

## 인공종묘 생산 황복 (*Takifugu obscurus*) 치어의 척추 변형에 관하여

박성우<sup>†</sup> · 강국희  
군산대학교 수산생명의학과

### Vertebral abnormality in Hatchery-reared River puffer, *Takifugu obscurus* fingerlings

Sung-Woo Park<sup>†</sup> and Kook-Hee Kang

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

Skeletal deformity in hatchery-reared river puffer (*Takifugu obscurus*) fingerlings occurred. The vertebral abnormality was recognized with naked eyes 80 days after hatching. Affected fish had a good appetite but no clinical signs were found except the vertebral abnormality. As more than 90% of the hatchery-reared fish exhibited vertebral abnormality, the fingerlings could not be used for commercial seeds any more. Morphological changes in the vertebrate and the swim bladder were observed with a soft X-ray. Histopathological changes on the caudal muscle around the deformed vertebrae, gill, and spleen were also examined to clarify the cause of the deformity.

Spinal curvature occurred between vertebrae 10 and 12, but any malfunction of the swim bladder was not found. The diameters of the muscle fibers around the deformed vertebrae were much smaller and more irregular than those in normal fish, and the gabs between the fiber bundles were greatly enlarged. No evidence of inflammation response was found in the muscle layer.

In the hatchery, feed was putting at the position of water inflow, which might attract the fingerlings to move toward the feed in spite of incomplete development of their caudal muscle fibers.

From these results, it is suggested that the high speed of water current in rearing aquaria might be associated with the development of vertebral abnormality.

*Key words:* River puffer, *Takifugu obscurus*, Vertebral abnormality, Histopathology

황복 (*Takifugu obscurus*)은 복어목 (*Tetraodontiformes*)의 참복과 (*Tetraodontidae*)에 속하는 어류로서 보통 전장이 30 cm쯤 되면 성숙이 된다. 성어의 등쪽은 올리브색이고 배쪽은 흰색으로 광채가 있으며, 배에는 폭넓은 선황색의 세로띠가 있다. 주요 분포 지역은 우리나라의 서·남해와 중국의 동·남해 등 황해로, 산란기인 4-5월에는 하천이나 강의 중상류까지 거슬러 올라와 자갈이 깔린 강바닥에 산란하는 독특한 소하

성 생태를 갖는 것으로 알려져 있다 (장 등, 1996).

그러나 최근 고급 어종으로 각광받기 시작한 이후 남획, 산란장 파괴 및 공업화와 생활하수로 인한 수질오염 등으로 인하여 자원량이 급격히 감소하였다. 이 때문에 종 보존 및 새로운 양식 품종으로 개발하기 위한 연구가 시도되어 (KORDI, 1995; 장 등, 1996), 인공종묘생산 기술의 확립됨으로 (장 등, 1996), 종묘의 보급이 용

<sup>†</sup>Corresponding Author : Sung-Woo Park, Tel : 063-469-1884,  
E-mail : psw@kunsan.ac.kr

이해지면서 내수면 양식어민에게 기존의 내수면 양식어종의 대체 어종으로 주목을 받고 있다.

양식 황복에 발생하는 질병에 대한 연구는 구강, 코 또는 표피에 기생하는 요각류 (Choi *et al.*, 1996)와 담수에 양식할 때 발병하는 *Aeromonas sobria*와 담수산 백점충의 감염 (방, 2001), 해산 백점충의 감염에 관한 보고 (박 등, 2004)가 있을 뿐이다.

어류에 척추변형을 일으키는 원인은 여러 가지가 있지만, 능성어류와 돛류에서 발생 초기 단계에 부레 증으로의 공기 흡입 장애로 인한 척추변형 (Kitajima *et al.*, 1981; Chatain, 1994), 해산 승어에 포자충이 장간막, 뇌 및 내장에 감염되어 이로 인해 생기는 측만증 (Yukio *et al.*, 1990), 양식 방어에 *Myxobolus buri*의 기생으로 인한 측만증 (Sakaguti *et al.*, 1987) 등이 있다. 또한 vitamin C의 결핍에 의해 발생하는 변형 (Lim and Lovell, 1978), 중금속 (Bengtsson and Larsson, 1968) 등이 보고되었다. 또 유속의 때문에 생기는 잉어 (Backiel *et al.*, 1984)와 sea bass의 척추 변형 (Divanach *et al.*, 1997)에 관한 연구가 있으나, 황복의 종묘생산기에 일어나는 척추 변형의 원인에 관한 연구는 찾아 볼 수 없다.

본 연구에서는 황복의 인공종묘 생산 중에 발생한 치어의 골격이상에 대한 원인을 구명하기 위한 일환으로 발병 상황, 골격 이상의 형태 및 병리조직학적 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 어류

경기도 김포시의 민간 종묘 생산장에서 인공 체란하여 육상수조에서 순환여과식으로 사육 중인 80 일령에 발생한 평균체장 44.3 mm (38.6-48.1 mm), 평균체중 2.6 g (2.2 g-3.0 g)의 변형어를 사용하였다. 변형어는 해수를 채운 비닐봉지에 넣고 산소를 주입한 다음 실험실로 운반하여, 실험 내수조에 수용하여 산소를 공급하면서 순치시켜 사용하였다. 먹이는 시판의 잉어용 펠렛 사료를

유발에 갈아 소량씩 급여하였으며, 사육 용수는 매일 1/2씩 새로운 해수로 교환하여 주었다. 실험기간 동안의 수온은 23°C로 유지하였다.

### 척추의 관찰

변형어는 MS-222 (50 mg/l)에 마취한 다음 soft X-ray (ZMX 70 M, Germany, 28 kV, 11 mA/s, FUSI MAMMO FINE)로 촬영하였다. 또 척추의 관찰은 Kirahra *et al.* (2002)의 방법에 따라 척추 측만곡이 일어난 변형어를 10% 중성포르말린에 24-48 시간 고정된 다음, 체측의 비늘과 피부 근육을 제거하였다. 그 후 조직중의 포르말린을 제거하기 위하여 유수에 1일 동안 세척하였다. 세척 후 4% (w/v) KOH액에 4일간 담구어 근육과 비늘 등을 제거한 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 1일 동안 침지시켜 척추를 염색하였다. 척추가 적색으로 염색되었을 때 alizarin red S액을 glycerin을 20% (w/v)가 되도록 첨가한 4% KOH액으로 교환하여, 수일 동안 투명화시켰다. 그 후 침지액을 4% KOH액에 glycerin이 40%, 55%, 70%, 100% (v/v)가 되도록 변화시킨 상승 농도의 글리세린액에 10%액-70%액에 4일간, 100%액에 매일 새로운 액으로 교환하면서 7일간 침지한 다음, 해부 현미경으로 변형이 일어난 척추골의 위치를 조사하였다.

### 병리조직학적 관찰

병리조직학적으로는 외관상 변형이 생긴 척추의 전후를 절단하여 척추를 포함한 근육, 아가미, 간장 및 비장을 Bouin액에 고정하여 상법에 따라 파라핀에 포매한 다음 4 μm의 조직절편을 만들어 Mayer's hematoxylin-eosin (HE)염색 또는 Heidenhain's azan염색 후 광학현미경으로 검경하였다. 단 척추가 포함된 부분은 탈회를 위해서 고정액에 고정한 다음 Ransom 등 (1984)의 방법에 따라 70% 에탄올로 제조한 3% 염산액

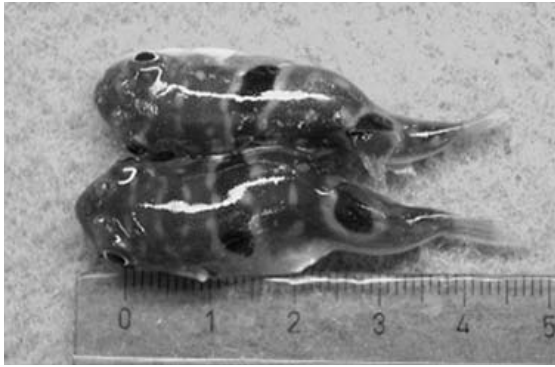


Fig. 1. A photograph of river puffer (*Takifugu obscurus*) with lordosis.

넣어, 새로운 탈회액으로 교환하면서 48시간 침지하였다. 탈회의 확인을 위해 탈회액의 일부에 ammonium oxalate 포화용액을 넣고 혼합한 다음 30분이 경과하여도 침전이 형성되지 않는 것을 확인하고 70% 에탄올로 세척한 다음 조직절편을 만들었다.

### 결과 및 고찰

척추의 변형이 생긴 황복은 인공 종묘생산하여 육상에서 지하 해수를 이용하여 수조면적의 12%에 해당하는 원형의 여과조 (여과재 : 실타래)를 부착한 원형수조 (직경 7 m, 수심 60 cm)에서 순환여과식 (1일 3-4회전)으로 되고 있었다. 사육수를 회전시키기 위하여 주수구는 물 표면에서 20 cm위에 물 표면과 약 45도 각도를 이루고 있었다. 사육미수는 약 5만미 정도였으며, 사육수는 매일 10-20%를 새로운 지하수로 부분적으로 교환하여 주고 있었다. 먹이는 부화 후 12일까지 윤충, 28일까지 *Artemia* 유생, 50일까지는 초기 배합사료인 fish lover, 그 후에는 시판의 뱀장어용 배합사료로 사육하였다. 배합사료 투여는 어체중의 3-4%를 4시간 간격으로 5회 투여하였으며, 수온은 28°C로 유지하고 있었다.

부화 후 30-40 일령인 체장 25-30 mm에 1차 선별을 하였을 때는 척추 변형의 발견할 수 없었

다. 그러나 개체가 성장함에 따라 심한 척추 변형이 발생하여 조사를 시작한 시점 (부화 후 80 일령)에서의 변형어의 발생률은 전체 사육 미수의 약 90% 이상이였다. 변형어는 유영상태가 부자연스런 것과 소수의 개체가 체색이 검게 변한 것 이외에는 육안적 외부 증상은 발견할 수 없었다. 또 먹이 섭취와 무리의 형성도 정상적이며, 폐사하는 개체도 없었을 뿐만 아니라 성장도 양호하였음에도 불구하고 척추의 심한 변형으로 종묘로서의 상품성이 없어 판매가 불가능한 상황이었다.

변형어는 길보기에 척추의 변형이 일어난 곳은 Fig. 1에서 표시한 것처럼 등지느러미의 첫 번째 기조가 시작되는 부위로서 변형의 방향은 좌측으로 꼬리의 끝부분이 오른쪽으로 향하고 있는 개체가 대부분이었으며, 왼쪽으로 변형된 개체는 소수에 불과하였다. 변형이 생긴 부위를 기준으로 앞쪽부위는 정상적인 개체와 구분이 곤란할 정도였지만, 변형이 생긴 후반부인 꼬리자루는 체폭과 꼬리지느러미의 폭도 좁아져 있었다. 또 변형어의 부레 내부에는 공기로 충만되어 있었으며, 전장에 대한 부레의 길이의 비는 20-26.7% (n=5)였다 (Fig. 2).

변형어의 등·측면을 촬영한 soft X-ray로 촬영한 결과 Fig. 3과 같이 부레 내는 정상적으로 공기가 충만 되어 있었다. 또 척추의 변형이 일



Fig. 2. Swim bladder of the lordotic river puffer showing its normal inflation. Note the ratio of the swim bladder to total body in length.

어난 부위는 부레의 뒤쪽 부분으로 부레의 팽창과는 무관한 부분으로 변형어의 머리를 전방으로 꼬리 부분을 후방으로 하고 등쪽에서 보았을 때 대부분이 좌측방향으로 변형되어 있었다. 또한, 변형이 일어난 정확한 척추의 부위를 확인하기 위하여 4% KOH에 4일 동안 alizarin red S로 염색하여 변형이 생긴 부위를 정 (1991)이 보고한 황복의 척추 24 (=9+15)수를 기준으로 하여 해부현미경으로 관찰한 결과, 11번째 척추에서 변형이 발생한 것을 관찰할 수 있었다 (Fig. 4.).

병리조직학적으로 변형이 발생한 척추의 앞쪽 또는 뒤쪽의 척추 주변의 근육은 Fig. 5에 나타난 것처럼 근섬유 다발의 크기도 거의 균질하게 근섬유 다발 사이의 간격이 조밀한 규칙적 배열을 하고 있었다 (Fig. 5-A). 그러나 변형이 생긴

척추골 좌우의 근육은 근섬유 다발의 크기가 작아지고, 모양의 불규칙함이 현저하였으며, 근섬유 다발간의 간격이 매우 넓어져 있었다. 이러한 근섬유 다발의 모양이 불규칙하게 소형화되는 경향은 척추 주변이 가장 현저하며, 척추에서 떨어져 있는 근섬유 다발일수록 미약하였다 (Fig. 5-B). 또 척추의 변형이 생긴 부위를 기준으로 하여 두부와 미부, 배부와 복부의 근육의 변화를 보면 미부와 복부의 근섬유 다발이 두부와 배부의 근육 다발에 비해 소형화의 정도가 심하였다. 그러나 이러한 근육조직에서도 염증 반응이나 결합조직의 증식은 확인할 수 없었다 (Fig. 5-D).

한편, 아가미의 조직 절편에서는 정상어의 아가미에 비하여 아가미의 끝부분이 다소 곤봉화되어 있었지만, 새변을 지탱하고 있는 연골의

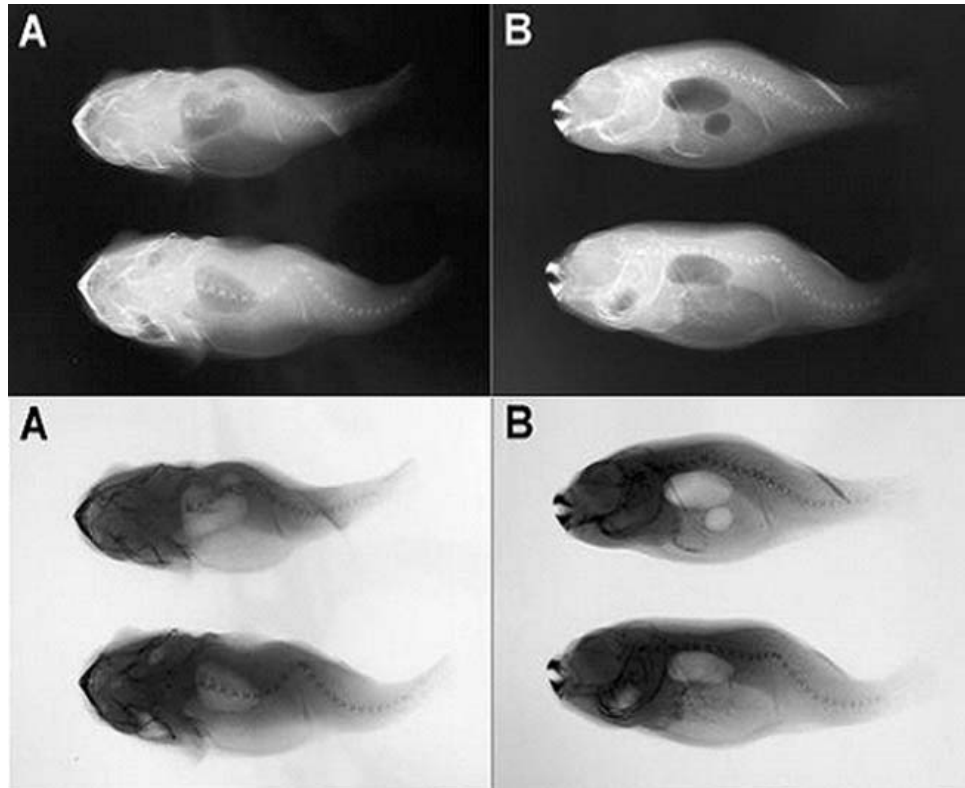


Fig. 3. Radiographs of river puffer juveniles with lordosis. A, dorsal view; B, lateral view. Circular black (A) or white (B) portions are the swim bladders. The lower pictures are the very reversed images of the above negatives radiographs with soft x-ray.

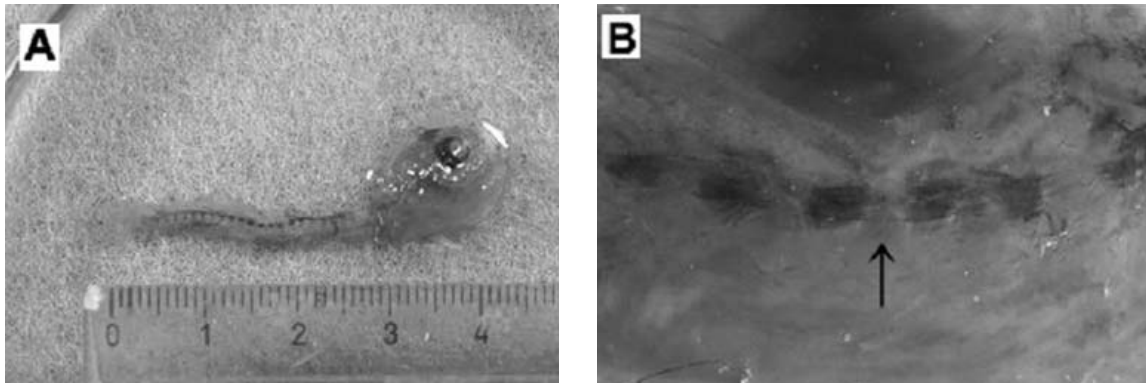


Fig. 4. Lordotic vertebra of a river puffer fingerling in side view. The vertebra was stained with alizarin red S after clearing in 4% KOH solution for 4 days (A). The arrow in B indicates the deformed region of the centrum (the 11th vertebra in this fish).

뒤틀림이나 지그재그형의 변형은 관찰되지 않았다 (Fig. 5-C). 한편 간장과 비장에서는 이렇다 할 변화를 발견할 수 없었다.

어류에 있어서도 vitamin C (L-ascorbic acid)의 결핍은 결합조직, 연골 및 경골 등의 중요 성분인 교원섬유의 생산을 방해하기 때문에 척추에 변형이 생기는 것이 무지개송어 (Kitajima *et al.*, 1965), coho salmon (Halver *et al.*, 1969) 등의 어류에서 보고되었다. Halver *et al.* (1969)는 coho salmon과 무지개송어의 vitamin C의 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 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 불완전한 것이 원인이라고 하였다. 이들은 사육 수조의 표면에 유동 파라핀을 살포하여 부화 직후의 자어가 대기 중의 공기를 흡입하지 못하게 하는 방법으로 부레의 팽창 이상이 척추골의 변형이라는 것을 실험적으로 증명하였다. 즉 수조표면에서 공기의 흡입

을 하지 못한 자어는 부화 후 40일경부터 lordosis가 나타나기 시작하여, 120일 후에는 90% 이상이 척추에 변형이 생겼다고 보고하였다. 자어가 부화 후 어느 시점에 공기를 처음으로 들여마시는 가는 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 (Weppe and Bonami, 1983; Yamashita, 1966), 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. 또 Chatain and Ounasis-Guschemann (1990)은 종묘생산기에 과밀사육과 영양 강화 때문에 사육수의 표면에 형성되는 유막 (oily film)이 쉽게 형성된다는 것에 주목하여 특별히 고안된 blower로 유막을 제거한 결과 부레의 팽창도는 크게 개선되었으며, 체장의 길이도 길어진다는 결과를 보고하여, 사육수 표면의 유막이 자어의 초기 공기 흡입을 방해하는 장벽으로 작용하여 척추변형을 유발시킨다는 것을 간접적으로 증명하였다. 본 연구의 황복 변형어는 부레의 팽창에 이상이 없을 뿐만 아니라 전

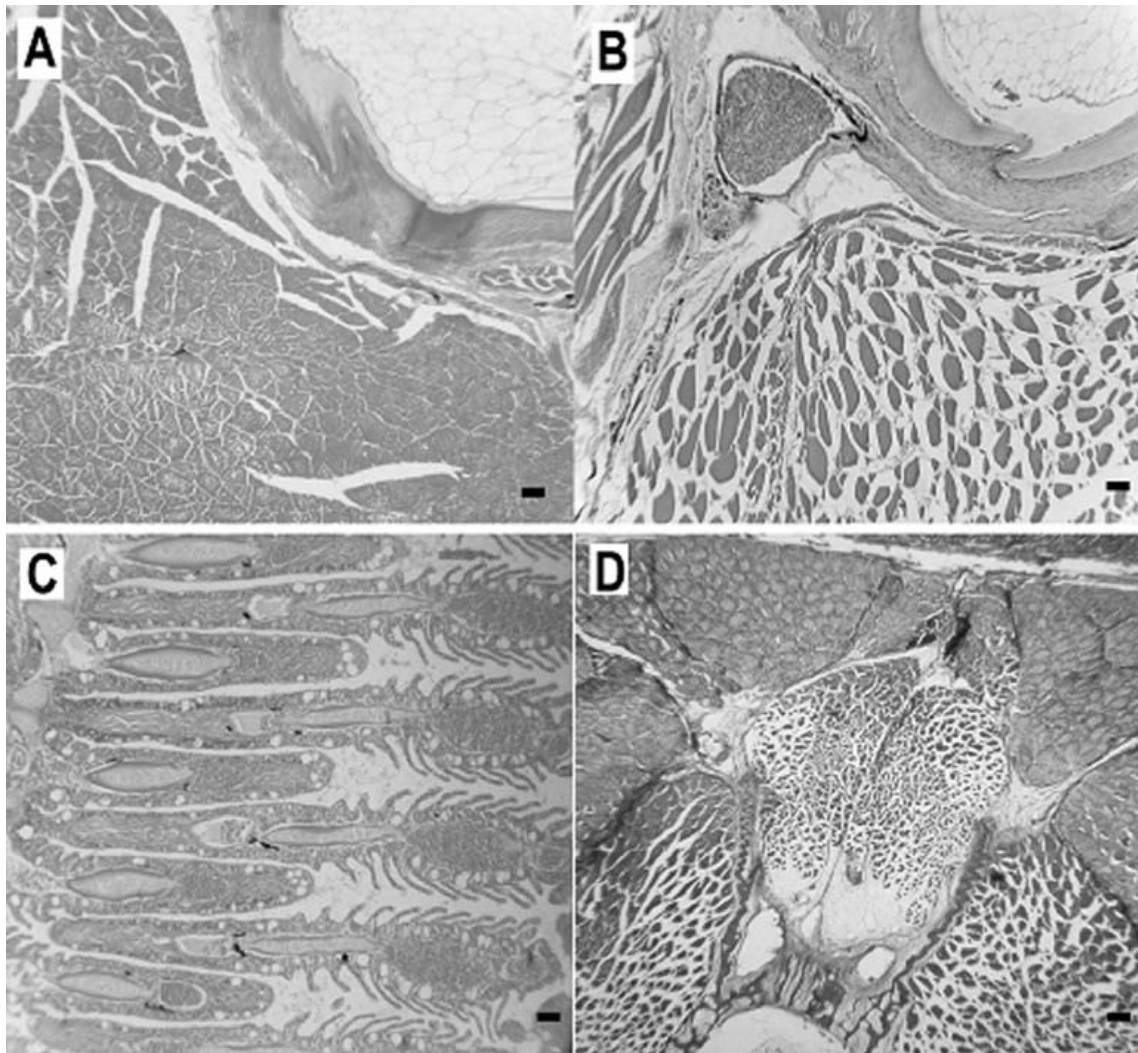


Fig. 5. Micrographs of the muscle and gill from tiger puffer with dorotic vertebra. A, B and D: the muscle around the deformed vertebra, C: gill. A to C: HE stain. D: azan stain. Fixed in Bouin fixative solution followed by 3% HCl in 70% ethanol for decalcification except C. Each bar indicates 10  $\mu\text{m}$ .

장에 대한 부레의 길이 비가 20-26.7%로 부레내로 공기의 흡입 장애와는 무관한 것으로 판단되었다. 그러나 이처럼 부레의 기능에 이상이 없음에도 발생하는 lordosis의 원인은 불분명한 점이 많지만, Backiel *et al.* (1984)은 5.7-20 g의 잉어 *Cyprinus carpio*를 10 cm/sec이상의 유속의 가두리에 사육하였을 때 척추의 변형이 생기는 것을 발견하고, 유속과 lordosis가 밀접한 관계가 있을 것으로 예상하였다. 이러한 가정을 Di-

vanch *et al.* (1997)과 Chatain (1994)이 부레의 기능이 정상인 sea bass와 참돔 자어의 lordosis의 원인이 사육수의 유속과 밀접한 관계가 있음을 입증하였다. 또 Kihara *et al.* (2002)은 참돔의 사육수의 유속에 상대유속 (relative current velocity: move of water in times of total body length per second, TL/sec)의 개념을 도입하여 상대유속을 체장의 2배와 4배로 설정 (2 and 4 TL/sec)하여 사육하였을 때 4 TL/sec에서는 척추에 변형이

생기는 반면, 2 TL/sec에서는 lordosis가 발현하지 않는다는 사실에서 lordosis를 일으키는 최소 유속이 있다고 보고하였다. 그는 유속에 빠른 가두리에서 사육하여 척추변형이 생긴 잉어의 척추 주변의 체측근의 횡단면은 정상어에 비해 근섬유 다발의 직경이 크고, 모양도 불규칙하였는데, 그 원인은 빠른 유속이 척추에 비정상적 장력을 주었기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서 조사한 황복 변형어는 첫 공기 흡입의 시기가 지난 부화 후 80일령의 개체로서 부레 내에는 soft X-ray사진처럼 정상적으로 공기가 채워져 있기 때문에 (Fig. 2와 Fig. 3), 부레내로의 공기 흡입 장애와는 무관한 것으로 판단할 수 있다. 또 아가미 조직에서 아가미 연골의 변형이나 뒤틀림이 없다는 것은 vitamin C의 결핍과는 무관하다고 추정할 수 있다 (Fig. 5-C).

한편 황복의 인공 종묘 생산과정에서 부화 직후 자어는 개체별로 따로 따로 자유로이 유영하지만, 부화 후 18일경부터 선두의 개체를 필두로 하여 무리를 지어 유영하기 시작한다. 이 때문에 종묘생산업자는 부화한 황복이 무리를 형성하고 나서 3-4일 후인 부화 후 22-23일경부터 사육수를 순환하는 것이 일반적인 사육법이다. 그러나 본 질병이 발생한 종묘 생산장에서는 새로운 시도를 위하여 무리를 형성하기 1-2일 전인 부화 후 16-17일경부터 사육수를 순환시키면서, 주수구가 있는 쪽에 먹이를 투여하였다. 이 때문에 아직 유영능력이 완비되지 않은 자어가 먹이를 먹기 위하여 수류를 거슬러서 유영한 것이 척추변형에 하나의 요인으로 작용하였을 것으로 추정된다. 그 후 이 양식장에서는 척추 변형이 발병한 어류는 모두 폐기하고 새로이 부화시킨 어류를 대상으로 무리를 형성하고 난 후 주수구의 반대편에 급이한 결과 척추 변형어는 전혀 발병하지 않은 사실과 변형이 생긴 척추 주변 근섬유 다발의 소형화 및 부레의 정상적 팽창으로 미루어 사육수조의 유속과 먹이 투여 지점이 척추변형의 원인이라고 생각된다.

## 요 약

인공 종묘 생산한 황복 (*Takifugu obscurus*) 자어의 사육 중에 발생한 척추 변형의 원인을 조사하기 위하여 변형어를 병리조직학적으로 조사하였다. 척추 변형은 부화 후 80일령의 황복으로 변형의 발생율은 전체 사육 미수의 약 90%였다. 변형어를 soft-X ray로 촬영한 결과 부레의 팽창은 정상적이었으며, 병리조직학적으로는 변형이 발생한 척추 주변의 근섬유 다발이 소형화되면서 모양도 불규칙하게 변하였다. 그러나 새변 연골은 뒤틀림이나 증생 등은 관찰되지 않았다. 척추 변형이 발생한 종묘 생산장에서는 일반적인 사육 방식보다 1-2일 정도 사육수를 빨리 순환시키면서 급이하고 있었는데, 그 후 황복이 무리를 형성하고 나서, 급이하면서 사육수를 환수한 결과 변형의 발생은 없었다. 병어의 조직학적 변화를 사육방식과 더불어 고찰하였을 때, 유영 능력이 불완전한 황복에 급이하면서 사육수를 환수시킴으로써 황복이 먹이를 섭취하기 위하여 수류에 저항하면서 유영한 것이 척추 변형의 원인으로 작용하였을 것으로 생각한다.

## 감사의 글

본 연구는 군산대학교 수산과학연구소의 연구비 지원에 의한 대어민 질병 상담업무의 일환으로 수행되었습니다. 또 치어의 폐기로 인한 손실에도 불구하고 시료와 자료를 제공하여 주신 경기도 김포시의 A사장님께 감사드립니다.

## 참고 문헌

- 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.
- Bengtsson, B.-E. and Larsson, A.: Vertebral defor-

- mities and physiological effects in fourhorn sculpin (*Myoxocephalus quadricornis*) after long-term exposure to a simulated heavy metal containing effluent. *Aquat. Toxicol.*, 9: 215-229, 1986.
- 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.
- Choi, S.D., Hong, S.Y. and Park, K.J.: Two species of parasitic copepods (*Clavellopsis hugu* and *Taeniacanthus yamagutii*) from the cultured marine fish, from the western coast of Korea. *J. Fish Pathol.*, 11(2): 119-127, 1998.
- 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.
- 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.
- KORDI: Development of technique on the seeding mass production and propagation of river puffer, *Takifugu obscurus*. BSPG 00225-876-3. Minst. Agricul. Fish., Seoul, pp 244, 1995.
- Lim, C. and Lovell, R.T.: Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutri.*, 108: 1137-1146, 1978.
- Ransom, D.R., Nannam, C.N., Rohovec, J.S. and Flyer, J.L.: Comparison of histopathology caused *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii* in the species of Pacific salmon. *J. Fish Dis.*, 7: 107-115, 1984.
- Sakaguchi, S., Hara, T., Matsusata, T., Shibara, T., Yamaguchi, Y., Kawai, H., and Maeno, Y.: Scoliosis of cultured yellowtail caused by parasitic *Myxobolus buri*. *Bull. Natl. Inst. Aquacult.*, 12: 79-86, 1987.
- Takashima, F.: Vertebral malformation in hatchery-reared red sea bream, *Chrysophrys major*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 44: 435-443, 1978.
- 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.
- 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, 최현민, 유진하: 해수 양식 황복 (*Takifugu obscurus*)의 백점충 (*Cryptocaryon irritans*) 감염. 한국어병학회지, 17: 99-103, 2004.
- 방종득: 담수양식 해산어류의 질병 방제 연구. 해산어 담수양식 세미나. 국립수산진흥원 청평 내수면 연구소, pp 111-123, 2001.
- 정문기: 한국어도보, 일지사, pp 605-606, 1991.
- 장선일, 강희웅, 한형균: 황복의 난발생과 자치어의 발달. 한국양식학회지, 9: 11-18, 1996.

---

Manuscript Received : April 30, 2007

Revision Accepted : July 4, 2007

Responsible Editorial Member : Ju-Chan Kang  
(Pukyong Univ.)