



사육수의 저염분 변화에 따른 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 스트레스 반응

허준욱 · 이복규^{1*} · 장영진 · 이종관² · 임영수² · 이종하² · 박철환¹ · 김병기¹

부경대학교 양식학과 · ¹동의대학교 생물학과 · ²국립수산진흥원 울진수산증표시험장

Stress Responses of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* to Hyposalinity

Jun-Wook Hur, Bok-Kyu Lee^{1*}, Young-Jin Chang, Jong-Kwan Lee², Young-Soo Lim²,
Jong-Ha Lee², Cheul-Hwan Park¹ and Byung-Ki Kim¹

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Department of Biology, Dong Eui University, Busan 614-714, Korea

²Uljin Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Uljin 767-860, Korea

Two different sizes of olive flounder were abruptly (within 30 min) exposed to hyposalinities from 35 to 0 ‰ and to 15 ‰ in a flow through seawater culture systems with 8 tanks (300 l/tank). Analysis of blood samples showed the following significant increase at 0 ‰S: hematocrit from 16.1 to 23.4% after 3 hr exposure and to 24.6% after 24 hours; plasma cortisol from 1.6 to 22.8 and 9.5 ng/ml at 1 and 24 hr after exposure. At this salinity, survival decreased to 92 and 20 % after 72 and 144 hours of exposure, respectively. Levels of glucose, Na⁺ and Cl⁻, total protein and AST showed that the fish was under considerable stress. However, the fish showed no significant stress on exposure to 15 ‰S.

Key words: *Paralichthys olivaceus*, Hyposalinity, Stress Response, Hematocrit, Cortisol

서 론

한국의 해수어류 양식생산량은 사육환경, 사육관리 조건 및 적조, 냉수대 및 저염분수의 양식장내 유입 등 자연 재해에 의해 생산량 변동이 심하여 어가의 불안정한 요인으로 작용하고있다. 집약적 어류양식에서 발생하는 부적당한 환경, 영양 및 인위적 스트레스는 어류의 최적 성장을 저해하며 (Pickering, 1990), 양식생산의 계획화에 지장을 초래한다. 환경요인 중 수온 (Fryer, 1975; Chang et al., 1999, 2001; Park et al., 1999), 염분 (Singley and Chavin, 1971; Chang and Hur, 1999; Hur and Chang, 1999) 및

수질의 급변 (Smart, 1981)은 양식어류에 상당한 스트레스 요인으로 작용하는데, 이중 염분변화는 어류의 체내 삼투압 변화를 유도하고, 이때 어류는 체내 항상성을 유지하기 위하여 삼투압 조절을 한다. 양식어류의 삼투압 조절에 관한 연구결과는 담수어류인 틸라피아와 해수어류인 송어에서 보고 (Chang and Hur, 1999; Hur and Chang, 1999; Chang et al., 1996; Lee et al., 1997)된 바 있으며, 최근에는 감성돔의 삼투압 조절 능력을 응용한 담수양식 기법도 연구중에 있다. 넙치양식에서는 최근 연안해수 오염으로 인하여 지하해수를 이용한 양식이 고려되고 있으나, 저염분 지하수가 용출되는 경우가 많으며,

*Corresponding author : bklee@dongeui.ac.kr

여름철에는 홍수로 인한 저염분화 현상이 나타나고 있다. 따라서 저염분 스트레스에 대한 양식넙치의 생리적인 반응을 연구할 필요성이 제기된다.

그러므로 본 연구에서는 넙치를 사용하여 사육수의 급격한 염분변화에 따른 생리적 반응에 관한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어와 실험시설

실험어는 넙치를 대어 (17.6 ± 1.1 cm)와 소어 (9.8 ± 0.8 cm)로 구분하여 사용하였다. 어류는 울진군 인근 육상수조 양식장에서 사육중인 것을 구입하였다. 이들 실험어는 대형 콘크리트 수조 2개 (18톤)에 수용하여 상업용 터봇사료 (수분 10%, 조단백질 56%, 조지방 12%, 조섬유 1.7%, 회분 12%, 인 1.9%, 비타민A 10,000 IU/kg, 비타민 D3 1,750 IU/kg, 비타민 E 200 mg/kg, 비타민 C 250 mg/kg, France)를 반복 공급하면서 3주간 안정시킨 다음, 실험에 사용하였다. 실험수조는 유수식 사육시스템이었으며, 해수는 1차 모래여과하여 사용하였고, 담수는 지하수를 사용하였다. 모든 실험수조는 FRP 원형수조 (460 l)로 수량은 300 l로 하였다. 실험수조의 1일 환수율은 수용적의 30배, 용존산소량은 5 ppm 이상이 되도록 조절하였다. 실험어의 안정과 도피방지를 위하여 수조상부에 비닐 차광막을 덮어 주었다.

2. 실험방법

예비사육 수조에서 사육하던 어류를 해수 (35%)가 공급되는 실험수조로 이동시켜 1주일간 안정시킨 다음, 실험직후 15%구와 담수 (0%구)로 사육수를 교환하여 실험하였다. 15%구에서는 수조에 공급하는 해수와 담수의 주입량을 조절하여 염분을 조절하였으며, 0%구에서는 해수유입을 중단하고 담수만을 흘려주었다. 0%과 15%로 사육수가 전환된 시간은 30분 이내였다. 실험수조 중 넙치대는 4 반복으로 설정하여 2그룹은 혈액을 채취하였고, 나머지 2그룹과 넙치소는 생존율만 조사하였다. 혈액 채취시각은 실험개시시, 1, 3, 6, 12 및 24시간째에 실시하였다.

3. 혈액의 채취 및 분석

실험어의 혈액은 채혈시각에 맞추어 무작위 추출하여

헤파린을 처리한 주사기를 사용하여 마취 없이 1분이내에 개체별로 미병부의 혈관에서 채취하였다. 개체별로 채취한 혈액 (약 1~3 ml)은 1.5 ml 튜브 2개에 분주하였다.

이중 혈액성상 분석용 시료는 즉시 혈액분석기로 분석하였으며, 혈장분석용 시료는 실온에서 20분간 방치한 뒤, 원심분리 ($5,600 \times g$, 5분)에 의해 혈장을 추출하여 -70°C 에 보관하면서 코티졸 (cortisol), 글루코스 (glucose), Na^+ , K^+ , Cl^- , 총단백질 (total protein), alanine aminotransferase (ALT) 및 aspartate aminotransferase (AST)와 같은 아미노기 전이 효소의 분석에 사용하였다. 전혈분석에 있어서 헤마토크리트 (hematocrit), 적혈구수 (red blood cell: RBC), 헤모글로빈 농도 (hemoglobin)과 같은 혈액성상은 자동혈액분석기 (Excell 500, USA)로 측정하였다. 이 결과를 토대로 평균적혈구용적 (mean corpuscular volume: MCV), 평균적혈구혈색소량 (mean corpuscular hemoglobin: MCH) 및 평균적혈구혈색소농도 (mean corpuscular hemoglobin concentration: MCHC)를 구하였다. 모든 실험에서 코티졸 농도는 cortisol RIA kit (DSL, USA)로 항원, 항체반응을 유도한 다음, Wizard 1470 v-counter (Hewlett Packard, USA)를 사용하여 radioimmunoassay (RIA)로 측정하였다. 글루코스, Na^+ , K^+ , Cl^- , 총단백질, ALT 및 AST는 전식혈액분석기 (Kodak, USA)에 의해 분석하였다. 실험기간중의 생존율은 매일 폐사개체를 헤아려 폐사율을 구하고 이로부터 생존율을 역산하였다.

5. 통계처리

각 실험에서 얻어진 자료값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계 패키지에 의한 ANOVA 및 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결 과

1) 혈액의 헤마토크리트, 적혈구수 및 헤모글로빈 농도 저염분 이동에 따른 혈액의 헤마토크리트, 적혈구수 및 헤모글로빈 농도는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

실험개시시 해수 (35%)에서 헤마토크리트는 $16.1 \pm 1.3\%$ 로부터 15%구는 1시간째 $18.3 \pm 5.3\%$ 으로 높아졌으며, 3시간째에는 $14.8 \pm 1.0\%$ 로 실험개시시보다 낮아졌다. 이후 6시간째와 12시간째에는 각각 $14.6 \pm 0.9\%$, $15.6 \pm 1.9\%$ 로 3시간째와 비슷한 값을 보였으나, 24시간째에는

사육수의 저염분 변화에 따른 넙치의 스트레스 반응

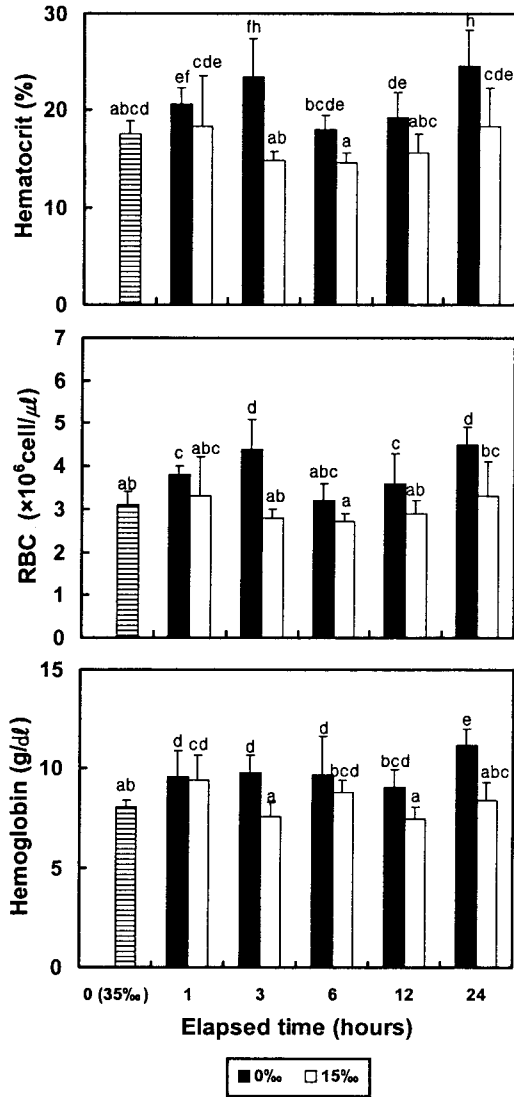


Fig. 1. Effect of exposure to hyposalinities on hematocrit, red blood cell and hemoglobin in *Paralichthys olivaceus*. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$).

18.3 \pm 4.1%로 다시 높아졌다. 담수 (0 ‰)에서는 1시간째 20.6 \pm 1.7%, 3시간째 23.4 \pm 4.1%로 더욱 높아졌다. 이후 6, 12 및 24시간째에는 18.0 \pm 1.5~24.6 \pm 3.7%로 실험 개시시보다 높게 남아있었다.

적혈구수는 실험개시시 2.9 \pm 0.3 $\times 10^6$ cell/ μ l로부터 15 ‰구는 실험기간에 2.7 \pm 0.2~3.3 \pm 0.8 $\times 10^6$ cell/ μ l로 나타났으나, 0 ‰구는 1시간째 3.8 \pm 0.2 $\times 10^6$ cell/ μ l, 3시간째 4.4 \pm 0.7 $\times 10^6$ cell/ μ l, 24시간째 4.5 \pm 0.4 $\times 10^6$ cell/ μ l로 계속 높은 값으로 남아있었다.

헤모글로빈 농도는 15 ‰구에서 1시간째 9.4 \pm 1.3 g/dl로 실험개시시인 8.0 \pm 0.3 g/dl보다는 높아진 값을 나타냈다. 그러나 3시간째에는 7.6 \pm 0.7 g/dl로 실험개시시와 차이를 보이지 않았다. 0 ‰구는 1시간째 9.6 \pm 1.3 g/dl로 유의하게 높아졌으며, 이후 3시간째부터 24시간까지 실험개시시 수준으로 안정되지 않았다.

실험개시시 MCV는 55.8 \pm 3.6 fl이었으며, 15 ‰구에서 실험기간동안 54.0 \pm 3.4~55.8 \pm 2.4 fl로 큰 변화를 보이지 않았다. 0 ‰구도 이와 비슷한 범위를 나타냈다 (Table 1). 실험개시시 MCH는 27.7 \pm 2.1 pg로부터 0 ‰구와 15 ‰구는 6시간째 각각 가장 높은 값인 30.5 \pm 6.4 pg, 33.2 \pm 4.0 pg로 나타났다. MCHC도 6시간째 가장 높은 값을 보여 주었다.

2) 혈장의 코티졸, 글루코스, Na⁺, K⁺, Cl⁻, 총단백질, AST 및 ALT

실험개시시 코티졸 농도는 1.6 \pm 0.2 ng/ml로부터 15 ‰구는 1시간째 3.5 \pm 1.8 ng/ml, 3시간째와 24시간째에는 각각 1.7 \pm 0.2 ng/ml, 3.0 \pm 2.4 ng/ml로 유의한 차이를 보이지 않았다 (Fig. 2). 그러나 0 ‰구는 1시간째 22.8 \pm 3.8 ng/ml, 3시간째 9.3 \pm 1.8 ng/ml, 24시간째 9.5 \pm 0.2 ng/ml로 높아졌다 ($P < 0.05$). 글루코스 농도는 실험개시시 17.7

Table 1. Effect of exposure to hyposalinities on hematological factors of *Paralichthys olivaceus*

Elapsed time (hour)	MCV (fl)		MCH (pg)		MCHC (%)	
	0‰	15‰	0‰	15‰	0‰	15‰
0	55.8 \pm 3.6 ^a		27.7 \pm 2.1 ^{bc}		49.7 \pm 3.1 ^{ab}	
1	54.7 \pm 2.6 ^a	55.8 \pm 2.4 ^a	25.6 \pm 3.6 ^{cd}	30.6 \pm 8.4 ^{abc}	46.7 \pm 5.5 ^{bc}	55.2 \pm 17.1 ^{ab}
3	53.0 \pm 6.1 ^a	54.0 \pm 3.4 ^a	22.4 \pm 3.1 ^{bc}	27.6 \pm 2.2 ^a	43.2 \pm 10.2 ^{ab}	51.1 \pm 1.8 ^a
6	56.2 \pm 3.3 ^a	54.9 \pm 1.3 ^a	30.5 \pm 6.4 ^d	33.2 \pm 4.0 ^{cd}	54.0 \pm 8.9 ^c	60.4 \pm 6.6 ^{bc}
12	53.5 \pm 4.3 ^a	54.1 \pm 1.5 ^a	25.5 \pm 3.6 ^{abc}	26.3 \pm 3.0 ^{abc}	47.8 \pm 6.4 ^{ab}	48.8 \pm 6.1 ^{ab}
24	54.6 \pm 5.8 ^a	55.2 \pm 2.0 ^a	25.0 \pm 1.4 ^{abc}	26.2 \pm 4.2 ^{ab}	46.2 \pm 4.5 ^{ab}	47.4 \pm 7.2 ^{ab}

The values are mean \pm SD (n=8). Means within each item followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P > 0.05$). MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

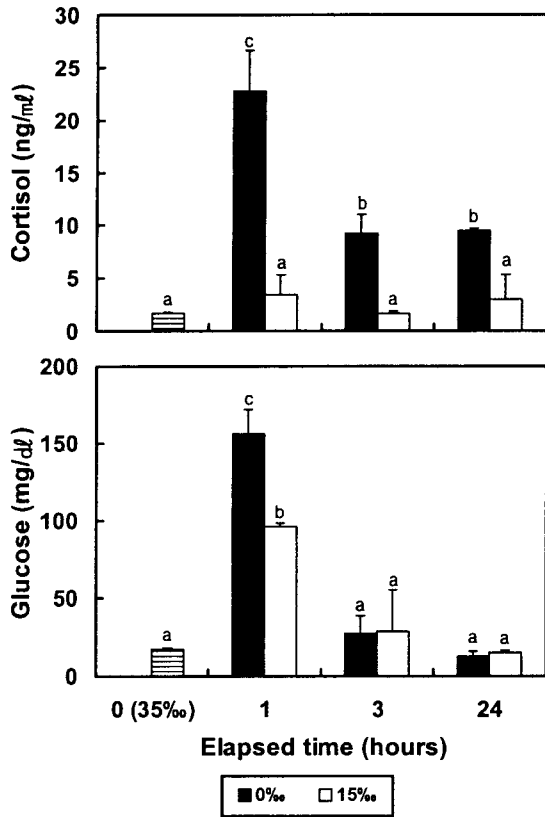


Fig. 2. Effect of exposure to hyposalinities on plasma cortisol and glucose in *Paralichthys olivaceus*. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$).

± 0.6 mg/dl로부터 15‰구와 0‰구는 1시간째 각각 96.2 ± 1.6 mg/dl, 155.8 ± 16.0 mg/dl로 높아졌다. 그러나 24시간째에는 각각 13.0 ± 3.2 mg/dl, 15.2 ± 1.4 mg/dl로 실험개시시 값으로 회복되었다. Na^+ 농도는 실험개시시 158.5 ± 5.1 mEq/l로부터 15‰구는 153.0 ± 1.2 mEq/l ~ 156.8 ± 2.6 mEq/l로 차이를 보이지 않았다 (Fig. 3). 그러나 0‰구는 1시간째 (15.2 ± 4.9 mEq/l), 3시간째 (148.5 ± 1.0 mEq/l)와 24시간째 (138.0 ± 3.2 mEq/l)까지 계속해서 유의하게 낮아졌다. K^+ 농도는 실험개시시 3.5 ± 0.4 mEq/l로부터 0‰구는 1시간째 3.0 ± 0.3 mEq/l, 3시간째 2.9 ± 0.4 mEq/l로 낮아졌다. Cl^- 농도는 실험개시시 69.5 ± 2.1 mEq/l로부터 15‰구는 1시간째 59.5 ± 2.1 mEq/l, 3시간째 58.0 ± 4.1 mEq/l, 24시간째 54.3 ± 1.0 mEq/l로 계속해서 낮아졌다. 0‰구도 15‰구와 유사한 경향으로 24시간째에 49.5 ± 2.6 mEq/l로 낮아졌다. 총단백질 함량은 실험개시시 18.5 ± 3.1 mg/ml로부터 15‰구는 차이를 보이지 않았으나, 0‰구는 1시간째 가장 높은 49.5 ± 10.6 mg/ml로 유의한 차이를 보였다 (Fig. 4). ALT

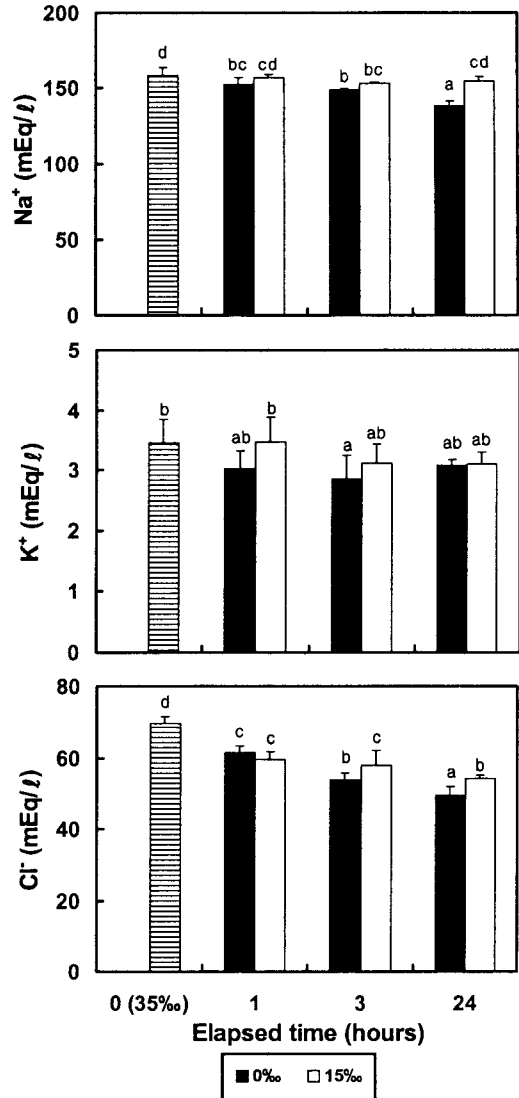


Fig. 3. Effect of exposure to hyposalinities on plasma Na^+ , K^+ and Cl^- in *Paralichthys olivaceus*. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$).

는 15‰구는 차이를 보이지 않았으나, 0‰구는 24시간째에 유의하게 높아졌다. AST는 총단백질 함량과 같은 경향으로 15‰구는 차이를 보이지 않았으나, 0‰구에서는 24시간째 17.0 ± 4.5 IU/l로 실험개시시 (8.8 ± 2.6 IU/l)보다 증가된 값을 보였다.

3) 생존율

0‰구의 넘치소는 48시간 이전까지는 폐사개체가 없었으나, 72시간째에 $92.0 \pm 5.7\%$ 로 낮아졌고, 96시간째에는 $50.0 \pm 2.8\%$, 120시간째 $20.0 \pm 11.2\%$, 144시간째에는 전량 폐사하였다 (Fig. 5). 그러나 15‰구는 144시간까지

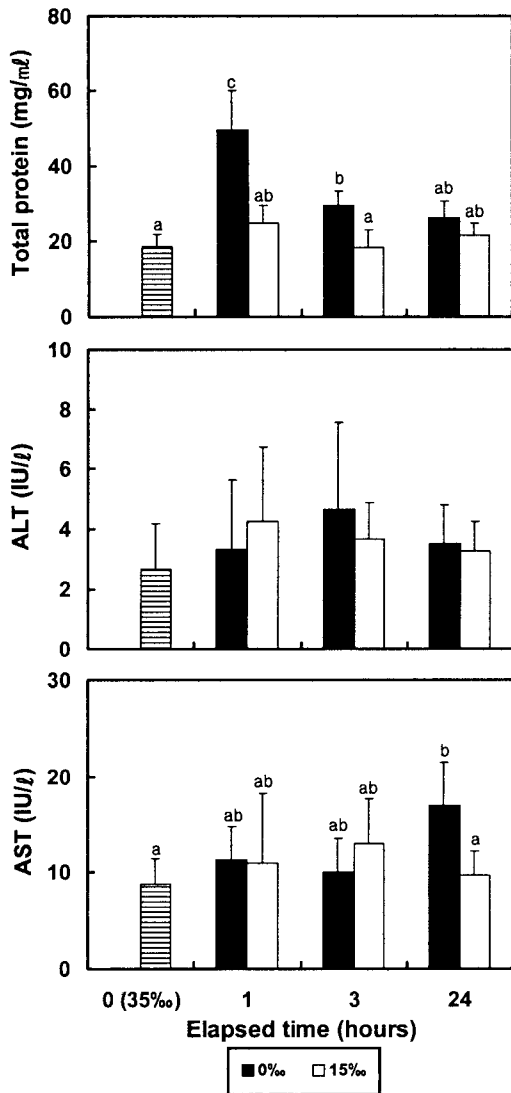


Fig. 4. Effect of exposure to hyposalinities on plasma total protein, ALT and AST in *Paralichthys olivaceus*. Same letters on the bars are not significantly different ($P > 0.05$).

98.0±2.8%로 나타났다. 한편, 넙치대는 15‰구에서 144시간까지 97.5±3.5%로 높은 생존율을 보였으나, 0‰구는 48시간째부터 폐사개체가 나타나 96시간째 47.5±10.6%, 144시간째 전량 폐사하였다.

고찰

어류의 혈장 코티졸과 글루코스는 어체가 받는 스트레스의 지표로서 인정되고 있다 (Wedmeyer and Yasutake, 1977). 또한 Schreck (1982)는 혈액의 젖산, 지질, 전해질,

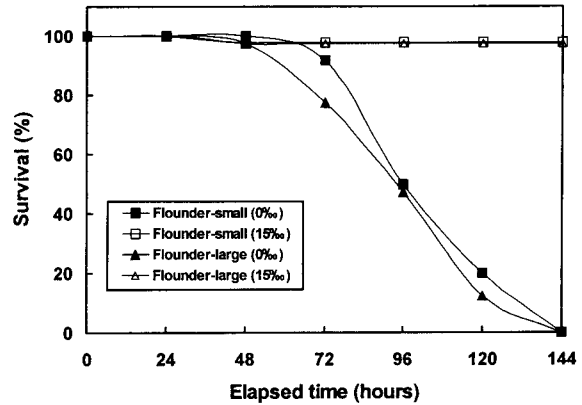


Fig. 5. Survival as function of time in *Paralichthys olivaceus* exposed to hyposalinities.

헤모글로빈, 총단백질, 헤마토크리트 및 간 글리코겐 등을 통해 스트레스 여부를 판정할 수 있다고 하였다. 이들 분석 항목들은 스트레스의 지표로서는 물론, 어체의 건강도 평가에 있어서도 지표가 된다 (Wedemeyer and Yasutake, 1977; Wedemeyer and McLeay, 1981). 본 연구에서는 코티졸은 1차 스트레스 지표로 보았고, 이후 삼투압 조절 능력을 위한 대사 반응 결과 나타나는 글루코스, ALT, AST, 총단백질, 전해질 및 생존율 등은 2차 지표로 보았다.

넙치는 현재 전연안에서 양식되는 어종으로 스트레스에 강한 어종으로 알려져 있다 (Chang et al., 1999, 2001). 본 연구에서 코티졸과 글루코스 농도는 담수 (0‰)로 이동 후 1시간째 유의하게 높아진 값을 보였다. 이중 코티졸 농도는 24시간까지 높게 남아있었으나, 글루코스는 3시간째 실험개시시 수준으로 안정된 경향을 나타냈다. 0‰구와는 다르게 15‰에서는 코티졸 농도는 실험기간에 차이를 보이지 않았으나, 글루코스 농도는 1시간째 높아졌다가 이후 안정된 값을 보였다. 15‰에서 0‰구와는 상반되게 코티졸은 증가하지 않았으나, 글루코스는 높아지는 현상을 보였는데, 이는 코티졸의 반응 없이 글루코스가 증가하는 것은 지금까지 스트레스 연구에서 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서 실험개시 이후 1시간째 채혈하기 이전에 최고값에 도달하였다가 안정된 것으로 사료된다. Barton and Iwama (1991)는 스트레스시 코티졸 값은 어종에 따라 증가속도와 시간이 다르게 나타난다고 하였다. 이와 같이 급성 스트레스후 코티졸 농도는 1~3시간 이전에 최고값으로 증가되고, 회복시간은 6시간 이내라고 보고되고 있다 (Pickering and Pottinger, 1989). 본 연구에서도 코티졸과 글루코스 변화는 채혈시각의 차이로 인정될 수 있다. 0‰구에서 코티졸과 글루코스의 동반 상승은

일반적인 스트레스 반응을 보여주고 있다. 코티졸 농도에 비해 글루코스 농도가 3시간이후에 안정된 수준을 보였는데, 이는 코티졸이 높은 값으로 남아있는 것으로 볼 때, 항상성 유지를 위해 이미 에너지를 과다하게 사용되고 있는 것으로 보여진다. 이것을 뒤받침 해주는 것이 몇가지 반응으로 추측된다. 생존율에서 48시간 이후에 폐사개체가 나타나는 것으로 볼 때, 24시간 이후에도 계속해서 글루코스 농도가 낮아 졌을 것으로 추측된다. 또한 총단백질은 15%구에서는 차이를 보이지 않아 글루코스를 과다하게 사용된 것으로 보여지지 않으나, 0%구는 글루코스 와 동반 상승으로 볼 때, 에너지로 사용된 것으로 사료된다. AST가 계속해서 증가하는 것은 0%에서 과도한 에너지 사용으로 간기능 저하로 추측할 수 있다.

한편 15%구에서 Na^+ 과 K^+ 등으로 볼 때, 삼투압 조절을 위한 항상성 유지에 문제가 없는 것으로 보여지나, 0%구에서 Na^+ , K^+ 및 Cl^- 등은 경과시간에 따른 고삼투압조절 (hyper-osmoregulation) 능력이 상실되고 있음을 암시해 주고있다. 고삼투압조절 능력은 어제보다 저장인 환경에 노출되었을 때, 코티졸 감소, Na^+ , K^+ -ATPase 활성 감소, 삼투질 농도 증가에 따른 저장인 환경에서 체내와 비슷한 항상성을 유지하는 것이다 (Young et al., 1989). 본 연구에서 15%구에서는 코티졸의 정체, Na^+ 과 K^+ 의 실험개시시와 차이가 없는 것, 폐사개체가 나타나지 않은 것으로 뚜렷한 결과를 나타냈으나, 0%구에서는 총단백질 농도의 증가, 글루코스, Na^+ 및 Cl^- 농도가 감소하는 것으로 볼 때, 고삼투압 조절 능력에 문제가 있는 것으로 사료된다. Hur and Chang (1999) 보고에서 송어는 담수노출 1일째에는 저장의 환경에 대하여 고삼투압조절을 하는 것으로 나타난다고 하였다. 본 연구에 사용한 넙치와 송어는 직접적으로 비교할 수는 없으나, 담수노출에 따른 삼투압 조절 능력에서 차이를 보여주었다. 본 연구의 결과 넙치는 48시간 이후에 폐사하기 시작하여 144시간째에는 전량폐사하였다. 이는 급격한 염분변화에 따른 삼투압 조절 능력에 이상이 있는 것으로 판단된다. 넙치대, 소모두 48시간 이후에 폐사하여 삼투압 조절 능력이 유사할 것으로 판단되나, 넙치대는 혈액을 분석하여 이를 증명할 수 있으나, 넙치소는 조사되지 않아 삼투압 조절 능력을 직접 비교하기에는 어려움이 있다. 그러나 삼투압 조절 능력을 위한 여러가지 파라메타에서 15%구는 대부분 이상이 없는 것으로 추측이 가능하나, 0%구에서는 코티졸, Na^+ , K^+ , Cl^- , 총단백질 및 AST에서 시간경과에 따른 삼투압 조절 능력에 문제가 있는 것으로 보여진다. 본 연구에

서는 24시간과 144시간까지 생존율 및 여러가지 생리적 반응을 조사하였으나, 이후 연구에서는 넙치의 24시간이후, 넙치대, 소 비교 및 15%과 0%사이에서 염분내성 및 스트레스 반응에 따른 세심한 연구가 이루어 져야 할 것으로 생각된다.

요 약

사육수의 저염분에 따른 급성 스트레스 반응 (코티졸, 글루코스, Na^+ , K^+ , Cl^- , 총단백질, ALT, AST, 헤마토크리트, 적혈구수, 헤모글로빈 농도, MCV, MCH 및 MCHC) 조사하였다. 예비사육 수조에서 사육하던 어류를 해수(35%)가 공급되는 실험수조에서 30분 이내에 담수 (0%)를 흘려주면서 15%구와 0%구로 사육수를 교환하였다. 실험개시시 코티졸 농도는 $1.6 \pm 0.2 \text{ ng/ml}$ 로부터 15%구는 1시간째 $3.5 \pm 1.8 \text{ ng/ml}$, 3시간째와 24시간째에는 각각 $1.7 \pm 0.2 \text{ ng/ml}$ 와 $3.0 \pm 2.4 \text{ ng/ml}$ 로 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 0%구는 1시간째 $22.8 \pm 3.8 \text{ ng/ml}$, 3시간째 $9.3 \pm 1.8 \text{ ng/ml}$, 24시간째 $9.5 \pm 0.2 \text{ ng/ml}$ 로 높아진 값을 보였다. 글루코스 함량은 실험개시시 $17.7 \pm 0.6 \text{ mg/dl}$ 로부터 15%구와 0%구는 1시간째 각각 $96.2 \pm 1.6 \text{ mg/dl}$, $155.8 \pm 16.0 \text{ mg/dl}$ 로 높아졌다. 그러나 24시간째에는 각각 $13.0 \pm 3.2 \text{ mg/dl}$, $15.2 \pm 1.4 \text{ mg/dl}$ 로 실험개시시 값으로 회복되었다. Na^+ 과 K^+ 은 15%구에서 차이를 보이지 않았으나, 0%구에서는 감소하는 경향을 보였다. 생존율은 48시간째부터 폐사하기 시작하여 144시간째에는 전량 폐사하였다. 삼투압 조절 능력을 위한 여러가지 파라메타에서 15%구는 이상이 없는 것으로 추측되나, 0%구에서는 코티졸, Na^+ , K^+ , Cl^- , 총단백질 및 AST에서 시간경과에 따른 삼투압 조절 능력에 문제가 있는 것으로 보여진다.

참 고 문 헌

- Barton, B. A., and G. K. Iwama, 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 1: 3-26.
- Chang Y. J. and J. W. Hur, 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by rapid changes in salinity of rearing water. *J. Korean Fish. Soc.*, 32: 310-316 (in Korean).
- Chang, Y. J., J. W. Hur, H. K. LIM and J. K. Lee, 2001. Stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and

- fat cod (*Hexagrammos otakii*) by the sudden drop and rise of water temperature. J. Korean Fish. Soc., 34 : 91-97 (in Korean).
- Chang, Y. J., M. R. Park, D. Y. Kang and B. K. Lee, 1999. Physiological responses of cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) on series of lowering seawater temperature sharply and continuously. J. Korean Fish. Soc., 32 : 601-606 (in Korean).
- Chang, Y. J., Y. C. Lee and B. K. Lee. 1996. Comparison of growth and survival rates of juvenile grey mullets (*Mugil cephalus*) in different salinities. J. of Aquaculture, 9 : 311-320. (in Korean)
- Fryer, J. N., 1975. Stress and adrenocorticosteroid dynamics in the goldfish, *Carassius auratus*. Can. J. Zool., 53 : 1011-1020.
- Hirano, T., 1986. The spectrum of prolactin action in teleosts. pp. 53-74. (in) Comparative Endocrinology: Developments and Directions. (ed.) C. L. Ralph, Alan Liss, New York.
- Hur J. W. and Y. J. Chang, 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by gradual change in salinity of rearing water. J. of Aquaculture, 12 : 283-292 (in Korean).
- Hur J. W. Y. J. Chang, H. K. Lim and B. K. Lee, 2001. Stress responses of cultured fishes elicited by water level reduction in rearing tank and fish transference during selection process. J. Korean Fish. Soc., 34 : in press (in Korean).
- Lee, Y. C., Y. J. Chang and B. K. Lee. 1997. Osmoregulation capability of juvenile grey mullets (*Mugil cephalus*) with the different salinities. J. Korean Fish. Soc., 30 : 216-224 (in Korean).
- Park, M. R., Y. J. Chang and D. Y. Kang, 1999. Physiological response of the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the acute changes of water temperature. J. of Aquaculture, 12 : 221-228 (in Korean).
- Pickering, A. D., 1990. Stress the suppression of somatic growth in teleost fish. pp. 473-479, (in) Progress in comparative endocrinology. (eds.) Epple, A., C. G. Scanes, M. H. Stetson. Wiley-Liss, NY.
- Pickering, A. D., and T. G. Pottinger, 1989. Stress response and disease resistance in salmonid fish : Effects of chronic elevation of plasma cortisol. Fish Physiol. Biochem., 7 : 253-258.
- Schreck, C. B., 1982. Stress and rearing of salmonids. Aquaculture, 28 : 241-249.
- Singley, J. A. and W. Chavin, 1971. Cortisol levels of normal goldfish, *Carassius auratus* L., and response to osmotic change. Am. Zool., 11 : 653 pp.
- Smart, G. R., 1981. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. pp. 277-293 (in) Stress and Fish. (ed.) A. D. Pickering, Pergamon Press, London.
- Wedemeyer, G. A., and D. J. Mcleay, 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. pp. 247-275. (in) Stress and Fish. (ed.) A. D. Pickering, Pergamon Press, London.
- Wedemeyer, G. A., and W. T. Yasutake, 1977. Clinical methods for the assessment of the effects of environmental stress on fish health. U.S. Fish and Wildlife Service Technical 89 pp.
- Young, G., B. Th. Bjornsson, P. Prunet, R. J. Lin and H. A. Bern. 1989. Smoltification and seawater adaptation on coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): plasma prolactin, growth hormone, thyroid hormones and cortisol. Gen. Comp. Endocrinol., 74 : 335-345.

(접수 : 2001년 11월 24일, 수리 : 2002년 2월 4일)