



넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 큰민어(*Nibea japonica*)의 활어 수송시 나타나는 스트레스 반응

장영진* · 허준욱 · 문승현 · 이정희¹⁾

부경대학교 양식학과 · ¹⁾국립수산진흥원 남제주수산종묘시험장

Stress Response of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Japanese Croaker (*Nibea japonica*) to Live Transportation

Young-Jin Chang*, Jun-Wook Hur, Seung-Hyen Moon and Jung-Uie Lee¹⁾

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

¹⁾Namcheju Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Jeju 699-800, Korea

In *Paralichthys olivaceus* and *Nibea japonica*, response to live air (5 hr) or ship (25 hr) transportation was assessed, by determining the levels of plasma cortisol, glucose, lactic acid and osmolality, as well as hematological parameters namely hematocrit (Ht), red blood cell (RBC) count, hemoglobin (Hb), corpuscular volume (MCV), corpuscular hemoglobin (MCH) and corpuscular hemoglobin concentration (MCHC). In the experimental series I, the olive flounder was subjected to stress or no stress for 1 hr, prior to its air transportation for 5 hr.

The stress suffered by the flounder prior to air transportation resulted in significant reduction in Ht, but increases in MCH and MCHC. Air transportation led to increases in MCV and MCH in both the stressed and non stressed groups. In the non stressed group it led to significant increase in Ht but decrease in MCHC. In the stressed group, the air transportation led to significant increases in osmolality and plasma cortisol from 5 to 38.5 ng/ml. Non stressed groups did not show significant differences in this before and after transportation.

In the experiment II, the red blood cell (RBC) count ranged from $2.5 \times 10^6/\mu\text{l}$ to $2.7 \times 10^6/\mu\text{l}$ in the flounder and $1.9 \times 10^6/\mu\text{l}$ to $2.1 \times 10^6/\mu\text{l}$ in the croaker during the pre- and post-transportation, respectively. In the croaker the shipping led to significant increase in plasma cortisol from 26 to 35 ng/ml but decrease in glucose from 91.0 to 26.4 mg/dl. For glucose the reverse (39.0 to 51.0 mg/dl) was true for the flounder.

Key words: *Paralichthys olivaceus*, *Nibea japonica*, Stress, Cortisol, Live transportation

서 론

우리나라 해산어류의 양식 생산량은 1990년 이후 매년 증가되고 있으며, 넙치와 조피볼락이 주류를 이루고 있다. 현재는 연안 곳곳에서 양식대상 어류를 종묘생산하거나

양식하는 업체가 대거 등장하였으며, 아울러 양식생산 관리의 표준화 문제도 제기되고 있는 실정이다. 어류의 양식생산 과정 중에는 사육중인 어류에게 스트레스로 작용할 수 있는 여러 가지 요인들이 있다. 그 중에서도 생산된 종묘의 양식장 운송, 수확한 어류의 소비지 운반 등은 양

*Corresponding author : yjchang@pknu.ac.kr

식과정 중 피할 수 없는 작업이다. 어류의 수송 후에는 혈장 코르티코스테로이드, 글루코스, 전해질 및 삼투질 농도 (Barton et al., 1980; Carmichael et al., 1983) 뿐만 아니라, 적혈구수, 헤마토크리트, 헤모글로빈, 총단백질, 혈액의 pH 및 근육지방 등이 변화하는 것으로 알려지고 있다 (Nikinmaa et al., 1983). 또한 Carmichael (1984)은 수송 후 어류가 스트레스 충격으로 높은 사망률을 나타낼 수 있다고 하였다. 수송시 받은 어류의 스트레스에 관하여는 대부분 연어과 어류를 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔다 (Specker and Schreck, 1980; Wood and Perry, 1985; Barton and Iwama, 1991; Milligan and Girard, 1993). 스트레스 요인별 연구로는 염분 (Robertson et al., 1988), 수온 (Strange et al., 1977; Davis et al., 1984), 밀도 (Specker and Schreck, 1980) 및 수송시간 (Barton et al., 1980; Davis and Parker, 1986)에 관한 것 등이 있으며, 또한 이들의 복합적 스트레스에 대하여도 연구된 바 있다.

외국 뿐 아니라 현재 우리나라에서도 어류의 종묘 수송이나 또는 수확된 어류가 대량으로 수송되고 있으므로, 넙치와 같이 대량 수송시 수송에 따른 스트레스에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)와 큰민어 (*Nibea japonica*)를 사용하여 스트레스의 지표로 알려져 있는 혈액학적 요인, 코티졸, 글루코스, 젖산 및 삼투질 농도를 조사하여 활어 수송 과정에서 나타나는 스트레스 반응에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

수송실험 어류는 제주도 표선에 위치한 동원산업 제주 양식장에서 사육중인 것으로서 넙치와 큰민어를 재료로 하였다. 수송 경로는 Fig. 1에서와 같이 Exp. I에서는 양식장으로부터 제주공항까지 육로 수송 (약 50 km)한 다음, 김해공항까지 항공 수송하였으며, 김해공항에서 다시 연구실까지 육로 수송 (약 15 km)하였다. Exp. II에서는 양식장에서 제주부두까지 육로 수송 (약 50 km)을 한 다음, 부산항까지 해상 수송을 하였으며, 이후 다시 울진까지 육로 수송 (약 400 km)하였다. 각 실험에서 수송을 위한 총 소요시간은 Exp. I 5시간, Exp. II 25시간이었다. Exp. I에서는 1시간 동안 선별 작업한 어류 (선별군, stressed group by selection)와 선별 작업을 하지 않았던 어류 (비선별군, non-stressed group)로 나누어 수송실험을 실시

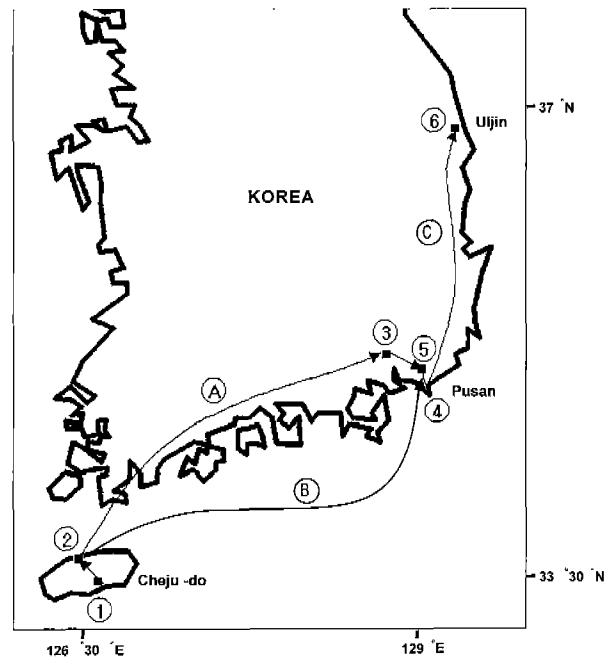


Fig. 1. Transportation course. ① culture farm ② Cheju airport and wharf ③ Pusan airport ④ Pusan wharf ⑤ laboratory ⑥ Uljin marine hatchery A air transportation B sea transportation C land transportation. Experimental series I; ①→②→A→③→⑤, Experimental series II; ①→②→B→④→C→⑥.

하여 서로 비교하였다. 수송 용기는 스티로폼 상자 (66×42×20 cm)로서, 여기에 해수 15 l와 액화산소를 넣은 비닐봉지에 넙치 5마리씩을 수송하여 수송하였다. Exp. II에서는 공기 공급 장치가 부착되어있는 활어수송 차량 (1톤 수량 활어조 2개)에 각각 넙치 200마리, 큰민어 100마리씩을 수송하여 수송하였다. 실험어의 크기는 Table 1과 같이 Exp. I에서는 넙치 831.6 ± 243.3 g, Exp. II에서는 넙치 277.4 ± 10.8 g, 큰민어 161.1 ± 53.2 g이었다. 수송 전후 및 수송 도중 수송 용기내의 수온과 용존산소량은 Exp. I에서 17~18℃, 5.7~7.5 ppm, Exp. II에서 18~21℃, 7.0~8.0 ppm이었다.

수송 전과 수송 후에 넙치와 큰민어를 5마리씩 무작위 채취하여 헤파린이 처리된 주사기를 사용하여 마취없이 1분 이내에 개체별로 미병부의 혈관에서 채혈하였다. 채취한 혈액은 즉시 젖산분해방지 용기 (Sterile interior, Sodium Fluoride Potassium Oxalate, USA)와 튜브에 분주하였으며, 이중 혈액성상 분석용 시료는 혈액 분석기 (Excell 500, USA)로 적혈구용적 (hematocrit; Ht), 적혈구수 (red blood cell; RBC), 혈색소농도 (hemoglobin; Hb),

Table 1. Sizes of olive flounder and Japanese croaker used in experiments of live fish transportation

	Flounder		Croaker	
	TL (cm)	BW (g)	TL (cm)	BW (g)
Exp. I	42.3±4.5	831.6±243.3	-	-
Exp. II	28.8±9.4	277.4± 10.8	25.8±3.0	161.1±53.2

The values are mean±SD. TL: total length, BW: body weight.

평균적혈구용적 (mean corpuscular volume; MCV), 평균적혈구혈색소량 (mean corpuscular hemoglobin; MCH) 및 평균적혈구혈색소농도 (mean corpuscular hemoglobin concentration; MCHC)를 측정하였다. 나머지 혈액은 상온에서 20분간 방치한 뒤, 원심분리 (5,600×g, 5분)에 의해 혈장을 추출하여 -70℃에 보관하면서 코티졸과 글루코스 등의 분석에 사용하였다.

모든 실험에서 코티졸 농도는 cortisol RIA kit (DSL, USA)를 사용하여 항원·항체반응을 유도한 다음, Wizard 1470 γ -counter (Hewlett Packard, USA)를 사용하여 radioimmunoassay (RIA)로 분석하였다. 글루코스와 젖산은 건식생화학분석기 (Kodak, USA)로 분석하였고, 삼투질 농도는 Na염의 함유량에 따라 동결점이 다른 것을 응용하여 micro osmometer (3MO, USA)를 사용하여 측정하였다. 또한 수송 후 폐사 개체수를 산정하여 생존율을 파악하였다.

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

결 과

1. 혈액학적 요인 변화

Exp. I에서 수송 전후 넙치의 혈액학적 요인은 Table 2와 같이 변화하였다. 수송전 1시간 동안 선별군의 Ht 값은 25.8±8.5%였으나 수송후에는 24.9±3.3%로 차이를 보이지 않았다. 그러나 비선별군의 수송후 Ht는 수송전의 9.3±1.7% 보다 약 2배나 증가한 18.5±9.6%였다. 한편 RBC값은 선별군에서 수송후 낮아진 값을 보였으나, 비선별군에서는 수송전의 1.7±0.3×10⁶ cell/ μ l로부터 2.5±1.3×10⁶ cell/ μ l로 높아졌다. 두 군의 Hb 농도도 Ht와 RBC와 같은 변화경향을 보였다. MCHC의 값은 선별군에

Table 2. Estimation of hematological factors of the olive flounder subjected to air transportation and stress in experimental series I

Experiment condition (Trans. time)	Ht (%)		RBC (×10 ⁶ cell/ μ l)		Hb (g/dl)	
	Stressed	Non-stressed	Stressed	Non-stressed	Stressed	Non-stressed
Pre-trans. (0 hr.)	25.8±8.5 ^b	9.3±1.7 ^a	4.8±1.7 ^c	1.7±0.3 ^a	12.2±0.9 ^a	12.0±0.5 ^a
Post-trans. (5 hr.)	24.9±3.3 ^b	18.5±9.6 ^b	3.7±0.7 ^{bc}	2.5±1.3 ^{ab}	11.2±3.3 ^a	13.5±0.6 ^a

The values are mean±SD (n=10). Means within each item followed by the same letter are not significantly different (P>0.05). Ht: hematocrit, RBC: red blood cell, Hb: hemoglobin. Stressed: selection stress for 1 hr.

Table 2. (Continued)

Experiment condition (Trans. time)	MCV (fl)		MCH (pg)		MCHC (%)	
	Stressed	Non-stressed	Stressed	Non-stressed	Stressed	Non-stressed
Pre-trans. (0 hr.)	54.1±1.0 ^a	53.4±0.1 ^a	27.3±11.4 ^a	70.6±15.4 ^b	50.4±20.2 ^a	132.2±28.6 ^b
Post-trans. (5 hr.)	69.7±8.6 ^b	74.7±1.7 ^b	30.6±4.6 ^a	72.9±31.6 ^b	44.4±9.2 ^a	96.6±40.4 ^{ab}

MCV: mean corpuscular volume, MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration.

서 수송전의 50.4±20.2%로부터 수송후에 44.4±9.2%로 높아졌으나, 비선별군에서는 오히려 132.2±28.6%로부터 96.6±40.4%로 낮아졌다.

Exp. II에서 큰민어의 Ht값은 수송전의 14.9±2.7%로부터 수송후 17.4±1.5%로 높아졌으나, 넙치는 그다지 차이를 보이지 않았다 (Table 3). 넙치의 RBC값은 수송전 2.5±0.6×10⁶ cell/μl로부터 수송직후 2.7±0.0×10⁶ cell/μl, 큰민어는 1.9±0.3×10⁶ cell/μl로부터 2.1±0.1×10⁶ cell/μl로 약간 높아졌으며, 넙치의 Hb, MCV 및 MCH는 수송전 보다 수송후에 낮아지는 경향을 보였다.

2. 혈장 코티졸, 글루코스 및 젖산 농도 변화

Exp. I에서 수송전 넙치 혈장의 코티졸 농도는 비선별군에서 5.0±0.0 ng/ml였던 반면, 선별군에서는 23.5±10.6 ng/ml로 크게 높아져 있었다 (Fig. 2). 비선별군의 수송후 코티졸 농도는 33.0±5.7 ng/ml로 유의하게 높아졌으며, 선별군에서도 38.5±6.4 ng/ml로 높아졌지만 수송전의 농도와 차이를 보이지 않았다. 글루코스 농도는 비선별군에서 코티졸과 같이 수송후에 유의하게 높아졌으나, 선별군은 차이를 보이지 않았다. 젖산은 비선별군에서 수송전의 0.2±0.0 mmol/l로부터 수송후에 1.3±0.0 mmol/l로 높아졌고, 선별군도 0.6±0.1 mmol/l로부터 7.9±5.9 mmol/l로 크게 높아졌으나 유의차는 인정되지

않았다 (P>0.05).

Exp. II에서 넙치의 혈장 코티졸은 수송후에 7.0±2.8 ng/ml로 수송전의 27.7±7.7 ng/ml 보다 낮아졌으나, 큰민어에서는 수송전의 25.8±30.2 ng/ml로부터 수송후에는 351.2±173.3 ng/ml로 14배 가량 높아졌다 (Fig. 3). 글루코스의 농도는 넙치에서 수송전의 39.0±9.9 mg/dl로부터 51.0±15.6 mg/dl로 높아졌으나 (P<0.05), 큰민어에서는 91.0±33.9 mg/dl로부터 26.4±0.6 mg/dl로 유의하게 낮아졌다. 젖산 농도는 넙치에서 수송전의 0.2±0.0 mmol/l로부터 수송후에 0.7±0.1 mmol/l로 높아진 반면, 큰민어에서는 수송전 1.3±0.4 mmol/l, 수송후 1.6±0.4 mmol/l로 차이를 나타내지 않았다.

3. 혈장의 삼투질 농도 변화

Exp. I에서 선별군의 삼투질 농도는 수송전의 434.0 mOsm/kg으로부터 수송후에 501.5 mOsm/kg으로 높아진 반면, 비선별군에서는 수송전후 사이의 유의차가 인정되지 않았다 (Fig. 4).

Exp. II에서 큰민어의 삼투질 농도는 수송전에 343.0 mOsm/kg이었던 것이 수송후에는 462.5 mOsm/kg으로 유의하게 높아진 반면, 넙치에서는 480.0 mOsm/kg에서 444.0 mOsm/kg으로 감소하였지만 유의차는 나타나지 않았다 (Fig. 5).

Table 3. Estimation of hematological factors of the olive flounder and Japanese croaker in the experimental series II

Experiment condition (Trans. time)	Ht (%)		RBC (×10 ⁶ cell/μl)		Hb (g/dl)	
	Flounder	Croaker	Flounder	Croaker	Flounder	Croaker
Pre-trans. (0 hr.)	14.4±2.2 ^a	14.9±2.7 ^a	2.5±0.6 ^{bc}	1.9±0.3 ^a	15.1±3.3 ^{bc}	10.6±1.5 ^a
Post-trans. (25 hr.)	13.3±0.5 ^a	17.4±1.5 ^b	2.7±0.0 ^c	2.1±0.1 ^{ab}	16.0±1.2 ^c	13.2±0.8 ^b

The values are mean±SD (n=10). Means within each item followed by the same letter are not significantly different (P>0.05). Ht, RBC and Hb are same abbreviations as shown in the Table 2.

Table 3. (Continued)

Experiment condition (Trans. time)	MCV (fl)		MCH (pg)		MCHC (%)	
	Flounder	Croaker	Flounder	Croaker	Flounder	Croaker
Pre-trans. (0 hr.)	59.8±13.4 ^b	77.3±2.9 ^c	61.9±9.3 ^a	55.7±7.6 ^a	107.0±28.3 ^a	72.1±8.5 ^b
Post-trans. (25 hr.)	48.2±1.7 ^a	82.8±2.1 ^c	58.3±4.2 ^a	63.0±4.3 ^a	121.3±13.0 ^a	76.1±5.0 ^b

MCV, MCH and MCHC are same abbreviations as shown in the Table 2.

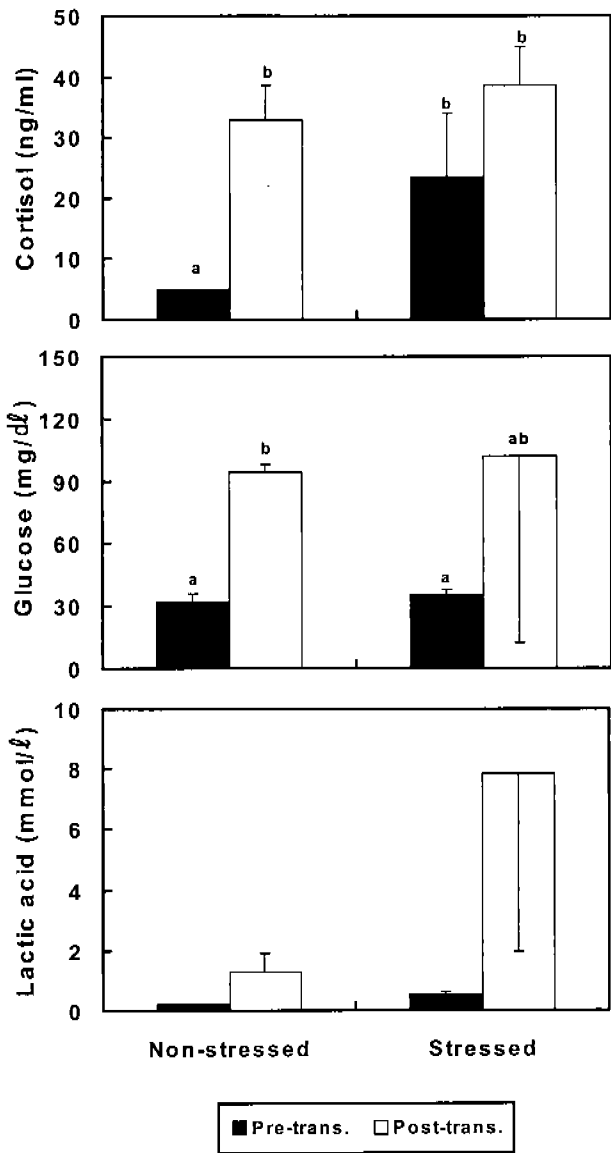


Fig. 2. Effects of air transportation and stress on plasma cortisol, glucose and lactic acid concentration of the olive flounder in Experimental series I. Stressed: selection stress for 1 hr. Same letters on the bars are not significantly different ($P>0.05$).

4. 수송후 생존율

Exp. I 에서 수송후 넙치의 생존율은 선별군 및 비선별군 모두에서 100%였으나, Exp. II 에서는 넙치 100%, 큰민어 95%의 생존율을 나타냈다.

고 찰

활어수송에 관한 연구는 주로 연어과 어류를 중심으로

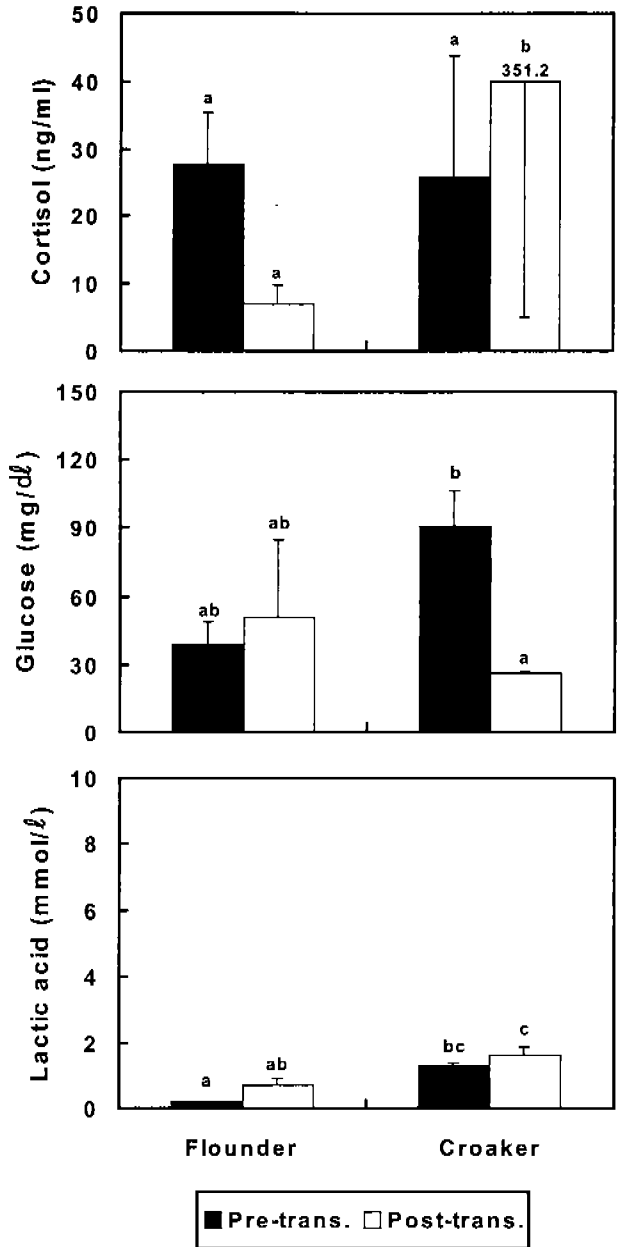


Fig. 3. Effects of transportation on plasma cortisol, glucose and lactic acid concentration of olive flounder and Japanese croaker in Experimental series II. Same letters on the bars are not significantly different ($P>0.05$).

보고되고 있는데 (Specker and Schreck, 1980; Wood and Perry, 1985; Milligan and Girard, 1993), 치어 방류시 폐사율을 최소화하기 위한 목적으로 진행되어 왔다. 또한 수송 스트레스에 관하여는 수용밀도 (Specker and Schreck, 1980), 수온 (Strange et al., 1977; Davis et al., 1984) 및 염분 (Robertson et al., 1988) 등의 여러 요인들이 복합

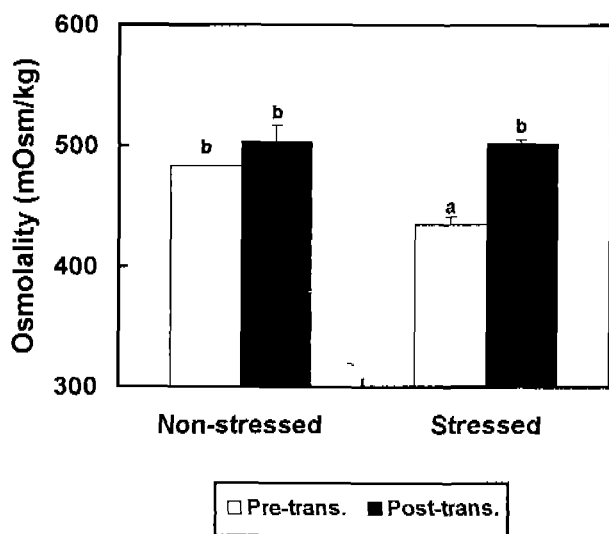


Fig. 4. Effects of transportation on plasma osmolality concentration of the olive flounder in Experimental series I. Stressed: selection stress for 1 hr. Same letters on the bars are not significantly different ($P>0.05$).

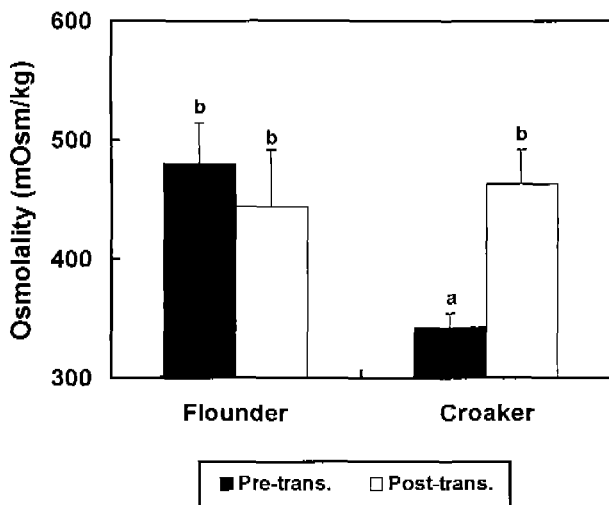


Fig. 5. Effects of transportation on plasma osmolality concentration of the olive flounder and Japanese croaker in Experimental series II. Same letters on the bars are not significantly different ($P>0.05$).

적으로 연구되고 있다.

활어수송에는 주로 차량이나 선박이 수송수단으로 이용된다. 어류의 수송에 있어서 수송하기 전에도 여러 가지 스트레스 요인이 작용한다. 그 요인으로 가두기, 포획, 선별 작업 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 차량과 선박뿐만 아니라 항공수송도 실시하였으며, 수송전에 가두기, 포획, 선별 등의 과정을 거쳤는데, 이와 같은 일련의 과정은

Exp. I에서 수송전 선별 스트레스를 준 것(선별군)과 주지 않았던 것(비선별군)으로 나누어 실험함으로써 서로 비교되게 하였다. 그리고 Exp. II에서는 활어차량으로 저서성 어류인 넙치와 유영성 어류인 큰민어를 수송하여 서로 비교하였다. 1차적 스트레스 반응요인으로서 코티졸 농도를 조사하였는데, Exp. I에서는 비선별군 보다 선별군에서 높은 농도를 나타냈다. 그러나 선별군에서는 수송 전후의 코티졸 수준에 유의한 차이가 없었으나, 비선별군에서는 유의한 증가를 나타냈다. 이는 1회의 스트레스(선별)를 경험한 어류가 다시 한번의 스트레스(수송)를 받더라도 약간의 코티졸 증가를 나타내 두번째의 스트레스에 대한 민감도가 떨어지는 것을 의미한다고 할 수 있다.

한편, Exp. II에서 넙치는 수송 후 코티졸 수준의 변화가 없었으나, 큰민어는 유의하게 증가하였는데, 이는 수송 중 수송수의 와동이 있는 활어조내에서 유영성 어류인 큰민어가 저서성인 넙치에 비해 더 많은 스트레스를 받았기 때문으로 추측된다. 본 연구에서의 조건은 같지 않으나, Waring et al. (1992)은 저서성인 가자미류(*Platichthys flesus*)와 유영성인 대서양연어(*Salmo salar*)에게 가두기 스트레스를 가한 경우, 대서양연어의 코티졸 농도가 보다 높았다고 한 것은 본 연구결과와 유사하였다. 또한 Chang et al. (2001)과 Hur et al. (2001)이 수온 급변과 수심 감소 및 어류 이동에 따른 스트레스 반응을 보고자, 넙치, 큰민어 및 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)를 대상으로 연구한 결과, 유영성 어류인 큰민어와 쥐노래미에서 넙치 보다 높은 코티졸 농도를 나타냈다고 언급한 점은 본 연구결과를 뒷받침해준다.

어류가 스트레스를 받을 때, 젖산농도는 운동성이 적은 어류 보다 운동성이 많은 어류에서 높게 나타난다고 하였다 (Wood and Perry, 1985; Milligan and Girard, 1993). Waring et al. (1992)은 글루코스와 젖산의 농도는 스트레스를 주지 않았던 어류보다는 스트레스를 준 어류에서 높게 나타난다고 하였다. Exp. II에서 큰민어는 코티졸과 젖산 농도가 증가하고 글루코스는 증가하지 않았는데, Barton and Iwama (1991)와 Davis et al. (1985)은 스트레스 시 분비되는 코티졸에 의해 간장의 글루코스 신생합성 효소의 활성이 높아짐에 따라 혈중 글루코스의 농도가 증가한다고 하였다. 그러나 본 연구의 Exp. II에서 큰민어는 코티졸과 젖산의 농도가 증가하였으나, 글루코스 농도는 오히려 감소하였다. 이러한 현상은 코티졸에 의해 증가했던 글루코스의 혈중 농도가 수송 중 스트레스로 과격하게

움직임으로써 근육운동에 필요한 에너지원으로 이용되어 글루코스의 혈중 농도가 낮은 값을 나타낸 것으로 추측된다. 더욱이 젖산농도도 유의하게 증가하지는 않았지만, 다소 높아진 점이 이를 증명해주고 있다. Exp. I에서 선별군의 수송 후 젖산 농도는 비선별군에 비해 유의차는 없지만 다소 높게 나타난 것도 선별시의 어류 동요에 의한 것으로 판단되며, 수송 중에 더욱 높은 값을 보일 가능성도 있다. 또한 삼투질 농도의 경우, 비선별군에서는 수송 전후 사이에 차이가 없었으나, 선별군에서는 유의한 차이를 보인 것은 Robertson et al. (1988)이 스트레스를 받으면 전해질의 혼란이 일어난다고 한 연구 결과와 일치한다. 그러나 Exp. I, II에서 삼투질 농도는 Chang et al. (1999)이 보고한 삼투질 농도와 유사한 값을 나타내 수송에 따라 약간의 변화가 일어났으나, 항상성 유지에는 문제가 없었던 것으로 판단된다. Exp. II에서 MCHC, Ht, RBC 및 Hb의 증가는 혈액의 산성화 현상, 비장의 축소로 추측되며, 젖산의 농도 증가가 이를 뒷받침해 주지만, 혈액의 pH와 비장내의 혈액 성분을 분석하지 않은 관계로 단정 짓기에는 문제가 있다. 어류의 수송시 스트레스는 어류의 생리적 변화와 폐사에 직접적으로 관련되기 때문에, 앞으로는 수송 과정 중에 있어서 어체 혈액의 산소수급 및 pH를 비롯한 제반 생리적 변화를 조사하여 어종별 생리적 특성에 알맞은 수송조건을 연구개발해 나가야 할 것이다.

요 약

활어운반 과정에서 나타날 수 있는 넙치와 큰민어의 스트레스 반응을 알아보고자 혈액학적 요인, 혈장의 코티졸, 글루코스, 젖산 및 삼투질 농도를 조사하였다.

Exp. I의 코티졸 농도는 선별 스트레스를 가하지 않은 그룹(비선별군)에서 수송 전에 5.0 ng/ml였으나, 선별 스트레스를 가한 그룹(선별군)에서는 23.5 ng/ml였다. 수송 후 비선별군에서 33.0 ng/ml로 유의하게 높아진 반면, 선별군에서는 38.5 ng/ml로 높아졌지만 수송 전과 차이를 보이지 않았다. 선별군의 삼투질 농도는 수송 전의 434.0 mOsm/kg로부터 수송 후 501.5 mOsm/kg으로 유의하게 높아졌으나, 비선별군은 수송 전후 사이에 차이를 보이지 않았다.

Exp. II에서 넙치의 RBC 변화는 수송 전 2.5×10^6 cell/ μ l, 수송 후 2.7×10^6 cell/ μ l, 큰민어는 수송 전 1.9×10^6 cell/ μ l, 수송 후 2.1×10^6 cell/ μ l로 차이를 보이지 않았

다. 넙치의 코티졸 농도는 수송 전의 27.7 ng/ml에 비해 수송 후에는 7.0 ng/ml로 낮아졌으나, 큰민어는 수송 전의 25.8 ng/ml로부터 수송 후 351.2 ng/ml로 유의하게 높아졌다. 글루코스는 넙치에서 수송 전의 39.0 mg/dl로부터 51.0 mg/dl로 높아졌고, 큰민어에서는 91.0 mg/dl로부터 26.4 mg/dl로 유의하게 낮아졌다.

감사의 글

이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비(1998-023-H00011)에 의하여 연구되었으며, 연구비를 지원하여 주신데 대하여 깊은 감사를 드립니다.

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.
- Barton, B. A., R. E. Peter and C. R. Paulence, 1980. Plasma cortisol levels of fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport and stocking. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 805-811.
- Carmichael, G. J., 1984. Long distance truck transport of intensively reared largemouth bass. *Prog. Fish-Cult.*, 46: 111-115.
- Carmichael, G. J., G. A. Wedemeyer, J. P. McCraren and J. L. Millard, 1983. Physiological effects of handling and hauling stress on smallmouth bass. *Prog. Fish-Cult.*, 45: 110-113.
- 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: in press (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).
- Davis, K. B. and N. C. Parker, 1986. Plasma corticosteroid stress response of fourteen species of warmwater fish to transportation. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115: 495-499.
- Davis, K. B., M. A. Suttle and N. C. Parker, 1984. Biotic and abiotic influences on corticosteroid hormone rhythms in channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*,

- 113 : 414-421.
- Davis, K. B., P. Torrance., N. C. Parker and M. A. Suttle, 1985. Growth, body composition, and hepatic tyrosine aminotransferase activity in cortisol fed channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque. J. Fish Biol., 27 : 177-184.
- 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).
- Milligan, C. L. and S. S. Girard, 1993. Lactate metabolism in rainbow trout. J. Exp. Biol., 180 : 175-193.
- Nikinmaa, M. A., N. T. Soivio and S. Lindgren, 1983. Hauling stress in brown trout (*Salmo trutta*): physiological responses to transport in fresh water or salt water, and recovery in natural brackish water. Aquaculture, 34 : 93-99.
- Robertson, L., P. Thomas and C. R. Arnold, 1988. Plasma cortisol and secondary stress responses of cultured red drum (*Sciaenops cellatus*) to several transportation procedure. Aquaculture, 68 : 115-130.
- Specker, J. L. and C. B. Schreck, 1980. Stress response to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37 : 765-769.
- Strange, R. J., C. B. Schreck and J. T. Golden, 1977. Corticoid stress responses to handling and temperature in salmonids. Trans. Am. Fish. Soc., 106 : 213-217.
- Waring, C. P., R. M. Stagg and M. G. Poxton, 1992. The effects of handling on flounder (*Platichthys flesus* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). J. Fish Biol., 41 : 131-144.
- Wood, C. M. and S. F. Perry, 1985. Respiratory circulatory and metabolic adjustments to exercise in fish. pp. 1-2. (in) Comparative Physiology and Biochemistry: Current topics and trends. (Ed.) A. R. Gilles. Berlin, Springer-Verlag.

(접수 : 2001년 3월 9일, 수리 : 2001년 3월 31일)