

금호강(낙동강)산 잉어과 어류 5종에서 치어의 척추골 변형

양 흥 준 · 김 은 경 *

경북대학교 사범대학 · * 덕화여자중학교

자연상태에서 어류의 척추골 이상을 조사하기 위하여 1995년 8월과 1996년 7월 및 8월에 낙동강의 일차 지류인 금호강에서 채집한 잉어과 어류 5종의 치어를 대상으로 종별 및 체장별로 척추골 변형의 형태와 그 빈도를 조사하였다.

치어에서 나타난 척추골 변형의 형태는 척추굴곡, 척추융합, 나선형 봉합선을 가진 척추, 하나 이상의 가시를 중복하여 가지는 척추 등 4가지 유형이었고 척추골 변형의 발생 빈도는 종에 따라 다소 차이가 있었다. 조사대상 종 모두에서 하나 이상의 가시가 중복되어 나타나는 척추변형은 11.72~21.11%로 가장 높은 빈도를 보였고 척추융합은 4.69~7.68%로 나타났다. 융합의 형태는 2개의 추골이 서로 융합된 빈도가 가장 높았다. 또한 추골 융합은 미부 봉상골 바로 앞의 추골에서 발생 빈도가 종에 따라 67.09~86.71%로서 다른 부위에 비해 높았다. 척추굴곡은 0.02~0.15%, 나선형 봉합선을 가진 척추는 0.02%의 빈도로 나타났다.

조사된 어류에서 나타난 척추이상의 형태를 종별로 보면 갯물개(*Squalidus gracilis majimae*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 붕어(*Carassius auratus*)는 척추융합과 하나 이상의 가시를 중복하여 가지는 척추변형만 나타났으며 참물개(*Squalidus chankaensis tsuchigae*)는 이 두 척추변형 외에 척추굴곡이 함께 발견되었고 갈겨니(*Zacco temmincki*)는 나선형 봉합선을 가진 척추변형도 나타나 조사된 어류 중에서 가장 다양한 척추변형의 형태를 보였다.

척추융합과 하나 이상의 가시를 중복하여 가지는 척추변형의 빈도는 체장과는 관계가 없었으며 척추굴곡과 나선형 봉합선은 체장 20mm 이하의 치어에서만 나타났다.

서 론

동물체에서 체형의 발달은 내부적으로 유전적 요인과 외부적인 환경 요인의 영향을 직접 받게 된다. 최근 우리 나라에서는 산업의 발달과 경제성장으로 인하여 환경 오염 현상이 심각한 경지에 이르고 있는데 이러한 현상은 앞으로 더욱 심각해질 것으로 예상되고 있다.

어류에서 척추가 단축되거나 굴곡 되는 등의 척추변형은 종종 보고되어 왔으며(Dawson, 1964, 1966, 1971; Dawson and Heal, 1976; Kroger and Guthrie, 1973), 특히 치어의 척추변형 발생 빈도는 부화 동안의 수온 혹은 다른 조건들과 상관

관계가 있는 것으로 보고되고 있다(Gabriel, 1944; Alderdice *et al.*, 1958; Seymour, 1959; Gar-side, 1959).

일반 수계의 경우 어류의 척추변형은 수질 오염에 의한 영향으로 유발되고 발생 빈도도 증가한다고 인식되고 있으나, 그 인과 관계를 밝힐 수 있는 구체적인 연구 결과들이 부족한 실정이다. 실제로 오염이 없는 곳에서도 척추변형 어류가 나타나는 것으로 보아 자연적인 상태에서도 척추의 발생에 영향을 미치는 요인이 있음을 알 수 있다. 그러므로 자연 상태에서의 척추변형을 조사함으로써 농약과 중금속 등의 수질 오염 물질로 인한 척추변형 형태나 그 빈도를 비교할 수 있을 것이다.

환경 오염으로 인한 생체의 영향은 여러 가지 형태로 나타나고 있는데 수질 오염의 경우에 어류의 척추변형으로 인한 체형 이상 현상은 빈번히 논의 되어오고 있다. 그러나 자연 상태에서 일어날 수 있는 척추변형의 기초 조사 마저도 없는 상태에서 체형변형의 어류가 나타나면 정확한 자료도 없이 막연히 환경 오염의 영향으로 간주하는 경우가 많은바 자연 상태에서 일어나는 척추변형의 기준을 확인할 필요가 있다.

우리 나라에서는 자연 상태에서 어류의 척추골 변형에 대한 조사가 전혀 없다. 따라서 본 연구에서는 금호강에서 채집한 잉어과 어류 수 종의 치어를 대상으로 종별, 체장별로 나타나는 척추골 변형의 형태와 변형 빈도를 조사하므로써 자연 상태의 수계에서 발생할 수 있는 척추 변형어 연구의 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 재료는 1995년 8월과 1996년 7월 및 8월에 경상북도 영천시 금호읍 덕성리의 금호강에서 채집한 잉어과 어류의 치어로서 모두 5종 11,911개체이다(Table 1).

채집에는 반두(망목 5×5mm)와 뜰채를 이용하였는데, 채집된 어류는 5% formalin액에 고정하여 표본을 만들었다. 채집지의 수심은 20~80cm이며 수온은 20~34℃였다.

표본은 内田(1939)에 따라 종을 동정하였고, 성장에 따른 척추변형의 빈도를 조사하기 위해 표본을 2mm 간격으로 집단 구분을 하였으며 측정은 vernier calipers(1/20mm)를 이용하였다. 관찰을 위한 척추골

의 염색은 Park and Kim(1984)의 방법을 따랐다.

염색된 표본은 해부 현미경을 이용하여 비정상적인 갈습 축적으로 인접한 두 추골이 붙은 척추, 나선형 봉합선이 나타난 척추, 융합된 척추, 1~2개의 부수적인 가시(spines)를 가지는 척추, 굴곡된 척추 등의 척추변형 형태를 분류, 확인하고 각 유형별로 출현 빈도를 조사하였다.

결 과

1. 종별 척추변형의 빈도

채집된 표본의 척추변형은 융합된 척추(fused vertebrae), 나선형 봉합선을 가진 척추(helical sutures of vertebrae), S자형으로 굽어진 척추(spinal curva-

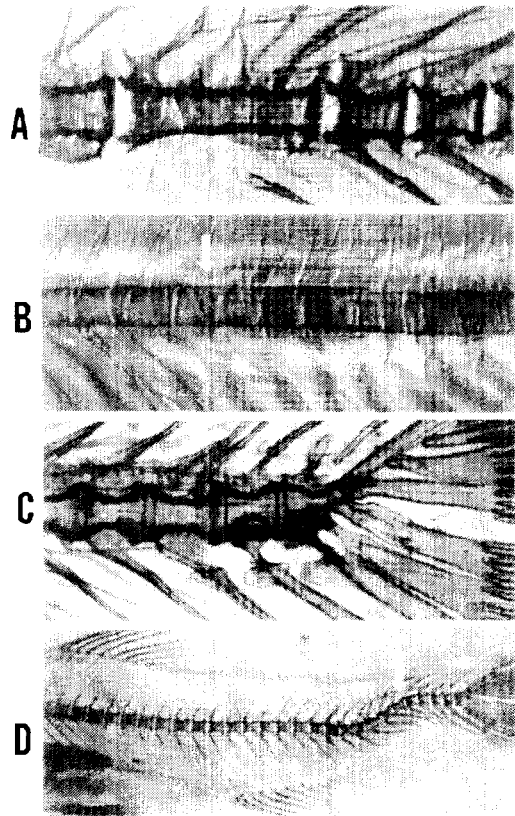


Fig. 1. Vertebral anomalies of the juvenile of *Zacco temmincki*. A ; fused vertebrae, B ; vertebrae of helical sutures, C ; additional spines, D ; spinal curvature.

Table 1. A list of fishes examined and specimens collected for the test of vertebral anomalies from Keumho River (1996)

Scientific name	Common name	Standard length (mm)	Specimens
<i>Carassius auratus</i>	Crucian carp	10~26	1,246
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	Korean slender gudgeon	2~38	569
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	Korean gudgeon	16~32	651
<i>Pseudorasbora parva</i>	False dace	16~36	940
<i>Zacco temmincki</i>	Dark chub	6~38	8,50
Total		6~38	11,911

Table 5. The number and frequency of vertebral anomalies of five different juvenile fishes collected from Kumho River

Standard length (mm)	Number (%)												
	Number of specimen					Fused vertebrae					Helical sutures	spinal curvature	
	Ca	Sgm	Sct	Pp	Zt	Ca	Sgm	Sct	Pp	Zt	Zt	Sct	Zt
6.0 - 8.0					12						-		
8.1 - 10.0					64						4(6.25)	1(1.56)	
10.1 - 12.0	12				280	1(8.33)				14(5.00)	1(0.36)		1(0.36)
12.1 - 14.0	199	10			484	15(7.44)					22(4.55)		-
14.1 - 16.0	496	16			580	29(5.85)	-	1		4(2.41)			1(0.17)
16.1 - 18.0	277	20	39	22	530	9(3.25)	1(5.00)	2(5.13)	-	36(6.79)			1(5.26)
18.1 - 20.0	165	45	50	32	1,768	7(4.24)	2(4.44)	4(8.00)	3(9.38)	101(5.66)			
20.1 - 22.0	74	62	92	39	1,694	3(4.05)	6(9.68)	7(7.61)	-	72(4.25)			
22.1 - 24.0	13	60	120	68	1,315	1(7.69)	5(8.33)	10(8.33)	2(2.94)	55(4.18)			
24.1 - 26.0	10	74	141	150	720	-	4(5.41)	11(7.80)	6(4.00)	34(4.72)			
26.1 - 28.0		100	150	259	570		8(8.00)	12(8.00)	18(6.95)	14(2.46)			
28.1 - 30.0		45	45	215	160		4(8.89)	4(8.89)	9(4.19)	8(5.00)			
30.1 - 32.0		52	14	119	114		4(7.69)	-	6(5.04)	8(7.02)			
32.1 - 34.0		45		28	94		3(6.67)		2(7.14)	10(10.64)			
34.1 - 36.0		29		8	70		1(3.45)		-	6(8.57)			
36.1 - 38.0		11			32					1(3.13)			
Total	1,246	569	651	940	8,505	65(5.22)	38(6.68)	50(7.68)	46(4.89)	399(4.69)	2(0.02)	1(0.15)	2(0.02)

Ca ; *Carassius auratus*, Sgm ; *Squalidus gracilis majimae*, Sct ; *Squalidus chankaensis tsuchigae*, Pp ; *Pseudorasbora parva*, Zt ; *Zacco temmincki*.

18mm SL 이하이거나 34mm SL 이상의 개체에서는 척추융합이 전혀 나타나지 않았다.

갈겨니는 가장 다양한 체장에 걸쳐 척추 변형이 나타났다. Table 5에 나타낸바와 같이 척추융합은 8~38mm SL 사이에서 2.41~10.64%였으며 각 체장별로 빈도의 차이가 다른 종보다 다소 크며 32~34mm SL에서 10.64%로 가장 높았다. 나선형 봉합선은 8~12mm SL에서 나타났으며 12mm SL 이상의 개체에서는 전혀 나타나지 않았다. 또 척추굴곡은 10~12mm SL과 14~16mm SL에서 각각 1개체씩 나타났다.

3. 척추 변형의 출현 위치

어류에서 척추 융합이 발생한 부위를 보면 미병부의 뒷부분에서 발생 빈도가 다른 부위보다 훨씬 높게 나타났다. 특히 미부 봉상골 바로 앞의 두 추골에서 융합이 발생한 빈도는 붕어 86.71%, 참물개 79.00%, 갈겨니 75.62%, 참붕어 67.39%, 긴물개 67.09%로 나타났다(Fig. 2).

고 찰

금호강산 잉어과 어류 몇 종에 있어서 자연산 치어의 척추골 변형 형태를 조사한 결과 변형의 형태는 척추굴곡, 척추융합, 나선형 봉합선이 나타난 척추, 1~2개의 부수적인 가시(spines)를 가지는 척추 등 4가지 유형으로 나타났다. Komada(1983)의 보고에 의하면 척추에 비정상적으로 칼슘이 축적되어 인접한 두 척추가 서로 연결된 형태의 척추 변형이 높은 빈도로 나타난다고 했으나 본 조사에서는 그러한 유형이 전혀 나타나지 않았다. 본 연구의 조사 결과에서는 시험된 5종의 어류에서 주로 나타나는 척추변형의 형태는 척추융합과 1~2개의 부수적인 가시를 가지는 것들이었으며 척추굴곡과 나선형 봉합선이 있는 척추는 참물개와 갈겨니의 2종에서만 낮은 빈도로 나타났다. 이는 자연 상태에서 채집한 어류의 척추 변형을 조사한 Komada(1979)의 결과와 비슷하다.

본 조사 결과 나타난 척추변형의 형태는 척추전만증, 척추후만증 및 출혈 증상을 동시에 나타내는

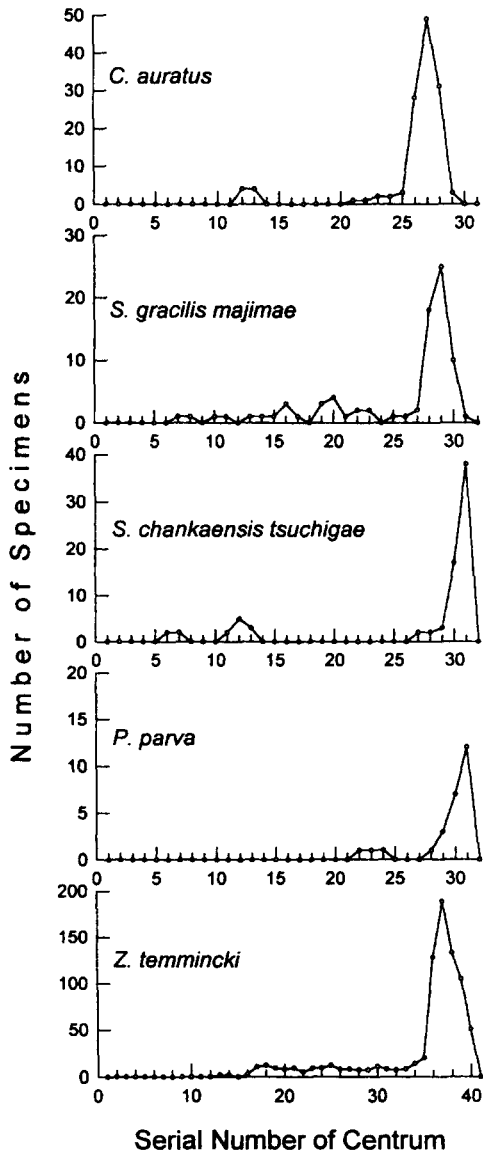


Fig. 2. The incidence of fused vertebrae in the vertebral column of five different juvenile fishes collected from Kumho River.

Vitamin C 결핍에 의한 척추 변형 형태(Lim and Lovell, 1978)와 척추측만증 및 출혈을 나타내는 농약과 cadmium에 노출된 척추 변형 형태와는 다르게 나타났다(염 등, 1992). 이와 같이 자연 발생적인 척추 변형은 농약이나 중금속 등의 물질에 노출될 때 발생하는 척추 변형의 형태와 차이가 있다

므로 실제 자연 수계나 환경 오염에 의해서 발생하는 척추 변형의 종류와 발생 원인을 밝히는 기초 자료로 사용될 수 있으리라 생각된다.

척추융합의 발생 빈도는 종에 따라 4.69~7.68%의 범위에 걸쳐 나타나는데 이는 Moore and Hixon(1977)의 7.6%, Komada(1979)의 3.09~7.62%의 결과와 유사하다. 척추융합의 종류에는 전·후로 인접된 2개의 추골만이 서로 융합된 형태가 가장 많았다. 미부 봉상골 앞의 두 추골에 1~2개의 부수적인 가시를 가지는 변형 척추의 발생 빈도는 11.72~21.11%였는데 Komada(1982)의 16.00~32.86%나 Komada(1983)의 35.55~47.78% 보다 훨씬 낮게 나타났다. Komada(1982)는 미부봉상골 앞의 두 추골에 1~2개의 부수적인 가시를 가지는 척추 변형은 모든 환경상태의 어류에서 동일하게 나타난다고 하였는데, 본 조사의 결과도 그것과 일치하였다. 척추굴곡은 참물개에서 0.15%, 갈겨니에서 0.02%로 빈도가 낮았으며, 다른 3종에서는 전혀 나타나지 않았다. 나선형 봉합선이 나타나는 빈도는 갈겨니에서만 0.02%로 나타나 다른 형태의 변형 빈도보다 훨씬 낮았다.

척추융합의 발생 빈도는 체장에 따라서 큰 차이를 보이지는 않았다. 척추융합은 미부에서의 발생 빈도가 다른 부위보다 훨씬 높게 나타났다. 이러한 결과는 자연산 황어와 사육한 황어를 대상으로 척추 변형을 조사한 결과 자연산 황어에서의 척추 융합이 다른 부위보다 미부에서 훨씬 높게 나타난 Komada(1979)의 결과와 비슷하다. 반면 실험실에서 사육한 어류의 경우에는 융합의 빈도가 척추 전체에 걸쳐 고루 나타난다고 했다(Komada, 1979). 미부봉상골 앞의 두 추골에 1개 이상의 부수적인 가시를 가지는 척추 변형도 체장과의 상관관계가 없었다.

나선형 봉합선이 나타난 척추 변형은 표준 체장 12mm 이하의 갈겨니에서만 나타났다. Komada(1982)에 의하면 나선형 봉합선이 나타난 변형은 체장 20mm 미만 개체에서 주로 나타나며 그 이상의 체장에서는 나선형 봉합선이 척추 융합으로 발전된다고 하였다. 본 조사 결과 나선형 봉합선의 발생 빈도가 매우 낮은 것은 이들이 성장에 따라 척추 융합으로 발전되었기 때문일 것으로 생각된다. 척추융합은 나선형 봉합선 뿐만 아니라 비정

상적인 칼슘 축적으로 인해서도 유발되며, 이는 개체발생 과정에서 생활 환경의 조건과 관련이 깊다는 보고가 있다(Komada, 1983).

어류의 척추변형은 개체발생동안 부적절한 환경 조건 때문이거나 유전적인 결과로 일어난다(Rosenthal *et al.*, 1958). 수정란의 배 발생시 알맞지 않은 수온(Gabriel, 1944 ; Seymour, 1959)과 저산소 상태(Alderdice *et al.*, 1958)로 인하여 척추변형의 발생 빈도가 높다는 것이 확인되었다. 또 Meen(1952)은 영양불량이 척추이상을 유발한다고 하였으며 Foster *et al.* (1949)는 산란하기 전에 X선에 노출된 무지개송어가 높은 골격 이상을 나타낸다고 보고한 바 있고 Crawford(1925)는 정상적으로 발생한 무지개 송어에서 부화된 치어들이 어떤 외부적인 영향을 받아 변형이 일어난다고 하였으며 Carpenter *et al.* (1969)는 산업 폐수와 하천의 수질이 척추변형 등의 기형을 유발한다고 하였다. 이와 같은 환경 요인들은 척추변형의 유발 요인으로 확인되고 있지만 이 외에도 많은 요인이 있을 것으로 추측되나 아직 밝혀지지 않았으므로 이에 관한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- 염동혁 · 이성규 · 강부현 · 최신석. 1992. 어류의 척추변형에 관한 연구 (I). 육수지 25(4) : 289-299.
- 内田惠太郎, 1939. 朝鮮魚類誌, 朝鮮總督府 釜山水産詩驗場 報告書 6, pp450.
- Alderdice, D. F., W. P. Wickett and J. R. Brett. 1958. Some effects of temperature exposure to low dissolved oxygen levels in Pacific salmon eggs. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 15(2) : 229-249, figs. 1-8.
- Carpenter, T. H., D. W. Pritchard and R. C. Whaley. 1969. Observation of eutrophication and nutrient cycles in some coastal plain estuaries, p. 210-221 In : *Eutrophication : Causes, consequences, correctives*. G. A. Rohlich(chmn.) Nat. Acad. Sci. Washington, D.C.
- Crawford, D. R. 1925. Synostosis in the spinal column of the rainbow trout. *Univ. Wash. Publ. Fish.* 1 : 77-84
- Dawson, C. E. 1964. A bibliography of anomalies of fishes. *Gulf Res. Rep.* 1 : 308-399
- Dawson, C. E. 1966. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 1. *Ibid.* 2 : 169-176.
- Dawson, C. E. 1971. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 2. *Ibid.* 3 : 215-239.
- Dawson, C. E and E. Heal. 1976. A bibliography of anomalies of fishes. Supplement 3. *Ibid.* 5 : 35-41.
- Foster, R. F., L. R. Donaldson, A. D. Welander, K. Bonham and A. H. Seymour. 1949. The effect on embryos and young rainbow trout from exposing the parent fish to x-rays. *Growth* 13 : 119-142.
- Gabriel, M. L. 1944. Factors effecting the number and form of vertebrae In *Fundulus heteroclitus*. *J. Exp. Zool.* 95 : 105 - 145. Figs. 1-25.
- Garside, E. T. 1959. Some effects of oxygen in relation to temperature on the development of lake trout embryos. *Can. J. Zool.* 37 : 689-698. figs. 1-4.
- Komada, N. 1979. Studies on abnormal growth of skeleton in common dace, *Tribolodon hakonensis*. (4) Incidences of vertebral anomalies of natural and reared fish. *J. Growth* 18(2, 3) : 49-59, figs. 1-6. (In Japanese).
- Komada, N. 1982. Growth of vertebral centra in the cyprinid fish, *Tribolodon hakonensis*. *Japan. J. Ichthyol.* 29(2) : 185-192.
- Komada, N. 1983. Occurrence and formation of vertebral anomalies in the cyprinid fish, *Zacco platypus*. *Japan. J. Ichthyol.* 30(2) : 150-156
- Kroger, R. L. and J. F. Guthrie. 1973. Additional anomalous menhaden and other fishes. *Chesapeake Sci.* 1114 : 112-116.
- Lim, C. and R. T. Lovell. 1978. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish(*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.* 108 : 1137-1146.
- Meen, V. B. 1952. Solving the riddle of Chubb Crater. *Nat. Geog. Mag.* 150 : 1-32
- Moore, C.J. and J.H. Hixon. 1977. Incidence of crooked veterebral columns in adult Potomac River white perch, *Morone americana*. *Copeia* 1977(2) : 384-387.
- Park, E.H and D. S. Kim. 1984. A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrae

larvae while rendering all other tissues transparent. Stain Technology 59(5) : 269-272.
Rosenthal, H.L., P.R. Myers, and M.K. Brunings.
1958. Spinal curvature a mutation in swordtail,

Xiphosphorus., J. Hered. 49 : 238-242
Seymour, A. 1959. Effects of temperature upon formation of vertebrae and fin rays in young chinook salmon. Trans. Amer. Fish. Soc. 88 : 58-69, fig 1-7.

Vertebral Anomalies of Five Different Juvenile of Cyprinid Fishes from Kumho River

Hong-Jun Yang and Eun-Kyung Kim *

Dept. of Biology Education, Teachers' College

* Kyungpook National University, Deokhwa Girl Middle School
Taegu, Korea

Frequencies and the types of abnormal vertebrae in the juvenile of five cyprinid fishes collected from the Kumho River during 1995 and 1996 were examined.

Types of vertebral anomalies in investigated species were spinal curvature, fused vertebrae, helical sutures of cetera and abnormal vertebrae with one or two additional spines. The frequencies and the types of vertebral anomalies were different among the species. Of all the examined species, the type with one or two additional spines showed the highest frequencies, 11.72~12.11%. The frequencies of fused vertebrae was 4.45~7.68%. These two types of vertebral anomalies were observed in all species. Among the several types of fused vertebrae, the frequencies of double fused vertebrae were higher than those of other types. Also, the incidence of fused vertebrae located in the caudal region of vertebral column was much higher than that in other regions. The percentages of spinal curvature and helical sutures of vertebrae in the investigated species were 0.02~0.15% and 0.02%, respectively.

Among the examined specimens, vertebral anomalies include fused vertebrae and one or two additional spines were shown in the three species, Korean slender gudgeon (*Squalidus gracilis majimae*), False dace (*Pseudorasbora parva*) and Crucian carp (*Carassius auratus*). In addition to the two vertebral anomalies, spinal curvature was shown in the Korean gudgeon (*Squalidus chankaensis tsuchigae*). Dark chub (*Zacco temmincki*) had fused vertebrae, one or two additional spines, spinal curvature, and helical sutures of vertebrae. This species has the most variable vertebral anomalies.

Frequencies of fused vertebrae and one or two additional spines in the all tested fishes were not related with their standard lengths measured. However, spinal curvature and helical sutures of vertebrae were shown only in the specimens smaller than 20mm in standard length.