

# 인공종묘 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*) 치어에서 발생하는 형태이상의 종류 및 다발성증상에 대한 형태학적 분석

김양수\* · 고현정<sup>1</sup> · 이시우<sup>2</sup> · 정관식<sup>3</sup>

긴끼대학교 수산연구소, <sup>1</sup>태안군청 수산과, <sup>2</sup>국립수산과학원 남서해수산연구소, <sup>3</sup>전남대학교 수산해양대학

## Morphological Analysis of Patterns of Deformities and Multiple Symptoms in Cultured Blackhead Seabream *Acanthopagrus schlegeli* Juveniles

Yang-Su Kim\*, Hyun-Jung Go<sup>1</sup>, Si-Woo Lee<sup>2</sup> and Gwan-Sik Jeong<sup>2</sup>

Oshima Branch, Fisheries Laboratories, Kinki University, Wakayama 649-3633, Japan

<sup>1</sup>Division of Fisheries, Taean Country Office, Taean 32144, Korea

<sup>2</sup>South Sea Fisheries Institute, National Fisheries Reserch and Development Institute, Yeosu 59780, Korea

<sup>3</sup>Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

This study aims to investigate the patterns and incidence rates of morphological deformities during artificial fingerling production of blackhead seabream (BSB, *Acanthopagrus schlegeli*) juveniles by visual and soft X-ray observations of BSB juveniles (n=881) collected from four industrial hatcheries. Using both methods, we observed seven types of external deformity (11.2±4.4%) and eight types of skeletal deformity (53.4±5.1%). Lordosis occurred in all hatcheries with the highest frequency and the mean frequency was 13.1±4.4% (24.5% in total abnormal) by soft X-ray. Although they had a similar standard length (SL), juveniles with lordosis had a significantly lower condition factor and body weight than normally developed juveniles ( $P<0.05$ ); normal distribution curves of histogram of body proportions, i.e., body height (BH)/head length (HL) and trunk (=SL-HL)/BH, indicated differences between normally developed juveniles and those with lordosis. In addition, 59% of juveniles with lordosis had vertebral curvature of less than 20°, generally at the 17<sup>th</sup> vertebrae. It is expected that the above results will be used as basic data necessary for determining the cause of lordosis and for developing techniques to prevent this symptom in the fingerling production industry of BSB juveniles.

Key words: Blackhead seabream, *Acanthopagrus schlegeli*, Deformity, Lordosis, Morphological analysis

### 서 론

감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)은 우리나라의 주요 수산자원으로서 성장과 환경적응력이 빠른 생리적 특징을 갖고 있어 산업적 가치가 높고, 연안 정착성의 생태적 특징으로 양식뿐만 아니라 방류용 어종으로써도 적합한 것으로 알려져(Chyung, 1990; Yamashita et al., 1996), 남해안을 중심으로 다량의 종묘가 방류된 바 있다(Noh et al., 1999; Yoo et al., 2003; Ji et al., 2007). 이러한 양식 또는 방류용 감성돔 치어는 대부분이 인공

종묘생산에 의존하고 있고, Lee and Rho (1987)에 의해 감성돔 인공종묘 생산기술이 보고된 이래, 지속적인 생산기술의 개발로 양식생산량이 증가하는 등, 안정적인 생산기술이 확보된 수산자원 중의 하나이다. 그러나 감성돔의 생산효율증진에 관한 다각적인 기술개발에도 불구하고, 겨울철 저수온에서 월동의 어려움과 바이러스에 의한 대량폐사 등 지속적인 기술개발이 요구되고 있으며, 이중 인공종묘생산단계에서 고비율로 발생하는 형태이상어는 감성돔 종묘생산에 있어 가장 중요하고도 시급한 해결과제 중의 하나로 인식되고 있다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0474>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(4) 474-482, August 2015

Received 21 May 2015; Revised 23 July 2015; Accepted 24 July 2015

\*Corresponding author: Tel: +81. 735. 65. 0501 Fax: +81. 735. 65. 0974

E-mail address: yskim0535@gmail.com

어류는 미발달상태로 부화하여 발육하므로 포유류와는 달리 생활사 초기에 있어 증식형 성장과 비대형 성장이 동시에 일어난다. 이중 증식형 성장은 먹이와 환경 등에 의한 영향을 받기 쉽고, 종묘생산 과정중의 다양한 인위적인 처리에 의해 종묘의 질적인 변화가 발생하기 쉬우며, 이는 폐사율과 함께 형태이상어의 발생 등으로 표현된다(Andrades et al., 1996). 이러한 후천적 요인에 의해 발생하는 어류의 형태이상에 관한 연구로는 Stockard (1906, 1907)가 *Fundulus heteroclitus*를 대상으로 LiCl<sub>2</sub>와 MgCl<sub>2</sub>에 의한 단안증(cyclopia syndrome)의 발생을 보고한 이후, 영양소(Kitamura et al., 1965, 1967; Watanabe et al., 1970; Ogino and Takeda, 1976; Arai et al., 1972; Halver et al., 1960a, 1960b), 수질 및 수온(Schräder, 1930; Brungs, 1971; Hattori, 2004; Abedl et al., 2004), 화학물질(Mehrle and Mayer, 1975; Nishiuchi, 1971; Bengtsson, 1975, Koyama and Itazawa, 1977), 물리적 장해(McCrimmon and Biogood, 1965), 빛 환경(Cobcroft and Battaglone, 2009), 기생생물(Parisot et al., 1965; Hoffman, 1966; Kent et al., 2004) 등, 장기간에 걸쳐 다양한 후천적 유발요인들과 형태이상과의 인과관계에 대하여 연구되어왔다.

양식어류에 있어 형태이상의 발생은 성장부진 및 대량폐사 등의 부작용을 유발하여 양식장 경영에 있어 생산효율의 저하로 연계되고, 결국 양어가에 대한 경제적인 재산성의 악화로 작용하게 된다(Barbaro et al., 1984; Shimizu, 1987). 또한 최근 주목되고 있는 식품안전성에 관한 소비자의 높은 관심에 의해 형태이상어의 발생은 소비자로부터 양식어의 이미지 하락으로 연계되어 결국 어류양식업의 전반적인 소비위축을 초래할 수 있다. 게다가, 감성돔과 같이 양식뿐만이 아닌 방류대상 어종에 있어 형태이상어의 방류 또는 탈출은 해양생태계의 열성화 현상 등의 부작용 유발가능성이 제기된 바 있다(Norris et al., 2000; Fushimi, 2001).

감성돔의 형태이상어에 관한 연구로는, Kim (1970)이 수정난 발생중의 고수온처리가 감성돔 자어의 형태이상 유도를 시사한 바 있으며, Kang and Chang (1997)은 사료내 갑상선 호르몬(3,5,3'-triiodo-L-thyronine)의 고농도 투여에 의한 감성돔 치어의 형태이상 발생을 관찰하였고, Park et al. (2008)은 감성돔 치어의 척추변형을 조직병리학적으로 관찰하여 그 원인에 대하여 고찰한 바 있다. 그러나 이러한 연구는 실험적환경에서 형태이상의 출현현상에 한하여 보고하고 있고, 산업적 차원에서 형태이상어의 발생방지 및 선별기술 개발에 있어 기초자료로서 필요한 다발성 형태이상의 규명과 그 증상에 관한 형태학적 특징을 조사한 보고는 없다.

따라서, 본 연구는 우리나라 인공종묘 감성돔에서 발생하는 형태이상의 종류와 그 발생률을 파악하고자, 실제 인공종묘 생산장에서 채집된 감성돔 치어를 육안 및 연 X-ray관찰을 통한 형태이상의 종류 및 발생률을 조사하였고, 다발성 형태이상을 대상으로 정상어와의 각 부위별 비율 및 체중 등을 비교함으로

써 이후 정확한 선별에 필요한 외형적 차이를 명확히 하고자 하였다. 마지막으로, 다발성 형태이상의 발생위치와 이상 정도를 조사함으로써, 그 증상의 발생원인 및 방지기술 개발에 필요한 기초지견을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어

국내 감성돔 인공종묘생산 현장에서 발생하는 형태이상의 종류와 그 발생률을 조사하기 위하여, 동해(A사)와 서해(B사)에 인접한 감성돔 인공종묘생산장 각각 1곳과 남해(C, D사)에 인접한 인공종묘생산장 2곳을 선정하였다. 다년간의 안정적인 감성돔 인공종묘생산을 실시한 4곳의 인공종묘생산 현장으로부터, 양식산 친어에 의해 채란하여 종묘생산된 83-90일령의 감성돔 치어(평균체장 2.4±6.7 cm, 평균체중 0.52±0.6 g) 총 881마리(A사, 102마; B사, 297마; C사, 317마; D사, 165마)를 무작위로 채집하였다. 본 채집까지의 사육기간 동안 모든 종묘생산장은 대소 및 기형어 등의 선별작업은 없었다. 채집된 실험어는 형태변형 및 부패방지를 위하여 현장에서 즉시 냉수마취 이후 10% 포르말린용액에 고정하여 보관하였다.

### 형태이상의 판별

형태이상어의 판별에는 채집된 실험어 전수(n=881)를 대상으로 육안을 통한 외형관찰과 연 X-ray촬영(MA-60, HITEX Co. Ltd., Nagoya, Japan)을 통한 내부골격의 관찰로 나누어 실시하였다. 정상어와 각각의 형태이상어 분류 및 각 증상의 명칭은 감성돔과 참돔에서 사용된 11가지의 판별기준에 준하였다(Shimizu, 1987; Hattori, 2004). 각각의 증상으로 분류된 형태이상어는 채집 개체 수에 대한 형태이상의 발생률(%) 산출에 사용되었다.

### 정상어와 전만증의 외부형태 및 체중비교

정상어와 전만증의 외부형태와 체중 등을 비교하기 위하여, 앞서 육안에 의해 분류된 전만증 그리고 이와 동일한 체장의 내외 골격상의 정상어 동수(n=29)를 대상으로 체장(standard length, SL), 체고(body height, BH), 두장(head length, HL) 그리고 체중(body weight, BW)을 측정하였다. 각각의 측정치를 바탕으로 Hattori (2004)의 방법에 준하여, SL로부터 HL를 뺀 길이(The length of standard length excepting head length, TCPL)에 대하여 BH의 역수(TCPL/BH), TCPL에 대한 HL의 역수(TCPL/HL), BH에 대한 HL의 역수(BH/HL) 그리고 비만도(condition factor; CF)를 산출하여 정상어와 전만증을 비교하였다.

### 전만증 발생위치와 빈도

앞서, 연 X-ray촬영에 의해 분류된 전만증(n=118)를 대상으로 척추 추체상의 전만증 발현위치를 조사하였다. 즉, 인하

된 X-ray 필름의 관찰을 통하여 복추골과 미추골을 Clothier (1950)의 방법에 준하여 분류하였고, 각 추체별 전만증의 발현 빈도를 조사하였다.

### 전만증 굴곡각도

전만증의 증상정도를 파악하기 위하여 척추굴곡의 각도를 Chatain (1994)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 1번 추체에서부터 굴곡된 추체사이의 연장선과 굴곡된 추체에서부터 마지막 미추골까지의 직선을 긋고, 이들 사이의 교차지점인  $\beta$ 각도를 측정하였다(Fig. 1).

### 통계처리

모든 백분율 자료는 통계처리를 위하여  $\arcsin\%$ 값으로 변환하였고, 각각의 Tables과 Figures에는 변환이전의 값으로 표기하여 모든 값의 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 모든 통계처리는 Leven's test에 의한 등분산 검정을 실시하였고, 유의차가( $P < 0.05$ ) 확인된 데이터에 대하여, 각각의 형태이상들 간의 평균값의 비교 그리고 정상과 형태이상의 두 평균값의 비교는 각각 Tukey's Kramer test와 t-test로 사후검증을 실시하였다( $P < 0.05$ ). 또한, 체형비율 값에 대한 분포곡선의 정규성검정은 Shapiro-Wilk test로 확인하였고( $P < 0.05$ ), 정상과 형태이상의 체형비율 값들의 분산은 F-test로 통계적인 유의성을 확인하였다( $P < 0.05$ ). 각각의 통계분석에는 통계처리 소프트웨어인 SPSS (ver. 20, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)와 Excel (ver. 2007, Microsoft Office, Seattle, WA, USA) 프로그램을 사용하였다.

## 결 과

### 외부 형태이상의 종류 및 발생률

육안을 통한 형태이상의 증상 및 발생률을 Fig. 2과 Table 1에 각각 나타내었다. 감성돔 종묘생산현장 4곳의 정상어와 형태이상의 평균 발생률은 각각  $88.9 \pm 4.3\%$ 와  $11.2 \pm 4.4\%$ 로,

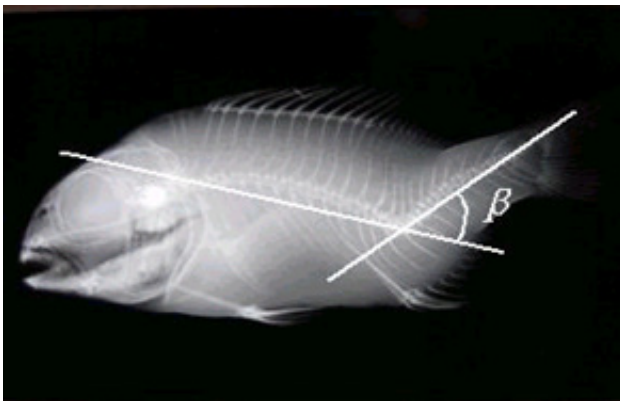


Fig. 1. Measurement of the  $\beta$ -angle of lordosis.

정상어가 형태이상에 비해 유의적으로 많았다(Table 1, t-test,  $P < 0.05$ ). 관찰된 형태이상의 증상으로는 전만증(Fig. 2B)이  $3.2 \pm 1.3\%$ , 새개단축(Fig. 2C)이  $2.3 \pm 2.2\%$ , 두부이상(Fig. 2D)이  $1.6 \pm 1.7\%$ , 턱의 이상(Fig. 2E)이  $1.1 \pm 1.3\%$ , 단구증(Fig. 2F)이  $1.6 \pm 1.6\%$ , 측만증(Fig. 2G)이  $0.2 \pm 0.2\%$  그리고 두 가지 이상의 기형을 함께 갖고 있는 합병증이  $1.2 \pm 0.9\%$ 로 관찰되었고, 각각의 형태이상의 발생률 사이에 유의적인 차이는 없었다(Table 1, ANOVA,  $P > 0.05$ ). 한편, 모든 형태이상의 증상에 있어 전만증은 2.0-4.9% 범위로 모든 종묘생산현장에서 관찰됨과 동시에 가장 높은 평균 발생률( $3.2 \pm 1.3\%$ )을 보였다.

### 내부골격이상 및 발생률

모든 실험어를 대상으로 연 X-ray촬영에 의한 내부골격 형태

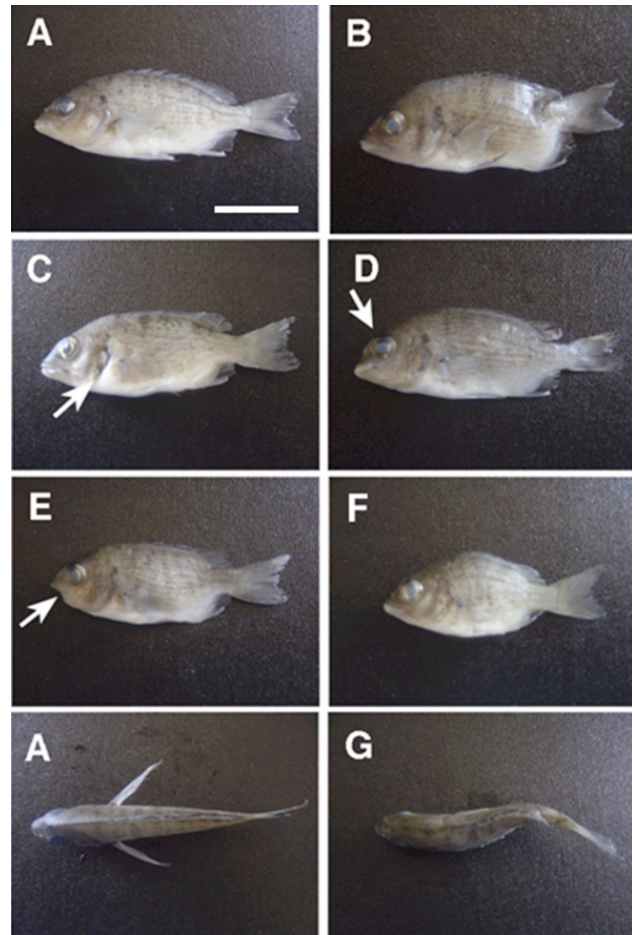


Fig. 2. Examples of external normal and abnormal of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles. A, Normal; B, Lordosis; C, Reduction of opercular; D, Deformity in head; E, Deformity of jaw; F, Shortened body condition; G, Scoliosis. Arrow indicates the place of deformity. Scale bar = 1 cm.

이상의 증상 및 발생률을 Fig. 3과 Table 2에 각각 나타내었다. 정상어와 전체 형태이상어의 평균 발생률은 각각  $46.7 \pm 5.1\%$ 와  $53.4 \pm 5.1\%$ 로, 정상어와 형태이상어에 사이에 유의적인 차이는 없었고(Table 2. t-test,  $P > 0.05$ ), 앞선 육안관찰 결과(Table 1)와 비교하여, 형태이상어와 정상어의 발생률 사이에 42.2%의 증감이 관찰되었다. 관찰된 골격이상어의 증상으로는 전만증(Fig. 3B)이  $13.1 \pm 4.4\%$ , 추체이상(Fig. 3C)이  $11.7 \pm 2.4\%$ , 신경 및 혈관극의 이상(Fig. 3D-1, 3D-2)이  $9.2 \pm 3.3\%$ , 추체융합(Fig. 3E)이  $6.3 \pm 4.8\%$ , 유리 신경간극이상(Fig. 3F)이  $2.8 \pm 4.2\%$ , 후만증(Fig. 3G)이  $1.7 \pm 1.3\%$ , 미골이상(Fig. 3H)

이  $1.5 \pm 1.6\%$  순이었고, 합병증은  $7.2 \pm 2.0\%$  이었다(Table 2). 이 중, 전만증과 추체이상은 유리 신경간극이상과 후만증 그리고 미골이상 보다 유의적으로 높은 발생률을 보였다(Table 2, ANOVA,  $P < 0.05$ ).

정상어와 전만증의 외부형태 비율 및 체중비교

정상어와 전만증의 각 부위별 비율, CF 그리고 체중의 평균 값을 Table 3에 나타내었다. TCPL/BH와 TCPL/HL 비율은 정상어가 각각  $1.81 \pm 0.17$ 와  $1.79 \pm 0.18$ 로 전만증의  $1.77 \pm 0.25$ 과  $1.77 \pm 0.19$ 에 비해 높았고, BH/HL에 있어서는 정상어가

Table 1. The incidence of external deformity in the blackhead seabream *Acanthopagrus schlegelii* juveniles

The category of triage	Incidence (%)				Mean $\pm$ SD
	A <sup>1</sup>	B <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>	D <sup>1</sup>	
Normal	94.1	83.5	89.3	88.5	88.9 $\pm$ 4.3*
Abnormal	5.9	16.5	10.8	11.5	11.2 $\pm$ 4.4
Lordosis	2.0	2.4	3.8	4.9	3.2 $\pm$ 1.3
Reduction of opercular	3.9	4.4	1.0	0.0	2.3 $\pm$ 2.2
Deformity in head	0.0	4.0	1.0	1.2	1.6 $\pm$ 1.7
Deformity of jaw	0.0	2.4	2.2	0.0	1.1 $\pm$ 1.3
Shortened body condition	0.0	2.0	0.6	3.6	1.6 $\pm$ 1.6
Scoliosis	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2 $\pm$ 0.2
Complication	0.0	1.0	1.9	1.8	1.2 $\pm$ 0.9
Total sampled fish number	102	297	317	165	881

The asterisks indicate significant difference between normal and abnormal (t-test,  $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Sampled locations.

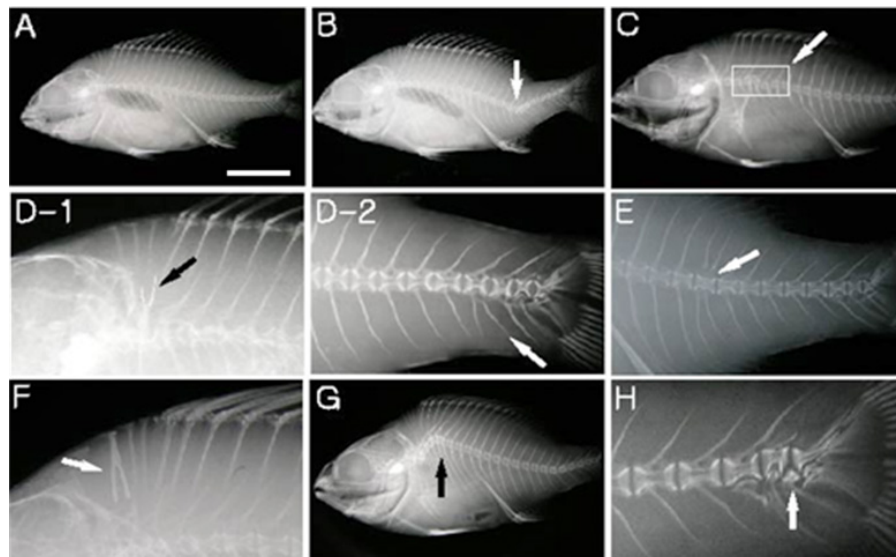


Fig. 3. Examples of skeletal normal and abnormal of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegelii* juveniles by soft X-ray photographs. A, Normal; B, Lordosis; C, Deformity of vertebral column; D, Deformity of neural (1) and hemal spine (2); E, Fused vertebrae; F, Deformity in free interneural spine; G, Kyphosis; H, Deformity of caudal skeleton. Arrow indicates the place of deformity. Scale bar = 1 cm.

Table 2. The incidence of interior skeletal structure deformity in the blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles

The category of triage	Incidence (%)				Mean ± SD
	A <sup>1</sup>	B <sup>1</sup>	C <sup>1</sup>	D <sup>1</sup>	
Normal	48.0	52.2	46.4	40.0	46.7 ± 5.1
Abnormal	52.0	47.8	53.6	60.0	53.4 ± 5.1
Lordosis	9.8	8.8	17.4	16.4	13.1 ± 4.4 <sup>a</sup>
Deformity of vertebral column	9.8	15.2	10.4	11.5	11.7 ± 2.4 <sup>a</sup>
Deformity of neural and hemal spine	11.8	8.8	4.7	11.5	9.2 ± 3.3 <sup>ab</sup>
Fused vertebrae	2.9	1.4	10.4	10.3	6.3 ± 4.8 <sup>abc</sup>
Deformity in free interneural spine	8.8	0.0	2.2	0.0	2.8 ± 4.2 <sup>bc</sup>
Kyphosis	2.9	0.0	1.3	2.4	1.7 ± 1.3 <sup>bc</sup>
Deformity of caudal skeleton	0.0	3.7	1.3	1.2	1.5 ± 1.6 <sup>c</sup>
Complication	5.9	10.1	6.0	6.7	7.2 ± 2.0 <sup>abc</sup>
Total sampled fish number	102	297	317	165	881

Different superscript letters mean significantly different between each abnormal symptom by ANOVA (Tukey's test,  $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Sampled locations.

0.94 ± 0.09로 전만증의 0.99 ± 0.11에 비하여 낮은 경향을 보였다. 그러나, 모든 비율의 평균값에 있어 정상어와 전만증 사이에 유의적인 차이는 없었으나(Table 3, t-test,  $P > 0.05$ ). CF와 체중의 평균에 있어서는 정상어가 각각 3.58 ± 0.40과 1.09 ± 0.57 g으로, 전만증의 2.98 ± 0.30과 0.54 ± 0.36 g에 비하여 유의적으로 높았다(t-test,  $P < 0.05$ ).

정상어와 전만증 개체들의 각 부위별 비율의 분포를 histogram으로 작성하였고, 이들의 평균과 표준편차를 바탕으로 산출된 분포곡선을 Fig. 4에 나타내었다. 정상어와 전만증의 TCPL/BH과 TCPL/HL의 분포곡선 모두는 평균 약 1.8을 중심으로 정규분포 하였다(Shapiro-Wilk test,  $P > 0.05$ ). 특히, 동일 TCPL/BH평균값에 대한 최고 확률값은, 정상어와 전만증이 각각 2.33과 1.58로 정규분포곡선에서 형태적 차이를 보였고(Fig. 4A), 정상어와 전만증의 TCPL/BH 비율 값들의 분산분포에 있어서도 유의적인 차이가 관찰되었다(Table 3, F-test,  $P < 0.05$ ). 그러나, TCPL/HL에서는 정상어와 전만증의 정규분포곡선 모두 유사한 형태를 보였다(Fig. 4B). 한편, BH/HL 비율의 분포곡선에서는 정상어는 평균 0.95값에서 4.45의 확률로, 전만증은 평균 1.00값에서 3.51의 확률을 보여, 정상어와 전만증 사이에 정규분포곡선 형태에서 약간의 차이가 관찰되었으나(Fig. 4C), 분산들의 분포에 있어서는 유의적인 차이가 없었다(Table 3, F-test,  $P > 0.05$ ).

### 전만증의 발생위치 및 빈도

연 X-ray촬영에 의해 확인된 모든 전만증에 대하여(n=118), 각 추체별 전만증의 발현빈도를 백분율로 표기하여 Fig. 5에 나타내었다. 전만증의 발생위치는 1번 추체에서 10번 추체까지의 복추골에서 전체의 6.86%, 이후 11번 추체에서부터 미부 봉상골까지의 미추골에서는 전체의 93.14%의 발생률을 보였다.

Table 3. The comparison of body proportion, condition factor (CF) and weight between normal and lordosis of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles(n=29)

	Normal	Lordosis
TCPL / BH	1.81 ± 0.17 <sup>†</sup>	1.77 ± 0.25
TCPL / HL	1.79 ± 0.18	1.77 ± 0.19
BH / HL	0.94 ± 0.09	0.99 ± 0.11
CF <sup>1</sup>	3.58 ± 0.40*	2.98 ± 0.30
Weight (g)	1.09 ± 0.57*	0.54 ± 0.36

TCPL, The length of standard length excepting head length; BH, Body height; HL, Head length.

The dagger (F-test) and asterisks (t-test) indicate significant difference between normal and lordosis ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> CF = (BW / BL<sup>3</sup>) × 100

또한, 미추골 중앙부위의 16-18번의 추체에서 전체 전만증의 46.89%가 발생하였고, 이중 17번 추체에서 17.93%로 가장 높은 빈도로 전만증이 발생하였다.

### 전만증의 굴곡각도

전만증의 척추굴곡각도 측정값을 각도 별로 나누어 백분율로 환산하여 Fig. 6에 나타내었다. 관찰된 모든 전만증의 척추각도는 5-34° 이내의 굴곡각도를 갖고 있었고, 이중 15-19°의 개체가 36.4%로 가장 높은 발생빈도를 보였다.

## 고찰

인공종묘어류에서 발생하는 형태이상을 형태해부학적으로 고찰한 예로는 Komada (1974)와 Hukuhara (1977)가 은

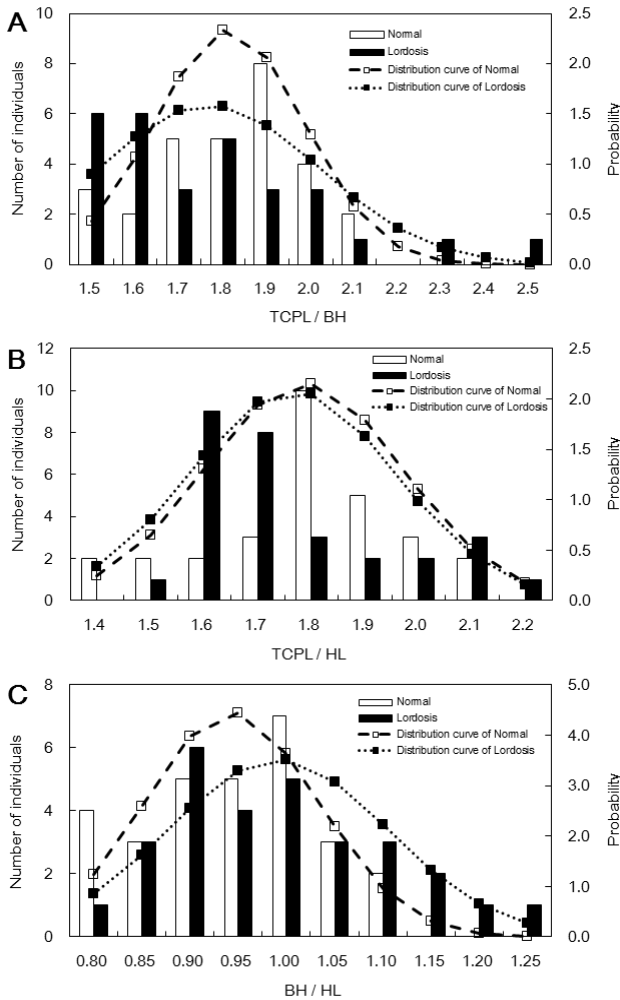


Fig. 4. Comparison of the histograms of body proportion and the distribution curve between normal and lordosis of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles. A, The ratio of the standard length excluding the head length per the body height (TCPL/BH). B, The ratio of the standard length excluding the head length per the head length (TCPL/HL). C, The ratio of body height per the head length (BH/HL).

어(*Plecoglossus altivelis*)와 참돔(*Pagrus major*)에서 발생하는 골격이상을 관찰한 바 있고, 감성돔에 있어서도 Shimizu (1987)는 채집된 형태이상어를 대상으로 연골과 경골의 이중 염색을 통하여 8가지의 골격이상을 관찰하여, 그 형태를 도시화하여 보고한 바 있다. 국내 감성돔 인공종묘를 대상으로한 본 연구결과, 앞서 Shimizu (1987)의 결과와 유사한 형태의 골격 이상이 7종 관찰되었다. 본 연구에서는 육안과 연 X-ray에 의해 형태이상어의 발생률의 차이를 비교한 결과, 각각  $11.2 \pm 4.4\%$ 와  $53.4 \pm 5.1\%$ 로 연 X-ray에 의해 약 42.2% 높은 비율로 형태이상어가 구별되어짐을 확인하였다. 비록, 연 X-ray에 의한 골

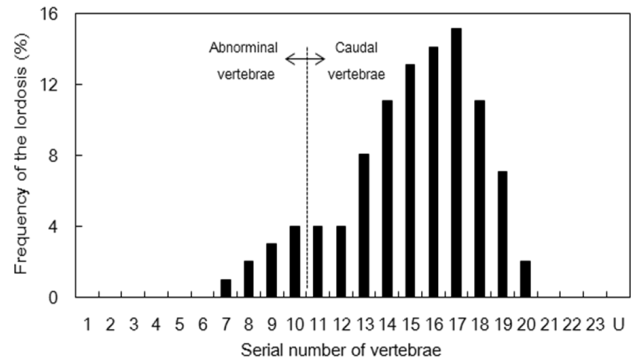


Fig. 5. Occurrence of lordosis in vertebrae column of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles. U, Urostyle bone.

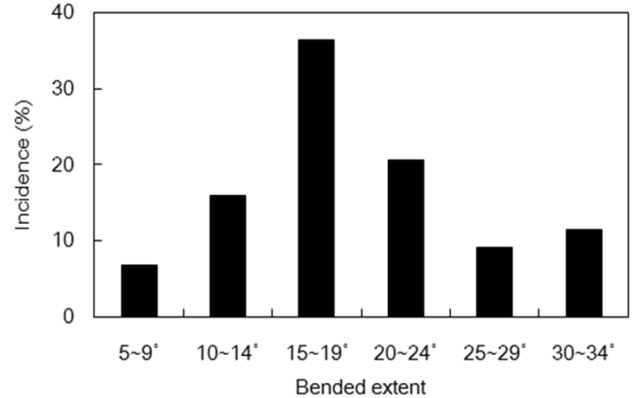


Fig. 6. Incidence (%) of each extent of bended vertebrae column in lordosis of blackhead seabream *Acanthopagrus schlegeli* juveniles.

격관찰에는 추체이상, 신경 및 혈관극 이상, 추체유합, 유리신경 간극 이상 등 미세한 골격이상들이 다수 포함되어 형태이상의 전체 발생률이 크게 증가한 것으로 생각되나, 이러한 결과는 통상 육안에 의해 실시되는 형태이상의 선별에 있어, 다수의 골격 이상 개체가 정상어로 분류되어지는 것을 시사한다.

본 연구에서 관찰된 형태이상의 각 증상별 발생률에 있어서는, 모든 종묘 생산현장에서 전만증이 관찰됨과 동시에, 평균  $13.1 \pm 4.4\%$ 의 발생률(전체 형태이상의 24.5%)로 가장 높은 발생빈도를 보였다(Table 2). 이러한 결과는 Park et al. (2008)이 보고한 감성돔에서의 결과, 그리고 같은 도미과인 청돔(*Sparrus aurata*)에서 대다수의 골격기형이 전만증으로 보고된 Andrades et al. (1996)의 결과와 유사하였다. 감성돔에 있어 전만증의 발생률( $3.2 \pm 1.3\%$ , Table 1)은 기존자료가 없어 비교하지는 못하였으나, 같은 도미과인 참돔을 대상으로 육안관찰에 의해 보고된 0.23%와는 많은 차이를 보였다(Hattori, 2004). 감성돔과 참돔의 전만증 발생률을 직접적으로 연관시켜 설명하기는 어려우

나, 본 연구결과와 비교하여 참돔에 있어서 전만증의 낮은 발생률은 그 형태이상의 발생원인으로 알려진 배발생기의 산소결핍(Hattori 2004)과 자어기 부레의 비팽창(Kitajima et al., 1981; Chatain, 1994) 그리고 치어기의 과도한 유영행동(Kitahara et al., 2002) 등과 같은 다양한 원인구명에 관한 연구와 함께, 이를 바탕으로 수정된 관리방법의 개선 및 사육수의 유막제거와 표층의 유속감소라고 하는 효과적인 사육기술의 개선에 의한 것으로 생각된다. 따라서, 본 연구결과와 같이 감성돔 치어에서 관찰된 다수의 전만증 발생은 아마도 본 종의 생활사 초기에 있어서 사육기술의 개선이 더욱더 필요함을 시사하였다.

Hoening and Walsh (1983)는 척추 중심체에서의 석회질화된 물질의 부식 그리고 여분의 석회물질 침적과 융합이 척추기형으로 발전할 것으로 시사하였고, Officer et al. (1995)은 척추관절 부분에서 석회질의 미네랄화(mineralize) 과정에서의 문제 즉, 뼈의 재흡수 후 잔존하는 미네랄화된 조직이 서로 융합하여 척추관절의 만곡 및 뒤틀림을 유도하고, 성장에 따른 이러한 조직의 증가가 척추의 전만과 측만 그리고 융합 등으로 나타날 것으로 시사하였다. 본 연구결과에서도 Officer et al. (1995)의 보고와 유사한 형태(추체의 일부분이 연속해서 지그재그 배열)의 추체이상(Fig. 3C)이 관찰되었으며, 그 발생률은 모든 중요생산현장에서 전만증 다음으로 많은 비율( $11.7 \pm 2.4\%$ , 전체 형태이상의 21.9%)로 관찰되었다(Table 2). 만약, 이러한 추체 이상이 앞선 연구결과에서와 같이 성장함에 따라 전만과 측만 또는 후만과 같은 척추만곡으로 진행될 경우, 감성돔 전만증과 같은 척추만곡의 발생률은 성장함에 따라 더욱 증가될 가능성을 시사하며, 형태이상의 정도도 더욱 심해질 것이다. 그러나, Suehiro et al. (2004)는 골격이상 참돔의 연 X-ray촬영을 통한 장기간의 추적검사를 통하여, 미미한 증상의 척추골 이상은 완전한 골화가 끝난 이후에도 성장함에 따라 자연적으로 완치 또는 일부가 치유되는 것으로 관찰하여, 앞선 추론과 상반되는 결과를 보고한 바 있다. 따라서, 감성돔에 있어 추체 이상이 전만과 후만 그리고 측만 등과 같은 척추만곡으로 진행되는지에 대한 여부는 이후 매우 흥미 깊은 연구분야의 하나일 것이고, 이는 감성돔 치어의 선별방법 및 시기에 관한 문제 그리고 양성기간중의 형태이상의 발생률 추정에 있어 중요한 자료로서 활용될 수 있을 것이다.

어류 인공종묘생산 및 양성단계에서는 출하기까지 여러 차례에 걸쳐 대소 또는 형태이상어의 선별이 실시된다. 특히, 형태이상어의 선별은 대부분이 육안에 의존하여 수행되어지므로, 시간 및 경제적 손실과 함께 선별자의 자의적인 판단에 의한 부정확한 선별이 될 가능성이 높다. 본 실험은 외형관찰에 의해 혼동되기 쉬운 동일한 체장의 정상어와 전만증을 대상으로 각 부위별 비율 및 비만도 등을 비교한 결과 전만증은 정상어와 비교하여 상대적으로 몸통(TCPL)이 짧고, 체고(BH)가 높은 경향을 보였고, 비만도 및 체중에 있어서도 정상어에 비하여 낮은 것으로 확인되었다(Table 3,  $P < 0.05$ ). 또한, 정상어와 전만증 사

어의 TCPL/BH와 BH/HL의 histogram에 대한 정규분포곡선 형태의 차이와 함께 특히, TCPL/BH의 체형비율의 분산에 있어 유의적인 차이가 관찰되었다(Fig. 4 and Table 3,  $P < 0.05$ ). 이러한 두 정규분포곡선의 차이(또는 교차범위를 제외한 면적의 위치차이) 그리고 TCPL/BH비율 값의 분산분포에서 유의적인 차이는 종래의 육안선별에서 이후 기계적인 선별로의 전환에 필요한 수치화 모델의 기초데이터로서 활용할 수 있을 것으로 시사되었다. Bookstein (1991)은 어류형태의 특징을 하나의 숫자로 표시하여 지수화(centroid size)할 것을 제창하였다. 어체형태의 지수화는 체장과 체고로 한 종래의 측정치 뿐만 아니라, 어류골격의 길이와 깊이를 이차원적구조로 정보화하여 표시할 수 있는 지표이고, 외형(Ehlinger, 1991) 및 골격의 형태비교(Wimberger, 1993) 그리고 넙치의 초기발육단계의 결정(Kawamura and Hosoya, 1997) 등에 사용되고 있다. 따라서 감성돔의 여러 발달단계에 걸쳐 다양한 각도에서 내외형적 측정치를 통한 명확한 감성돔 형태의 지수화를 수립한다면, 정상어와 형태이상어의 정확한 선별 뿐만 아니라 양식산 감성돔의 규격화와 품질관리 등 수산산업 전반에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

어류에게 있어 척추기형은 가장 중요한 골격기형중의 하나이며, 많은 어종에서 자연산과 양식산에 상관없이 높은 발생률로 나타나고, 이러한 척추기형은 그 정도에 따라 몸통의 만곡으로 표현된다(Divanach et al., 1996). 본 연구에서 관찰된 인공종묘 감성돔의 형태이상에서 가장 높은 빈도로 관찰되는 전만증은 그 대부분이  $20^\circ$ 미만(전체의 59%)의 경미한 굴곡각도를 갖고 있어(Fig. 6), 육안( $3.2 \pm 1.3\%$ )과 연 X-ray ( $13.1 \pm 4.4\%$ )의 관찰방법에 따른 전만증 발생률의 차이를 뒷받침 하였고, 육안을 통한 정확한 전만증 선별의 어려움을 시사하였다. 또한, 전만증의 대부분은 17번 추체 전후의 미추골에서 관찰되었으며(Fig. 5), 이는 Shimizu (1987)의 조사결과와 일치하였다. 전만증의 발생원인으로는 부레의 비팽창에 의한 과도한 유영행동(Kitajima et al., 1981)과 어류의 유영행동에 영향을 미치는 극심한 유속(Kihara et al., 2002; Sfakianakis et al., 2006) 등 물리적인 요인이 시사된 바 있다. 그리고 Fukuhara (1977)은 복추골과 미추골 사이의 전만증 발생률의 차이에 대하여 이두 추체들의 형태적 차이에 기인할 것으로 시사하였다. 즉, 비교적 유연성이 있는 조골을 갖는 복추골에 비하여 신경극과 형태적으로 유사한 혈관극을 갖는 미추골이 상대적으로 더 단단하기 때문에 과도한 운동에 의해 발생하는 물리적인 충격에 의한 영향을 크게 받기 때문일 것으로 시사하였다. 그러나 척추만곡의 발생원인에 대해서는 여러 어종에서 다양한 연구가 실시된 바 있고, 본 연구결과를 통하여 국내 감성돔 인공종묘의 전만증 발생원인을 단순히 추론하기에는 상당한 어려움이 있다. 따라서, 이후 감성돔 치어의 전만증 발생원인 및 방지기술 개발을 위하여 본 연구결과를 기초자료로서 활용되길 바라며, 이후 위와 관련된 심도 깊은 연구가 추가되기를 기대한다.

## 사 사

본 연구의 실험어 채집에 응해주신 여러 사업자님들 그리고 원활한 실험진행에 도움을 주신 모든 분들께 깊은 감사 드립니다.

## References

- Abedl I, Abellan E, Lopez-Albors O, Valdes P, Nortes MJ and Garcia-Alcazar A. 2004. 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-004-0349-9>.
- Andrades JA, Becerra J and Fernandez-Llebrez P. 1996. Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture* 141, 1-11. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01226-5](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(95)01226-5).
- Barbaro A, Francescon A and Guidastrì R. 1984. Extensive rearing in a "valle" of the lagoon of Venice of *Sparus aruata* L. obtained by induced spawning. *Nova Thalassia* 6, 281-286.
- Bengtsson B. 1975. Vertebral damage in fish induced by pollutants. In: *Sublethal effects of toxic chemicals on aquatic animals*. Koe-man JH and Strik JJTWA, eds. Elsevier, Amsterdam, Netherland, 23-30.
- Bookstein FL. 1991. *Morphometric tools for landmark data geometry and biology*. Cambridge University Press, New York, U.S.A. 435.
- Brungs WA. 1971. Chronic effects of low dissolved oxygen concentrations on the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *J Fish Res Board Canada* 28, 1119-1123. <http://dx.doi.org/10.1139/f71-166#.VVp7JfntlBc>.
- Chatain B. 1994. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus auratus*). *Aquaculture* 119, 371-379. [http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90301-8](http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(94)90301-8).
- Chyung MK. 1990. *The fishes of Korea II*. Hak Ji Sa Co Ltd, Seoul, Korea 357-353.
- Clothier CR. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Fish Bull* 79, 1-83.
- Cobcroft JM and Battaglione SC. 2009. Jaw malformation in striped trumpeter *Latris lineata* larvae linked to walling behaviour and tank colour. *Aquaculture* 289, 274-282. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.12.018>.
- Divanach P, Boglione C, Menu B, Koumoundouros G, Kentouri M and Cataudella S. 1996. Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solution. In: *Seabass and Seabream culture: problems and prospects*. Chantain B, Saroglia M, Sweetman J and Lavens P, eds. European Aquaculture Society, Oostende, Belgium, 45-66.
- Ehlinger TJ. 1991. Allometry of morphometric variation in the bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Copeia* 2, 347-357.
- Fukuhara O. 1977. On the skeletal abnormalities of reared red sea bream. *Aquaculture Sci* 25, 41-45. <http://dx.doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.25.41>.
- Fushimi H. 2001. Production of juvenile marine finfish for stock enhancement in Japan. *Aquaculture* 200, 33-53. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00693-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00693-7).
- Halver JE and Shanks WE. 1960a. Nutrition of salmonid fishes-VIII. Indispensable amino acids for sockeye salmon. *J Nutrition* 72, 340-346.
- Halver JE, Ashley LM and Smith RR. 1960b. Ascorbic acid requirement of coho salmon and rainbow trout. *T Am Fish Soc* 98, 762-771. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1969\)98\[762:AAROCS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1969)98[762:AAROCS]2.0.CO;2).
- Hattori M. 2004. Study on vertebral deformity of cultured red sea bream *Pagrus major*. Ph D. Thesis, Kinki University, Wakayama, Japan.
- Hoenig JM and Walsh AH. 1983. Skeletal lesions and deformities in large sharks. *J Wildlife Dis* 19, 27-33. <http://dx.doi.org/10.7589/0090-3558-19.1.27>.
- Hoffman GL. 1966. Whirling disease of trout in north America. *American Fish and U.S. Trout News*, Jan- Feb, 6-7, 23.
- Hukuhara O. 1977. On the skeletal abnormalities of reared red sea bream. *Aquaculture Sci* 25, 41-45. <http://dx.doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.25.41>.
- Ji SC, Lee SW, Yoo JH, Kim YS, Jeong GS and Myoung J-G. 2007. Initial feeding habits and changes in body composition of juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* released into the Gamak Bay. *J Aquaculture* 20, 90-95.
- Kang DY and Chang YJ. 1997. Effect of exogenous thyroid hormone (T<sub>3</sub>) on skeletal development and physiological conditions of juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). *J Kor Fish Soc* 30, 305-312.
- Kawamura K and Hosoya K. 1997. Larval morphometry of the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Ichthyol Res* 44, 389-398. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02671991>.
- Kent ML, Watral VG, Whipps CM, Cunningham ME, Criscione CD, Heidel JR, Curtis LR, Spitsbergen J and Markle DF. 2004. A dienean metacercaria (*Apophallus* sp.) and a myxozoan (*Myxobolus* sp.) associated with vertebral deformities in cyprinid fishes from the willamette river, Oregon. *J Aquat Anim Health* 16, 116-129. <http://dx.doi.org/10.1577/H04-004.1>.
- Kim YU. 1970. On the characteristics of eggs and larva of *Mylio macrocephalus* (Basilewsky). *Bull Kor Fish Soc* 3, 233-251.
- Kitahara M, Ogata S, Kawano N, Kubota I and Yamaguchi R. 2002. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. *Aquaculture* 212, 149-158. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00871-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00871-7).
- Kitajima C, Tsukashima Y, Fujita S, Watanabe T and Yone Y. 1981. Relationship between uninflated swim bladders and lordotic deformity in hatchery-reared red sea bream



- Pagrus major*. Nippon Suisan Gakkaishi 47, 1289-1294. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.47.1289>.
- Kitamura S, Ohara S, Suwa T and Nakagawa K. 1965. Studies on vitamin requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri*-I. On the ascorbic acid. Nippon Suisan Gakkaishi 31, 818-826. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.31.818>.
- Kitamura S, Suwa T, Ohara S and Nakagawa K. 1967. Studies on vitamin requirements of trout-II. The deficiency symptoms of fourteen kinds of vitamin. Nippon Suisan Gakkaishi 33, 1120-1125. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.33.1120>.
- Komada N. 1974. Studies on abnormality of bones in anomalous "Ayu", *Plecoglossus altivelis*. Fish Pathol 8, 127-135. <http://dx.doi.org/10.3147/jsfp.8.127>.
- Koyama J and Itazawa Y. 1977. Effect of oral administration of cadmium on fish-I. Analytical results of the blood and bones. Nippon Suisan Gakkaishi 43, 523-526. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.43.523>.
- Lee JJ and Rho S. 1987. Studies on the aquaculture of the black porgy, *Mylio macrocephalus* (Basilewsky). Bull Mar Resour Res Inst Cheju Nat Univ 11, 1-20.
- McCrimmon HR and Biogood B. 1965. Abnormal vertebrae in the rainbow trout with particular reference to electrofishing. Trans Amer Fish Soc 94, 84-88. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1965\)94\[84:AVITRT\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1965)94[84:AVITRT]2.0.CO;2).
- Mehrle PM and Mayer FL. 1975. Toxaphene effects on growth and bone composition of fathead minnows, *Pomphales promelas*. J Fish Res Board Canada 32, 593-598. <http://dx.doi.org/10.1139/f75-076>.
- Nishiuchi Y. 1971. Toxicity of formulated pesticides to some fresh water organisms-XI. Aquaculture Sci 19, 151-157. <http://dx.doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.19.151>.
- Norris AT, Bradley DG and Cunningham EP. 2000. Parentage and relatedness determination in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) using microsatellite markers. Aquaculture 182, 73-83. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00247-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00247-1).
- Officer RA, Clement JG and Rowler DK. 1995. Vertebral deformities in a school shark, *Galeorhinus galeus* circumstantial evidence for endoskeletal resorption? J Fish Biol 46, 85-98. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb05948.x>.
- Ogino C and Takeda H. 1976. Mineral requirements in fish-III. Calcium and phosphorus requirements in carp. Bull Jap Soc Sci Fish 42, 793-799. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.42.793>.
- Parisot TJ, Yasutake WT and Klontz GW. 1965. Virus disease of the salmonidae in western United States. I. Etiology and epizootiology. Ann NY Acad Sci 126, 502-519.
- Park S-W, No Y-S, Yu J-H and Kim JD. 2008. Vertebral abnormality in hatchery-reared black sea bream (*Acanthopagrus schlegeli*) fingerlings. J Fish Pathol 21, 139-148.
- Schröder TH. 1930. Die Mißbildungen der Wirbelsäule bei Fischen insbesondere über die Wellkrümmung (*Plekospodylie*) beim Aal (*Anguilla vulgaris*). Z Fishcherei 28, 495-543.
- Sfakianakis DG, Georgakopoulou E, Papadakis IE, Divanach P, Kentouri M and Koumoundouros G. 2006. Environmental determinants of haemal lordosis in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). Aquaculture 254, 54-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.028>.
- Shimizu H. 1987. Bone abnormality of hatchery-reared black progy, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker). Bull Tokai Reg Fish Res Lab 122, 1-11.
- Stockard CR. 1906. The development of *Fundulus heteroclitus* in solution of lithium chloride with appendix on its development in fresh water. J Exp Zool 3, 99-120. <http://dx.doi.org/10.1002/jez.1400030105>.
- Stockard CR. 1907. The artificial production of a single median cyclopean eye in the fish embryo by means of sea water solutions of magnesium chloride. Arch Entwicklungsmech Org 23, 249-258.
- Suehiro Y, Nasu T, Taniguchi N, Maeda S, Sawada Y, Miyasita S and Murata O. 2004. A follow-up test (changes, recovery) of skeletal deformities in red sea bream, *Pagrus major*, seedling by X-ray radiographs. Bull Fish Lab Kinki Univ 9, 67-77.
- Watanabe T, Takashima F, Ognio C and Hibiya T. 1970. Effect of  $\alpha$ -tocopherol deficiency on carp. Bull Jap Soc Sci Fish 36, 623-630. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.36.623>.
- Wimberger PH. 1993. Effect of vitamin C deficiency on body shape and skull osteology in *Geophagus brasiliensis*: implication for interpretations of morphological plasticity. Copeia 2, 343-351.
- Yamashita H, Umino T, Nakahara S, Okada K and Nakagawa H. 1996. Comparison of biological and biochemical characteristics between hatchery-produced and wild black sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi 62, 89-93. <http://dx.doi.org/10.2331/suisan.62.89>.
- Yoo JH, Hwang DJ, Yoon YH, Jeong GS and Go HJ. 2003. Initial adaptation of released black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* in Gamak bay, southern coast in Korea. J Kor Fish Soc 36, 365-371.