전한 개체의 부레의 길이는 체장의 3~5%를 초과하지 않는 반면, 정상적으로 공기를 흡입한 개체의 부레의 길이는 체장의 20~30%였다고 보고하였다. 본 증례에서는 부레의 팽창이 전실 및 후실 모두 정상적이었으므로 부레내의 공기 충전 불완전과는 무관한 것으로 판단되었다.

그러나 이처럼 영양장애나 부레의 기능에 이상이 없음에도 불구하고 발생하는 lordosis의 원인은 불분명한 점이 많지만, Backiel *et al.*(1984)은 5.7~20 g의 잉어 *Cyprinus carpio*를 10 cm/sec 이상의 유속의 가두리에 사육하였을 때 척추의 변형이 생기는 것을 발견하고, 유속과 lordosis가 밀접한 관계가 있을 것으로 예상하였다. 이러한 가정을 Divanach *et al.*(1997)과 Chatain(1994)이 부레의 기능이 정상인 sea bass와 참돔의 자어의 lordosis의 원인이 사육수의 유속과 밀접한 관계가 있음을 입증하였다.

Kihara *et al.*(2002)은 사육수의 유속에 상대유속(relative current velocity: move of water in times of total body length per second, TL/sec)의 개념을 도입하여 부화 40일령의 참돔 자어가 유속에 저항하기 위하여 과도하게 꼬리를 사용하도록 참돔 자어의 꼬리지느러미를 완전히 절단, 또는 위쪽과 아래쪽만을 절단하여 상대유속을 체장의 2배와 4배로 설정(2 and 4 TL/sec)하여 사육하였을 때 2 TL/sec에서는 lordosis가 발생하지 않는 반면, 4 TL/sec에서는 척추에 lordosis가 생긴 결과로부터 lordosis를 일으키는 최소 유속이 있

다고 보고하였다. 그는 유속이 빠른 가두리에서 사육하여 척추변형이 생긴 척추 주변의 체측근 횡단면은 정상어에 비해 근섬유 다발의 직경이 크고, 모양도 불규칙하였는데, 그 원인은 빠른 유속이 척추에 비정상적 장력을 주었기 때문이라고 보고하였다. 전진 수영을 위하여 꼬리지느러미에 가해지는 압력과 척추변형과의 관계를 알아보기 위하여 꼬리지느러미를 상하 완전 절단, 위쪽 반과 아래쪽 반을 절단한 지느러미의 절단 방식에 따라 각각 36%, 29% 및 7%의 척추변형이 발생하는 사실로서 유속과 척추 변형의 관계를 실험적으로 입증하였다. 이러한 결과를 토대로 사료와 산소의 분산과 노폐물을 제거하기 위하여 인공종묘 생산장에서 실시하고 있는 급격한 환수가 강한 수직 회전수류(horizontal rotary current)를 야기함으로써 초기 자어의 척추 변형을 방지하기 위해서는 회전 수류의 속도에 주의하여 환수하여야만 한다고 하였다. 또 황복은 부화 직후 자어는 개체별로 따로 따로 자유로이 유영하지만, 부화 후 18일경부터 선두의 개체를 필두로 하여 무리를 지어 유영하기 시작하기 때문에 황복이 무리를 형성하고 나서 3~4일 후인 부화 후 22~23일경부터 사육수를 순환하는 것이 일반적이다. 그러나 박 과 강(2007)이 보고한 황복에 척추 변형이 발생한 종묘 생산장에서는 새로운 시도를 위하여 무리를 형성하기 1~2일 전인 부화 후 16~17일경부터 사육수를 순환하면서, 주수구가 있는 쪽에 먹이를 투여한 결과 90% 이상이 척추 변형이 생기며, 체측근의 소형화와 불규칙이 현저하게 된다고 보고하였다. 그는 이러한 척추 변형의 원인을 아직 유영능력이 완비되지 않은 자어가 먹이를 먹기 위하여 수류를 거슬러서 유영한 것이 척추변형에 하나의 요인으로 작용하였을 것으로 추정하고, 주수구의 반대편에 먹이를 투여한 결과 척추 변형어는 전혀 발병하지 않은 사실로서 사육 수조의 유속과 먹이 투여 지점이 척추 변형의 원인이었을 것으로 추정하였다. 또 Divanach *et al.*(1997)도 종묘생산과정에서 특히 부

화자어기(larvae)의 사육조 내의 유속이 10 cm/sec를 초과하게 되면, 부레의 공기 유입이 정상적이라 할지라도 척추에 변형이 생김으로 후기 자어기(post larvae)부터 유속을 증가시켜야 한다고 하였다.

본 질병이 발생한 사육조는 수조내에 직경이 서로 다른 2개 파이프에 의한 upwell방식의 배수가 아닌 수조바깥에 파이프를 세워서 배수하는 overflow방식으로 배수의 속도는 정확하게 알 수 없지만, 사육 수조 표면으로 주수된 사육수가 원형수조를 회전하면서 중앙부의 배수구(직경 150 mm)를 통해서 배출되기 때문에 강한 회전 수류를 형성하였을 것으로 추정할 수 있다. 또 유영력이 약한 부화자어기인 30일 경에 주수 유속이 50.9 cm/sec이며, 이때의 어체장에 대한 상대 유속은 약 40.8 TL/sec에 해당되고 있다. 이 때문에 부화자어는 주수의 수류와 배수의 수류에 견디면서 부상하기 위한 2방향의 추진력을 얻기 위하여 비정상적으로 꼬리지느러미를 사용함으로써 척추가 등쪽 방향으로 변형되었으며, 변형 부위의 체색 흑화는 추체의 변형에 따른 척수 압박으로 신경 전달에 장애를 받아 생겼을 것으로 추정된다.

감사의 글

본 연구는 군산대학교 수산과학연구소의 연구비 지원에 의한 대어민 질병 상담업무의 일환으로 수행되었습니다. 또 사육 일지와 시료의 채취와 감성돔 종묘생산에 관한 조언을 해주신 ○○ 수산연구소 C연구원님께 감사드립니다.

참고 문헌

- Abedl, I., Abellan, E., Lopez-Albors, O., Valdes, P., Nortes, M. J., and Garcia-Alcazar, A.: Abnormalities in the juvenile stage of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) reared at different temperature: type, prevalence and effect on growth. *Aquaculture Intl.*, 12: 523-538, 2004.
- Akiyama, T., Murai, T., and Nose, T.: Oral administration of serotonin against spinal deformity of chum salmon fry tryptophan deficiency. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52: 1255-1259, 1986.
- Backiel, T., Kokurewicz, B., and Ogorzalek, A.: High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus carpio*, reared in cages in flowing water. *Aquaculture*, 43: 369-380, 1984.
- Cahtain, B.: The swim bladder in *Dicentrarchus labrax* and *Sparus auratus*. I. Morphological aspects of development. *Aquaculture*, 53: 303-311, 1986.
- Cahtain, B.: Abnormal swim bladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture*, 119: 371-379, 1994.
- Chatain, B. and Ounasis-Guschemann, N.: Improved rate of initial swim bladder inflation in intensively reared *Sparus auratus*. *Aquaculture*, 84: 345-353, 1990.
- Caris, M. G. and Rice, S. D.: Abnormal development and growth reduction of pollock *Theragra chalcogramma* embryo exposed to water-soluble fractions of oil. *Fish. Bull.*, 88: 29-37, 1990.
- Divanch, P., Papandroulakis, N., Anastasisadis, P., Koumoundouros, G. and Kentouri, M.: Effect of water currents on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swim bladder during postlarval and nursery phase. *Aquaculture*, 156: 145-155, 1997.
- Frischknecht, R., Wahli, T., and Meier, W.: Comparison of pathological changes due to deficiency of vitamin C, vitamin E and combi-
- Abedl, I., Abellan, E., Lopez-Albors, O., Valdes, P., Nortes, M. J., and Garcia-Alcazar, A.: Abnormalities in the juvenile stage of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) reared at different

- nation of vitamin C and E in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J. Fish Dis., 17: 31-45, 1994.
- Harver, J. E., Ashley, L. M. and Smith, R. R.: Ascorbic acid requirement of coho salmon and rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc., 98: 762-771, 1969.
- Kihara, M., Ogata, S., Kawano, N., Kubota, I., and Yamaguchi, R.: Lordosis induction in juvenile red sea bream *Pargus major*, by high swimming activity. Aquaculture, 212: 149-158, 2002.
- Kitajima, C., Tsukashima, Y., Fujita S., Watanabe, T. and Yone, Y. : Relationship between uninflated swim bladders and lordotic deformity in hatchery-reared red sea bream *Pargus major*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47: 1289-1294, 1981.
- Kitamura, S., Ohara, S., Suwa, T. and Nakagawa, T.: Studies on vitamin requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri* -1. On the ascorbic acid. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 31: 818-826, 1965.
- Lim, C. and Lovell, R. T.: Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. Nutri., 108: 1137-1146, 1978.
- MacConnell, E. and Barrows, F. T.: Pathological changes associated with vitamin C deficiency in walleyes. J. Aquat. Anim. Health. 5: 287-293, 1993.
- Nacario, J. F.: The effect of thyroxine on the larvae and fry of *Sarotherondon niloticus* (*Tilapia nilotica*). Aquaculture. 34: 73-83, 1983.
- Ransom, D. R., Nannam, C. N., Rohovec, J. S. and Flyer, J. L.: Comparison of histopathology caused *Vibrio anguillraum* and *Vibrio ordalii* in the species of Pacific salmon. J. Fish Dis., 7: 107-115, 1984.
- Sakaguchi, S., Hara, T., Matsusata, T., Shibara, T., Yamguchi, Y., Kawai, H., and Maeno, Y.: Scoliosis of cultured yellowtail caused by parasitic *Myxobolus buri*. Bull. Natl. Inst. Aquacult., 12: 79-86, 1987.
- Sato, M., Kondo, T., Yoshinaka, R., and Ikeda, S.: Effect of water temperature on the skeletal deformity in ascorbic acid-deficient rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 443-446, 1983.
- Takashima, F.: Vertebral malformation in hatchery-reared red sea bream, *Chrysophrys major*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44: 435-443, 1978.
- Weis, P. and Weis, J. S.: Abnormal locomotion associated with skeletal malformation. Environ. Res., 12: 196-200, 1989.
- Weppe, M. and Bonami, J. R.: Non inflation of the swim bladder in hatchery reared sea bass and sea bream: a significant problem in marine aquaculture. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol., 3: 59-60, 1983.
- Wiegand, M. D., Hataley, J. M., Kitchen, C., and Buchanan, I.: Induction of developmental abnormalities in larval goldfish (*Carassius auratus*) under cool incubation condition. J. Fish Biol., 35: 85-95, 1989.
- Yamashita, K.: Functional studies for the culture of *Chrysophrys major*. IV. On disease of larval and young fish (2). Abnormal expansion of the swim bladder. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 32: 1006-1014, 1966.
- Yukio, M., Sorimachi, M., Ogawa, K. and Egusa, S.: *Myxobolus spinacurvatura* sp. n. (Myxosporea: Bivalvulida) parasitic in deformed mullet, *Mugil cephalus*. Fish Pathol., 25: 37-41, 1990.
- 박성우, 강국희: 인공종묘 생산 황복 (*Takifugu obscurus*) 치어의 척추변형에 관하여. 한국어병학회지, 20: 129-137, 2007.

Manuscript Received : May 6, 2008

Revision Accepted : June 17, 2008

Responsible Editorial Member : Rajendran, K. V.
(Central Institute of Fisheries Education, India)