

탁수역에 서식하는 꼬리의 조직과 혈액 성분의 변화

신명자 · 이정은 · 서울원*

안동대학교 자연과학대학 생명과학과

Received October 10, 2006 / Accepted November 21, 2006

The Tissues and Blood Components of *Opsariichthys uncirostris amurensis* in the Muddy Water Area.
Myung Ja Shin, Jong Eun Lee and Eul Won Seo*. Dept. of Biological Science, Andong National University, Andong 760-749, Korea – Present study aims to investigate the effect of muddy water on gill and kidney tissues and blood components of *Opsariichthys uncirostris amurensis* in Imha reservoir. As a result of observing the gill tissues in muddy water with light and scanning electron microscopes, the edema, the exfoliation of epithelial cells and fusion of the secondary lamellae were observed. The space between gill lamellae was irregular, and a lots of muddy debris around the secondary lamellae were observed. In case of kidney tissues, the size of glomerulus was smaller and thickness of basal membrane was broader and the empty space in Bowman's capsule was wider than those of the control. The blood cells of *O. uncirostris amurensis* in muddy water were increased in number. Of the white blood cells, acidophilic granulocytes were highly distributed, and the shapes were irregular. Among the plasma components, the concentration of TP, ALB, A/G ratio, TG, CHOL, and AST were low, whereas that of the inorganic materials was high. Based on the above results, it is considered that muddy water possibly involves in the decrease of respiratory and excretory rates, giving rise to secondary lesion of tissues.

Key words – muddy water, *Opsariichthys uncirostris amurensis*, gill, kidney, blood component

서론

최근 임하호는 주변 유역의 지질 및 토지피복 상태가 토사유실에 취약한 특성을 갖고 있어 강우발생시 토사가 하천에 유입되어 호소 내에 많은 탁수가 발생하고 있다. 이렇게 발생한 탁수는 낙동강 상류지역에서 흘러 들어온 토사로 인하여 연중 고탁도의 탁수를 유지하고 있다. 이러한 수중 탁도는 미세 플랑크톤 생물 입자와 비생물 입자의 양에 의해 의존하게 된다[25,26]. 플랑크톤 생물 입자는 체류시간이 길고 부영양화 될 수록 그 수가 증가하게 되며, 비생물 입자는 유입·유출량의 증감에 따른 수체의 유동성의 변동 폭에 의해 좌우되게 된다. 하천과 저수지의 수체에 유역으로부터 다량 공급되는 입자성 물질의 이동 및 혼합은 아주 복잡하고 상호 의존적인 다양한 물리적 기작에 의해 조절되며, 수중 탁도의 증가는 수중 광환경과 생태계에 교란적 영향을 미치기 때문에 중요한 변수로 작용하고 있다[7,17]. 이러한 고탁도 현상은 수중 영양염의 증가, 수질의 투명도 저하 및 서식처 교란 등을 유발하여 어류와 많은 수생물에게 스트레스로 작용할 수 있으며, 더 나아가 어류와 수생물의 생존을 위협하고 있다.

어류의 아가미는 호흡 및 질소 노폐물 배설의 중추적인 역할을 수행하는 기관으로 다른 기관에 비해 표면적이 넓고

많은 혈관이 분포하고 있기 때문에 환경변화에 가장 민감하게 반응한다[14]. 따라서 수질오염이나 탁수와 같은 요인으로 수환경이 급격하게 변하게 되면 아가미의 2차세번 호흡상피는 박리와 공포화가 유발되며 이것이 심화되면 호흡상피세포의 과도한 증생으로 인한 2차세번의 유착 및 괴사가 일어나 아가미 호흡율의 감소를 초래하게 되고, 심할 경우 폐사하게 된다[20,13]. 어류의 신장은 포유류의 신장처럼 보우만주머니를 갖고 있으며 아가미와 더불어 노폐물 제거에 직접적으로 관여하므로 신장의 기능 손실이나 변화는 어류의 생활에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 사구체가 수축되면 사구체의 표면적이 줄어들어 노폐물을 걸러주는 효과가 떨어지게 되며, 이는 Kim 등[12]이 사구체의 수축은 포유류의 만성 사구체 신염(chronic glomerulonephritis)과 유사하다고 보고한 바 있다. 따라서 사구체의 수축현상은 어류의 2차 병변의 원인이 될 수 있으며 심할 경우 어류 폐사의 원인이 되기도 한다. 아가미에는 많은 혈관이 분포하고 있기 때문에 탁수로 인한 수환경의 변화는 어류에 스트레스로 작용하여 혈액 내 혈구 및 혈액 성분도 커다란 영향을 받게 된다[18,8]. 어류의 혈액 성분은 일반적으로 환경수 중에 존재하는 스트레스를 유발하는 오염물질에 의해 변동하기 때문에 오염수준을 감시하는 유용한 수단으로써 활용되고 있다[3].

꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*)는 잉어목 피라미아과에 속하는 어류로써 큰 강의 하류와 저수지에 서식하면서 부착조류, 수초와 수서 곤충, 어류, 작은 동물 등을 먹이로 한다[11]. 꼬리는 육식성 어종으로 수생태계의 상위그룹에

*Corresponding author

Tel : +82-54-820-5462, Fax : +82-54-823-1627

E-mail : ewseo@andong.ac.kr

속하는 소비자로서 먹이 연쇄에 있어 다른 생물들과 밀접한 관계를 이루고 있지만 최근 임하호의 탁수로 인하여 이의 개체 수가 감소하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 탁수가 어류에 미치는 영향을 조사하기 위하여 탁수역인 임하호와 비탁수 수역(대조수역)인 안동호에 서식하는 *끄리*를 대상으로 *끄리* 조직의 미세구조와 혈액 성분의 차이를 비교 조사하였다.

재료 및 방법

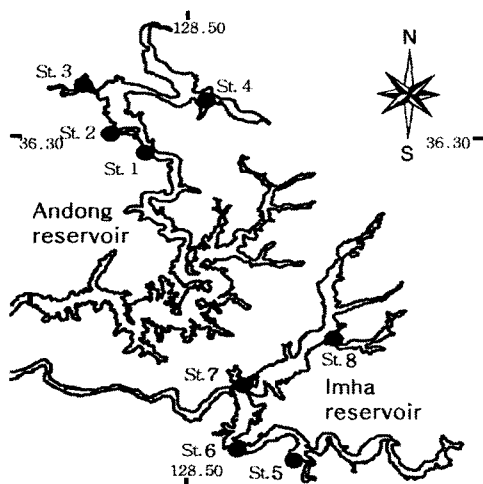
1. 실험 어류

실험에 사용된 *끄리*는 안동호 4개의 지점과 임하호 4개의 지점을 선정하여 2005년 3회(5월, 7월, 9월)에 걸쳐 채집하였다. 채집은 3중자망(망목 10×10 mm, 25×25 mm)을 사용하여 설치 48시간 정치 후 수거하였다. 채집된 어류 중 *끄리*는 현장에서 Kim [10], Kim과 Park[11]을 참고하여 동정하였다. 동정 후, 즉시 실험실로 운반하여 외부 형태적 손상이 나타나지 않은 3년생(전장 20.16±1.3cm, 체중 81.45±5.13g) 암컷 *끄리*(안동호 20마리, 임하호 20마리)를 실험에 사용하였다. 안동호와 임하호 조사 지점의 행정 명칭과 위치는 다음과 같다(Fig. 1).

2. 아가미 조직관찰

1) 광학현미경적 연구

탁수역인 임하호와 비탁수역인 안동호에 서식하는 *끄리*의



- St. 1 = Waryong-myeon Bangjang
- St. 2 = Waryong-myeon Ocheon-ri
- St. 3 = Dosan-myeon Seonyang-ri
- St. 4 = Yean-myeon Gwidan-ri
- St. 5 = Giran-myeon Yonggye-ri
- St. 6 = Imhwa-myeon aksei
- St. 7 = Imhwa-myeon cheonjeon-ri
- St. 8 = lmdong-myeon Jungpyeong-ri

Fig. 1. Map showing the sampling stations in Andong and Imha reservoir.

아가미와 신장을 절취하여 FAA로 24시간 고정 후 수세, 탈수 과정을 거친 후 일반적인 조직 제작 방법에 따라 조직을 paraffin 포매하였다. 이 후 paraffin block을 두께 4~6 μm 로 제작하여 hematoxylin과 eosin에 이중염색한 후 광학현미경 하에서 관찰하였다.

2) 주사전자현미경적 연구

주사전자현미경 관찰은 *끄리*의 아가미를 절취하여 glutaraldehyde(2.5%)에서 2시간 전고정 후 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)로 15분씩 3회 세척하였다. 후고정은 1% osmium tetroxide(OsO₄)에 1~2시간 고정 시켜 탈수 과정을 거친 후 freeze dryer에서 완전히 건조 시켜 Au coating을 실시한 후 Hitachi S-2500C 주사전자현미경하에서 아가미표면 미세구조를 관찰하였다.

3. 혈구의 수와 형태 조사

끄리 혈액내 적혈구와 백혈구의 수는 전혈상태의 혈액을 Hemocytometer에 도말하여 측정하였으며, 혈구의 형태는 도말표본을 제작하여 10% Wright-Giemsa(Merk)로 염색하여 관찰하였다.

4. 혈액 성분의 분석

끄리 동맥에서 혈액을 채혈하여 혈장만을 분리한 후 혈장내의 총단백질(total protein, TP), 알부민(albumin, ALB), 중성지방(triglyceride, TG), 콜레스테롤(cholesterol, CHOL), 아미노산 전이효소(alanine aminotransferase, ALT; aspartate aminotransferase, AST), Na, Cl, Pi, K 등을 혈액분석기(Hitachi 7600)에서 분석하였다.

5. 통계처리

각 실험에서 얻어진 자료에 대하여 통계 프로그램 패키지(SPSS Inc., ver 12.0K)를 이용하여 Levene의 등분산 검정과 평균의 동일성에 대한 T-검정을 통하여 각 실험 사이에 P<0.05를 유의차가 있는 것으로 간주하고 유의적인 차이를 조사하였다.

결 과

1. 아가미와 신장의 미세구조

끄리 아가미의 미세구조를 광학 및 주사전자현미경으로 관찰하였다. 대조구인 안동호에 서식하는 *끄리* 아가미는 이차세변상피가 단층보다 약간 두꺼운 상피세포로 되어있는 형태로 확인 되었으며 비교적 새변사이의 공간이 일정하게 배열되어 있는 구조로 관찰되었다(Fig. 2A). 탁수역인 임하호에 서식하는 *끄리*의 아가미에서는 이차세변의 호흡 상피세포가 부분적으로 분리되어 있으며 인접하고 있는 이차세변은 서로 붙어 있거나 상당히 겹쳐져 있어 새변간의 공간이

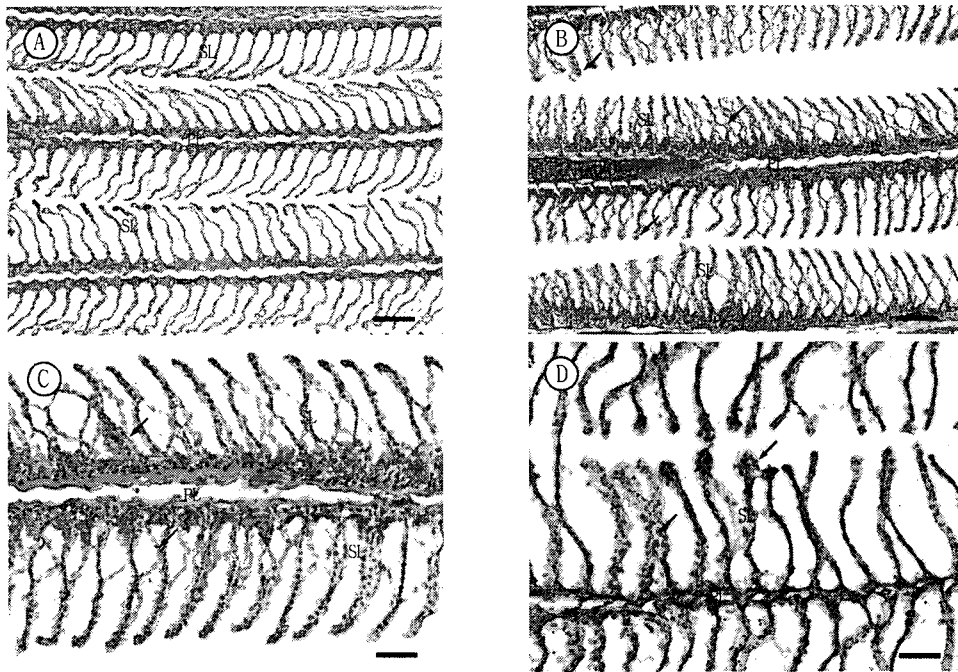


Fig. 2. Micrographs of *O. uncirostris amurensis* gill. A: Gill in Andong reservoir was showing normal structure. Scale bar = 50 μ m; B, C, D: Gill in Imha reservoir. B: Fusion and Edema was showing between secondary lamella(arrows). Scale bar = 50 μ m; C: Respiratory epithelial cells were separated in secondary lamella(arrows). Scale bar = 20 μ m; D: Clubbing and Winding was showing in secondary lamellae(arrows). Scale bar = 20 μ m; PL, primary lamella. SL, secondary lamella.

매우 축소되어 있는 형태로 관찰되었다(Fig. 2B). 또한 이차 새변이 갈라지는 상피세포의 박리현상도 확인되었으며(Fig. 2C), 이차새변 상피가 부풀어 오르는 부종현상도 관찰되었다(Fig. 2D). 탁수역에 서식하는 꼬리 아가미 조직의 경우 다소 변이 차이는 있지만 조사된 총 개체 중에서 상피세포 박리현상은 90%, 곤봉화 현상은 70%, 부종현상은 70%의 개체에서 확인되어 매우 높은 빈도를 나타내었다.

꼬리의 아가미를 전자현미경적으로 살펴보면 안동호 꼬리 아가미의 이차새변은 머리 빗과 같이 일정하게 배열하고 있으며 새변사이에 이물질이 전혀 없는 깨끗한 형태로 나타났다(Fig. 3A). 그러나 임하호에 서식하는 꼬리 아가미에서는 이차새변과 일차새변의 표면이 매끄럽지 않았으며(Fig. 3B), 이차새변은 불규칙하게 배열하고 있으며 전반적으로 심하게 굽어 있는 형태를 나타냈다(Fig. 3C). 또한 이차새변은 두껍게 비대해져 있고 이물질이 많이 붙어 있는 형태로 관찰되었다(Fig. 3D). 탁수역인 임하호에서 채집된 꼬리 아가미에서는 약 90%의 개체에서 새변 사이에 이물질이 부착되어 있는 것으로 관찰되었으며, 거의 모든 개체에서는 이차새변이 불규칙하게 확인되었다. 또한 70%의 개체에서는 이차새변의 만곡 현상이 확인되었으며, 약 20%의 개체에서는 새변사이에 기생충이나 원생생물이 부착된 것으로 조사되었다.

양 호수에서 채집된 꼬리의 신장은 대부분 정상적인 구조로 관찰되었으며 사구체낭은 단층의 편평상피로 된 내엽과 외엽의 이중벽으로 구성된 형태로 확인되었다. 그러나 비탁

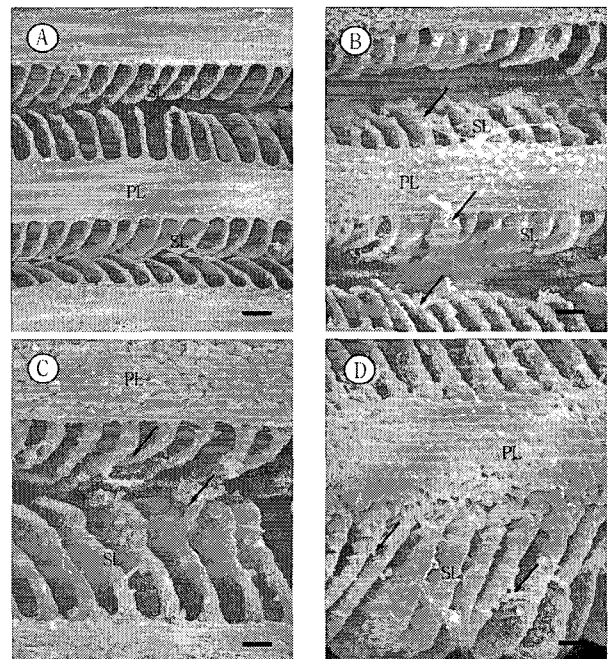


Fig. 3. Scanning electron micrographs of gill. A: Gill in Andong reservoir was showing normal structure. Scale bar = 100 μ m; B, C, D: Gill in Imha reservoir. B: Muddy debris were attached between primary and secondary lamella(arrows). Scale bar = 100 μ m; C: Winding of secondary lamellae was shown(arrows). Scale bar = 60 μ m; D: Fusion was showing between secondary lamella(arrows). Scale bar = 60 μ m; PL, primary lamella. SL, secondary lamella.

수역인 안동호에 서식하는 *끄리* 신장 조직에서는 보우만 주머니 안에 사구체가 딱 차있는 형태로 관찰되었으나, 드물게 사구체가 수축된 형태도 확인되었다(Fig. 4A). 반면 탁수역인 임하호에 서식하는 *끄리*의 경우, 전반적으로 사구체가 수축되어 있으며 사구체의 기저막이 두꺼워진 형태도 확인되었고, 보우만 주머니 안의 공간은 비탁수역인 안동호에 서식하는 *끄리*보다 넓은 것으로 관찰되었다(Fig. 4B). 임하호에서 채집된 *끄리*중 80%의 개체에서는 사구체의 수축이 확인되었

으며, 약 50%의 개체에서는 사구체의 기저막이 비후화 된 형태로 관찰되었다.

2. 혈구 수와 혈액 성분의 분석

양 호수에 서식하는 *끄리*의 적혈구는 모두 정상적인 형태를 유지하고 있어 뚜렷한 차이점이 확인되지 않았다(Fig. 5A, B). 반면 면역기전에 관여하는 것으로 알려져 있는 백혈구의 경우 비탁수역인 안동호에 서식하는 *끄리*에서는 림프구가

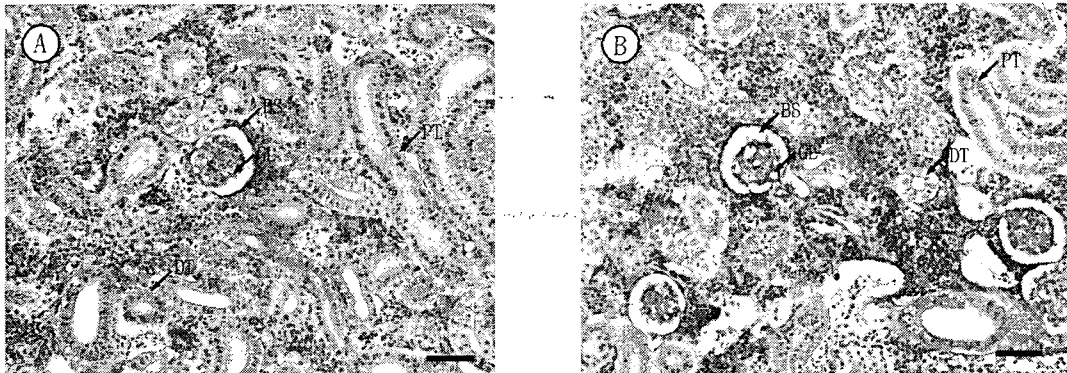


Fig. 4. Micrographs of *O. uncirostris amurensis* kidney. A: Normal glomerulus of *O. uncirostris amurensis* in Andong reservoir. Scale bar = 20 μ m; B: Nephrosclerotic glomerulus was shown in Imha reservoir. Scale bar = 20 μ m; BS, Bowman's space. DT, distal tubule. GL, Glomerulus. PT, proximal tubule.

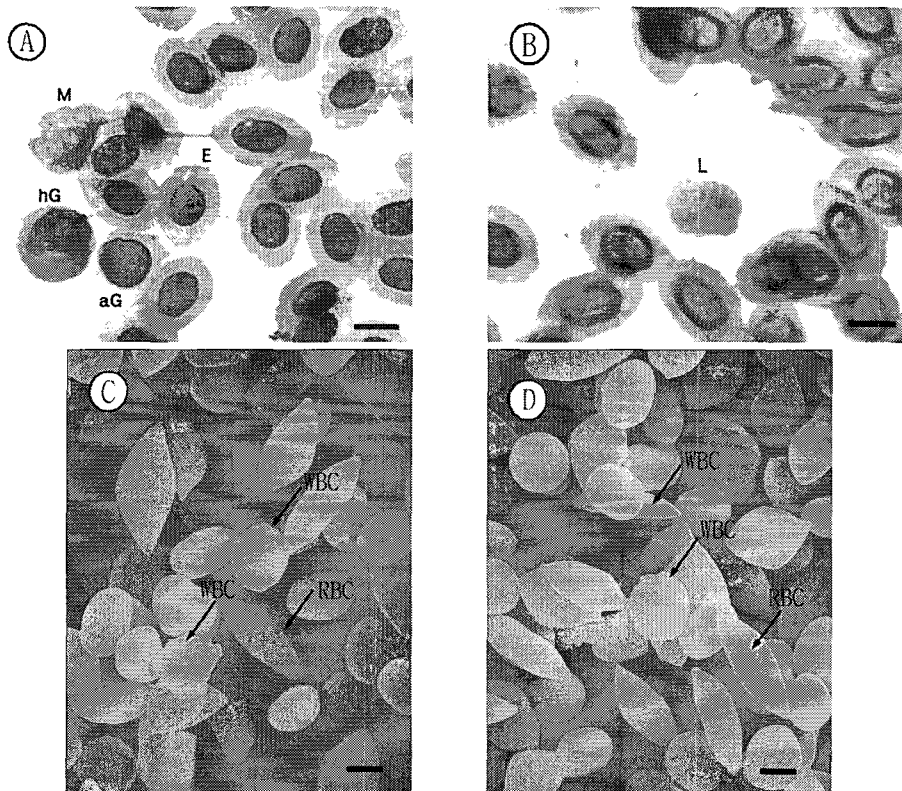


Fig. 5. Shape of blood cells. A, B: Type of blood cells in Andong and Imha reservoir. Scale bar = 5 μ m; C, D: Scanning electron micrographs of red blood and white blood cells(arrows). Scale bar = 7.5 μ m; E: Erythrocytes, M: Monocytes, L: Lymphocytes, hG: Heterophilic granulocytes, aG: Acidophilic granulocytes, RBC: Red blood cell, WBC: White blood cell.

가장 많이 확인되었으나 탁수역인 임하호에 서식하는 끄리에서는 호산구가 가장 많은 분포를 보이고 호중구는 거의 관찰되지 않았다(Fig. 5B). 호산구, 호중구, 림프구 및 단핵구는 전반적으로 비정형으로 여러 형태로 확인되었으며, 트롬보사이트는 형태와 크기가 다양한 과립상으로 이루어져 있으며 서로 밀집되어 있는 것으로 관찰되었다(Fig. 5A). 임하호에 서식하는 끄리의 적혈구는 타원형으로 거의 정상적인 형태로 관찰되었다. 또한 백혈구는 혈구표면이 매우 거칠고 이 물질이 붙어 있으며, 모양과 크기가 다양한 여러 형태로 관찰되었다(Fig. 5C, D).

끄리의 적혈구와 백혈구의 수를 비교해 보면 탁수역에 서식하는 끄리의 적혈구 수는 20.8×10^6 cell/ μ l로 비탁수역에 서식하는 끄리보다 높은 수치를 나타냈으며(Fig. 6A), 또한 백혈구의 수도 33.3×10^3 cell/ μ l로 더 높은 수치를 나타냈다(Fig. 6B).

혈액의 단백질 성분인 총단백질(TP)과 알부민(ALB)의 함량은 탁수역에 서식하는 끄리에서 총단백질(TP)의 함량은 5.5 ± 0.97 g/dl 였으며, 알부민(ALB)은 2.02 ± 0.18 g/dl로 비탁수역에 서식하는 끄리보다 다소 낮은 함량을 나타냈다(Fig. 7A). 또한 총단백질(TP)에서 알부민(ALB)의 함량을 뺀 것을 글로부린(globulin, G)의 양이라 하였을 때, A/G 비(albumin/globulin ratio)의 경우에 탁수역인 임하호에 서식하는 끄리에서 높은 것으로 나타났다. 끄리 혈장내 중성지방(TG)과 콜레스테롤(CHOL)의 함량은 탁수역에 서식하는 끄리에서 중성지방(TG)은 119 ± 0.67 mg/dl, 콜레스테롤(CHOL)은 403 ± 0.35 mg/dl로 비탁수역에 서식하는 끄리보다 낮은 함량을 보였고 특히 중성지방(TG)의 경우 함량의 차이가 매우 두드러지게 나타났다(Fig. 7B). 아미노산 전이효소인 알라닌아미노전이효소(ALT)와 아스파르트아미노전이효소(AST)의 활성은 알라닌아미노전이효소(ALT)가 208 ± 0.51 u/l로 탁수역에 서식하는 끄리에서 더 높은 활성을 보인 반면, 아스파르트아미노

전이효소(AST)는 837 ± 0.44 u/l로 더 낮은 활성을 나타냈으며, 상대적으로 아스파르트아미노전이효소(AST) 활성이 알라닌아미노전이효소(ALT)의 활성 보다 매우 높게 나타났다(Fig. 7C). 또한 무기질인 Na, Cl, Pi, K의 함량은 탁수역에 서식하는 끄리에서 Na는 116 ± 0.67 mmol/l, Cl는 72 ± 0.33 mmol/l로 비탁수역에 서식하는 끄리보다 높은 함량을 나타냈으나 에너지원으로 사용될 수 있는 Pi는 29.8 ± 0.40 mmol/l로 오히려 낮았으며 K의 함량은 모두 10이상으로 측정되었다(Fig. 7D).

고 찰

어류의 아가미는 수중에서 효율적인 가스교환을 할 수 있는 구조로 되어있다. 특히 이차새변 상피는 단층내지 두층의 얇은 상피세포로 되어 효율적인 가스교환을 할 수 있지만 수환경이 오염되면 이차새변 상피의 비대, 곤봉화, 상피세포의 박리 병변을 나타나게 된다[6]. 또한 각 새변 세포의 초기변화로 상피세포 종창, 비대에서 시작하여 각 이차새변의 두께가 증가하게 되고, 새변 표면의 점액세포에 의한 분비활동이 증가하게 된다. 이러한 병변이 지속되어 심해지면 새변 상피는 부종, 증생 또는 새변간 유합이 일어나게 된다. 그러므로 이러한 아가미 상피의 병변은 환경적 요인 및 감염원에 대한 반응과정을 조기에 반영하므로 아가미의 조직학적 기본 구조에 대한 이해는 질병의 병리조직학적 진단 상에 중요하게 여겨지고 있다. 본 연구에서도 탁수역에 서식하는 끄리의 아가미는 호흡 상피세포가 박리되거나 새변이 유합되는 결과를 나타냈으며 결국 이러한 요인으로 호흡 면적은 상당히 축소되어 호흡기능이 매우 약화될 것으로 사료된다.

신장의 두꺼워진 기저막 및 사구체의 수축은 포유류의 만성 사구체 신염(chronic glomerulonephritis)과 유사하다고 보고된 바 있다[5]. 이러한 사구체의 수축은 어류의 2차 병변의 원인이 될 수 있으며 심할 경우 어류의 폐사의 원인이 되기도

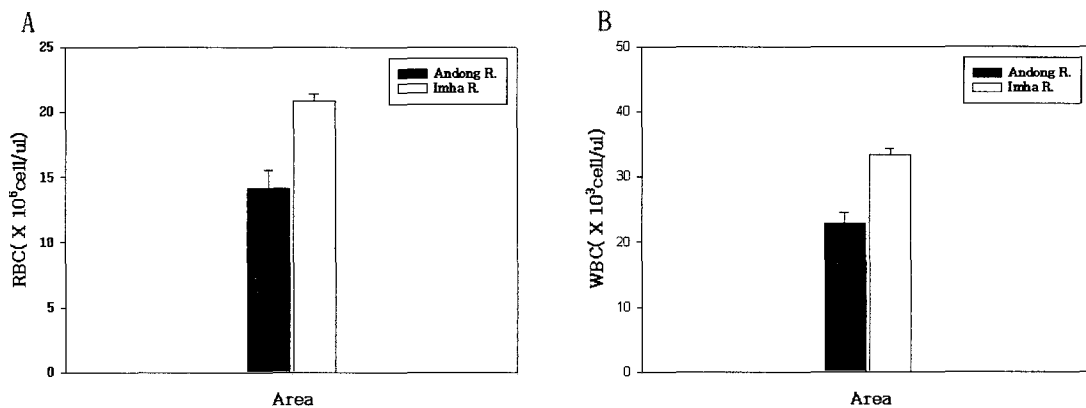


Fig. 6. Comparison of blood cell number of *O. uncirostris amurensis* in Andong and Imha reservoir. A: The number of red blood cell were more in Imha reservoir. B: The number of white blood cell were more in *O. uncirostris* in Imha reservoir. ■; Blood cells in Andong reservoir. □; Blood cells in Imha reservoir. RBC: Red blood cell, WBC: White blood cell, The values are mean \pm SD (n=3).

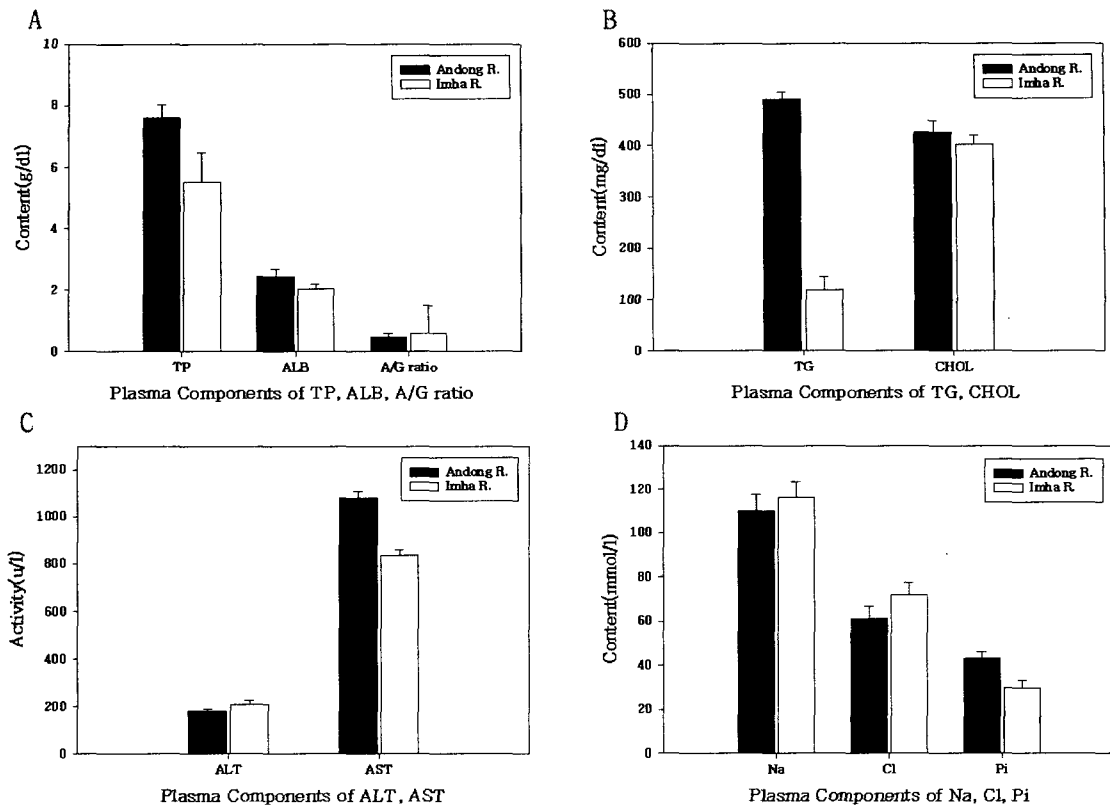


Fig. 7. Comparison of plasma components of *O. uncirostris amurensis* in Andong and Imha reservoir. A: Concentrations of total protein(TP) and albumin(ALB). B: Concentrations of triglyceride(TG) and cholesterol(CHOL). C: Activities of alanine aminotransferase(ALT) and aspartate aminotransferase(AST). D: Concentrations of Na, Cl and Pi. ■; Plasma components in Andong reservoir. □; Plasma components in Imha reservoir. The values are mean \pm SD(n=3).

한다. 또한 경골어류의 신장은 독성의 암모니아 같은 성분의 배설에는 관여하지 않고 있어 물고기가 죽을 때까지 병변들이 발달할 가능성이 있다. 특히 신장에서 나타나는 관상의 괴사는 수은 혹은 카드뮴 같은 중금속과 함께 신장세포에 치명적인 병리 현상을 일으키고 있다[9]. 본 연구에서도 탁수역에서 서식하는 꼬리에서 사구체의 수축현상이 두드러지게 확인되었는데 이는 탁수의 영향을 받은 것으로 생각되며, 신장의 기능 손실이나 노폐물 제거에 심각한 영향을 줄 것으로 생각된다.

어류 혈구의 분류와 명칭은 인간의 혈구를 기준으로 Wright 또는 Giemsa 염색의 염색성에 따라 혈구를 분류하고 있다. 이러한 어류의 혈구는 크게 적혈구, 백혈구, 트롬보사이트(혈소판)으로 구성되며, 이중 면역기능을 담당하는 백혈구는 림프구, 단핵구(과립백혈구), 호중구, 호산구로 나뉘어진다. 이는 양서류 및 포유류의 면역세포와 유사하며 어류의 면역세포의 미세구조는 종과 환경적 요인에 따라 그 특성이 다르게 나타난다[4,9]. 경골어류의 적혈구는 핵을 가지고 있는 유헤 적혈구로서, 그 수는 종에 따라 다르고 스트레스와 환경의 온도에 따라 영향을 받게 되지만 일반적으로 $5 \times 10^6 \sim 4 \times 10^7/\text{mm}^3$ 정도이며, 백혈구 수는 $2 \times 10^4 \sim 15 \times 10^4/\text{mm}^3$ 사이에 분포하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 꼬리의 혈구 수는 정상 범위에 포함되어 혈구의 수는 탁수에 의해 크게 영

향을 받지 않는 것으로 생각된다. 단지 탁수역 꼬리에서 적혈구의 수가 다소 높게 나타난 것은 탁수로 인한 생체 내 산소 운반 능력의 저하를 보상하기 위하여 더 많은 적혈구가 생성된 것으로 사료되며 백혈구 수도 높은 것은 탁수로 인해 어체 내 세균의 침입이나 기타 손상에 기인할 것으로 생각된다.

어류는 물속에서 생활하고 있기 때문에 관찰이나 조사가 매우 어렵다. 그러나 이들의 질병, 영양 및 수질 변화에 따른 스트레스를 해석하기 위해 혈액 성분의 농도나 혈장내 함유되어 있는 특정 효소의 활성에 많은 관심을 갖게 되었다[1,19]. 즉 어류의 혈액성분은 화학물질의 노출에 의한 대사 장애의 수준을 판단할 수 있는 주요한 지표로 사용된다. 일반적으로 어류가 오염물질에 노출되었을 때 장관의 흡수 장애, 간체장의 손상 및 세뇨관의 재흡수 장애로 인하여 혈장 총 단백질(TP)의 농도는 감소하는 경향을 보이게 된다[27]. 본 연구에서도 탁수역과 비탁수역 꼬리의 혈장으로부터 일반적인 혈장 성분의 농도를 혈액 분석기를 통해 측정하였다. 총 단백질 함량은 성장, 연령, 성별, 계절적 변동, 질병, 운동량, 섭이 상태 및 수질 환경과 스트레스 등에 따라 다소 차이가 나지만[2,16,27], 일반적으로 경골어류에서는 4~7 g/dl의 수준으로 알려져 있다[27]. 본 연구에서도 총 단백질의 함량은 일반적인 어류의 수치에 포함되었으나, 탁수역에서 서식

하는 끄리에서 2 g/dl 로 낮은 함량을 보인 것은 탁수역에 서식하는 끄리가 탁수의 미세입자에 노출되어 장관의 흡수 장애, 간체장의 손상 및 세노관의 재흡수 장애가 일어났을 것으로 사료된다. 단백질 함량과 함께 그 조성도 어류의 영양 상태 지표로 이용되고 있으며, A/G 비의 경우 탁수역 끄리에서 높은 것으로 나타났는데, 이는 알부민의 함량에 영향을 받은 것으로 생각된다.

일반적으로 중성지방(TG)과 콜레스테롤(CHOL)의 농도는 수온, 성별, 생식주기와 먹이의 지질 함량이나 섭취율에 따라 변하는 것으로 알려져 있다[15,23]. 본 연구의 탁수역 끄리 혈장내 중성지방(TG)과 콜레스테롤(CHOL) 함량이 낮은 것은 탁수로 인한 먹이 탐식 능력의 저하에 의하여 기인할 것으로 추측되며, 또한 중성지방(TG)의 대부분이 에너지원으로 이용됨으로써 함량이 낮은 것으로 사료된다. 혈장내 전이효소인 아미노산 전이효소(ALT, AST)도 오염수준의 판정에 널리 활용되고 있다. 이들 효소는 정상적인 조건하에서는 세포막, 세포질 및 미토콘드리아 내에서 발견되지만, 세포가 손상되었을 때는 혈액으로 빠져나와 혈장내 활성이 증가하므로 환경오염의 원인이 되는 조직손상을 인지하는 진단에 이용되고 있다[21,22,24]. 또한 아미노산 전이효소는 생체내에서 중요한 당, 지질, 단백질에 관계하며 어류에서는 상태가 나쁜 경우 아미노산 전이효소(ALT, AST)활성은 증가하게 된다. 본 연구에서도 알려진 아미노전이효소(ALT)의 활성은 탁수역에 서식하는 끄리에서 높은 활성을 나타냈는데 이는 탁수의 환경으로 인하여 먹이 섭취 상태가 좋지 못하게 되었으며, 또한 조직손상 등으로 활성이 증가된 것으로 생각된다.

탁수역인 임하호와 비탁수역인 안동호 끄리 혈장 성분을 분석해보면 혈액성분 중 총 단백질(TP), 알부민(ALB), A/G 비, 중성지방(TG), 콜레스테롤(CHOL), 아스파트아미노전이효소(AST)의 함량은 탁수역 끄리에서 상대적으로 낮았으나 무기질의 함량은 더 높은 것으로 확인되었다. 혈장 성분 중 특히 중성지방(TG)과 콜레스테롤(CHOL)의 함량은 탁수에 매우 민감한 영향을 받는 것으로 생각된다.

요 약

탁수가 어류의 아가미, 신장 및 혈액 성분에 미치는 영향을 조사하기 위하여 탁수역인 임하호와 비탁수역인 안동호에 서식하는 끄리를 비교 조사하였다. 탁수역 끄리 아가미는 부종, 상피세포의 박리 및 이차세변의 유합이 확인되었으며, 또한 세변의 간격은 불규칙적으로 배열되어 있으며 이물질의 부착이 두드러지게 관찰되었다. 신장 조직은 전반적으로 사구체가 수축되고 사구체의 기저막이 두꺼워진 형태로 확인되었으며, 보우만 주머니 안의 공간이 넓게 관찰되었다.

탁수역 끄리의 혈구 중에는 비정형으로 과립성 호산구가 주로 확인되었으며, 적혈구 수와 백혈구 수는 비탁수역 끄리

에 비해 다소 많았다. 또한 혈액성분 중 TP, ALB, A/G비, TG, CHOL, AST의 함량은 상대적으로 낮게 나타났으나 무기질의 함량은 더 높은 것으로 나타났다. 또한 TP, ALB, A/G비 등은 큰 함량의 차이가 없었으나 TG, CHOL, AST은 큰 함량의 차이를 나타냈다. 결론적으로 탁수는 아가미의 끈봉화, 부종, 상피세포의 박리현상 및 신장 사구체의 수축을 초래하고 있으며, 혈구수의 증가와 혈액성분의 함량차이를 나타내고 있다. 이러한 결과로 보아 탁수는 어류의 호흡과 배설 장애등 심각한 조직, 생리적 장애를 가져 올 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Brill, R. W., P. G. Bushnell, D. R. Jones and M. Shimizu. 1992. Effects of acute temperature change, *in vivo* and *in vitro*, on the acid-base status of blood from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Can. J. Zool.* **70**, 654-662.
2. Byrne, P., D. Speare and H. W. Ferguson. 1989. Effects of a cationic detergent on the gills and blood chemistry of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Dis. Aquat. Org.* **6**, 185-196.
3. Chandrasekar, S. and N. Jayabalan. 1993. Hematological responses of the common carp, *Cyprinus carpio* L. exposed to the pesticide endosulfan. *Asian Fish. Sci.* **6(3)**, 331-340.
4. Esteban, M. A., J. Munoz and J. Meseguer. 2000. Blood cells of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Flow cytometric and microscopic studies. *Anat. Rec.* **258**, 80-89.
5. Fennel R. H and V. M Pardo. 1967. Experimental glomerulonephritis in rats. *Laboratory Investigation* **17**, 483-488.
6. Ferguson, H. W. 1989. Gill and pseudobranchs In: Systemic pathology of fish. *Iowa State University Press/Ames* pp. 11-40.
7. Ford, D. E. 2001. Reservoir transport process. In: Thornton, K. W., B. L. Kimmel and F. E. Payne (eds), Reservoir Limnology-Ecological. Perspectives. *John Wiley & Sons Inc.*, pp. 15-41.
8. Haney, D. C., D. A. Hursh, M. C. Mix and J. R. Winton. 1992. Physiological and haematological changes in chum salmon artificially infected with erythrocytic necrosis virus. *J. Aquat. Anim. Health* **4**, 48-57.
9. Hickman, C. P. and B. F. Trump. 1968. The kidney. In: Hoar, W. S. and D. J. Randall(ed.), *Fish Physiology*, Vol. 1. *Academic Press*, London pp. 91-239.
10. Kim, I. S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. *Freshwater Fishes*. Vol. 37. Ministry of Education pp. 279-280.
11. Kim, I. S. and J. Y. Park. 2002. *Freshwater fishes of Korea*. *Kyohak Press, Seoul* pp. 182-183.
12. Kim, I. S., S. Y. Kim and J. Y. Park. 2002. The abnormal tissues of gill and kidney of crucian carp *Carassius auratus* in the polluted water of Mangyong river, Korea. *Korean J. Ichthyol.* **14(1)**, 70-75.
13. Landberg, J. H. 1993. Myxosporean parasites of common snook in Florida. *J. Aqua. Ani. Health* **5**, 102-109.

14. Lee, Y. C., Y. J. Chang and B. K. Lee, 1977. Osmoregulation capability of juvenile grey mullets (*Mugil cephalus*) with the different salinities. *J. Korean Fish Soc.* **30**, 216-224.
15. Lie, Oe., R. Waagboe and K. Sandnes, 1988. Growth and chemical composition of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed dry and silage-based diets. *Aquaculture* **69**, 343-353.
16. McLeay, D. J. and D. A. Brown. 1979. Stress and chronic effects of untreated and treated bleached kraft pulpmill effluent on the biochemistry and stamina of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *J. Fish. Res. Board Can.* **36**, 1049-1059.
17. Ogbeibu, A. E. and D. J. Oribhabor. 2002. Ecological impact of river impoundment using benthic macro-invertebrates as indicators. *Water Research* **36**, 2426-2427.
18. Peterson, M. S. 1990. Hypoxia-induced physiological changes in two mangrove swamp fishes; Sheephead minnow, *Cyprinodon variegatus* Lacepede and sailfin molly, *Poecilia latipinna* (Lesueur). *Comp. Biochem. Physiol.* **97**, 17-21.
19. Rand, T. G. and D. K. Cone. 1990. Effect of *Ichthyophonus hoferi* on condition indices and blood chemistry of experimentally infected rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Wild. Dis.* **26**, 323-328.
20. Roberts, R. J. 1989. *Fish pathology*. pp. 318. 2nd ed., Bailliere Tindall, London.
21. Sakamoto, S. and Y. Yone. 1978. Requirement of red sea bream for dietary iron. 2. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* **44(3)**, 223-225.
22. Shich, M. S. 1978. Changes of blood enzymes in brook trout induced by infection with *Aeromonas salmonicida*. *J. Fish Biol.* **11**, 13-18.
23. Shikata, T., D. Kheyyali and S. Shimeno. 1993. Effect of feeding rates on hepatopancreatic enzymes and body composition in common carp. *Nissuishi*. **59**, 835-839.
24. Smith, A. C. and F. Romos. 1980. Automated chemical analysis in fish health assessment. *J. Fish Biol.* **17**, 450.
25. Wetzel, R. G. and G. E. Likens. 1991. *Limnological analyses*. 2nd ed. *Spring-Verlag New York Inc., USA*. pp. 15-30.
26. Wetzel, R. G. 2001. *Limnology of Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. *Academic Press. California. USA* pp. 1006.
27. Yanagisawa, T. and K. Hashimoto. 1984. Plasma albumins in elasmobranchs. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish* **50**, 1083.