

Article

마취 수송에 따른 양식 은어(*Plecoglossus altivelis*)의 혈액성상 변화허준욱^{1*} · 박인석² · 고강희³ · 장영진⁴

¹한국해양대학교 해양과학기술연구소
²한국해양대학교 해양환경 · 생명과학부
 (606-791) 부산광역시 영도구 동삼동 1번지
³순천대학교 자연과학대학 식품과학부
 (540-742) 전남 순천시 매곡동 315
⁴부경대학교 수산과학대학 양식학과
 (608-737) 부산광역시 남구 대연3동 599-1

Changes of Hematological Characteristics of Cultured Sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) by Anaesthetic TransportJun Wook Hur^{1*}, In-Seok Park², Kang Hee Kho³, and Young Jin Chang⁴¹Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University²Division of Marine Environment & Bioscience, Korea Maritime University
Busan 606-791, Korea³Department of Food Science and Technology

Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea

⁴Department of Aquaculture, College of Fisheries Sciences
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract : To assess the effect of anaesthetic on stress response in cultured sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) during transportation, the levels of plasma cortisol, glucose, lactic acid, Na⁺, K⁺, Cl⁻, osmolality and survival were determined. The transportation was performed in square boxes where liquefied oxygen was saturated in polyethylene bags. Fish transportation was carried by car for 2 hours after anaesthesia with lidocaine-HCl/1,000 ppm NaHCO₃ in experiment. Mean plasma cortisol concentration before transportation was 170.7 ng/ml. After transportation, the levels of plasma cortisol increased to 518.5 ng/ml (Control), 461.9 ng/ml (Sham control), 369.4 ng/ml (20 ppm anaesthetic), 304.0 ng/ml (40 ppm anaesthetic), 405.7 ng/ml (80 ppm anaesthetic) and 499.1 ng/ml (160 ppm anaesthetic) in each experimental groups, respectively (P<0.05). However levels of glucose, lactic acid, Na⁺, Cl⁻ and osmolality in 40 ppm anaesthetic group did not show significant differences in this before and after transportation (P>0.05). These result reveal an anaesthetic lidocaine HCl/1,000 ppm NaHCO₃ is effective as sedative for transportation mixture in this species. This research provides baseline data on cortisol, glucose, lactic acid, Na⁺, K⁺, Cl⁻, osmolality and survival for anaesthetic transportation.

Key words : 마취 수송(Anaesthetic transport), 염산리도카인(lidocaine-HCl), 스트레스(stress), 혈액성상(hematological characteristic), 은어(sweetfish)

*Corresponding author. E-mail : hurjw@bada.hhu.ac.kr

1. 서 론

활어수송에 관한 연구는 연어과 어류를 중심으로 보고 되었으며(Specker and Schreck 1980; Milligan and Girard 1993), 치어의 방류시 폐사율을 최소화하기 위한 목적으로 진행되어 왔다. 또한 수송중 어체에 가해지는 스트레스에 관하여는 수용밀도(Specker and Schreck 1980), 수온(Davis et al. 1984; 장 등 2001; 허 등 2001) 및 염분(Robertson et al. 1988) 등의 여러가지 측면에서 복합적으로 연구되고 있다.

활어수송에는 주로 차량이나 선박이 수송수단으로 이용된다. 어류의 수송에 있어서 수송하기 전에도 여러가지 스트레스 요인이 작용한다. 그 요인으로는 가두기, 포획, 선별 작업, 사료공급 유·무 및 질병 감염 등을 들 수 있다. 이와 더불어, 활어수송전 스트레스는 수송도중과 수송후에 어체의 생존율 및 생리적 활성도에 영향을 줄 수 있는 요인이 된다. 수송후 생존율을 높이기 위한 방법연구로는 생리활성을 낮추는 방법으로 수온, 염분 및 마취제 등을 사용하여 생존율 측정, 산소 소비율 측정, 대사물질 배출 측정, 암모니아와 이산화탄소 배설 측정, 그리고 단위 수송체적당 운송 마리 수 파악을 실시한 바는 있다(Davis et al. 1984; Robertson et al. 1988; 박 등 1998). 그러나 이에 대한 수송 도중과 수송후에 생리활성 변화에 따른 스트레스 파악에 대한 연구 논문은 많지 않다.

한편, 어류에 대한 여러종류의 마취제가 개발되어 있으나 이들은 대부분 어류에 대하여 독성을 가지고 있어 연속사용이나 장시간 노출이 불가능한 실정이다(Siwicki 1984). Gilderhus and Marking(1987)에 의하면 어류 마취제로 사용시 독성(사용자나 어류에서의 안정성), 효율성, 가격성, 사용시의 규제와 사용 정도를 고려하여야 하며, 어류에 대한 이상적 마취제로서의 여러 제반 특성을 구비하여야 한다고 보고하였다. 또한 박 등(2003, 2004)은 마취제의 조건으로 첫째, 마취 시간은 3분 미만이면 마취제로 더욱 좋다; 둘째, 마취 후의 회복 시간은 5분 혹은 그 미만으로 짧아야 한다; 셋째, 대상 어류에는 무독성이어야 한다; 넷째, 취급하기 쉽고 사용시 사용자에게는 무해하여야 한다; 다섯째, 대상 어류의 생리나 행동에 영향을 주지 말아야 한다; 여섯째, 마취제가 빠르게 배출되거나 물질대사 되어 체내에 잔존하지 않아 사용정지 기간(Withdrawal period)이 요구되지 않아야 한다; 일곱째, 마취제의 반복 사용에 따른 누적 효과나 문제점들이 없어야 한다; 그리고 여덟째, 가격이 값싸야 한다고 하였다.

이러한 관점에서 염산리도카인[Lidocaine-HCl: 2-(diethylamino)-N-(2, 6-dimethyl phenylacetamide hydrochloride) - 중탄산나트륨(NaHCO₃)은 어류 마취제와 어류 운송을 위한 마취제로서의 제반 조건을 적절히 갖추고 있다. 특히

염산리도카인이 인체에 국소 혹은 국부 마취용으로 사용된다는 점을 고려시 "General recognized as safe(GRAS)"로서 그 안정성 또한 높다고 하였다(Schnick et al. 1986; 박 등 2003; 박 등 2004).

따라서 본 연구에서는 은어(*Plecoglossus altivelis*)에서의 효율적인 운반을 위한 연구의 일환으로, 어류에서 진정제(Sedative) 역할을 보이는 염산리도카인-중탄산나트륨을 사용하여 각 농도별 수송에 따른 혈액성상 변화를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

실험어와 실험조건

실험어류로 경상남도 밀양 인근에 위치한 육상수조식 은어양식장에서 사육중인 은어(*Plecoglossus altivelis*) 성어(평균 전장 19.2±6.3 cm, 평균 체중 87.6±27.7 g)를 이용하였다. 수송실험 전의 은어는 콘크리트 원형수조(50 m³, 수용적 35 m³)에서 사육되었으며, 수송실험은 24시간 절식시킨 어류를 포획하여 실시하였다. 수송용기는 종이봉지(20 l)로 여기에 담수 10 l와 액화산소를 함께 넣은 비닐봉지(20 l)에 각 10마리씩 수용하였다. 비닐봉지는 액화산소가 새어나오지 않도록 끝부분을 고무줄로 단단히 감았다. 수송은 120분간 차량수송을 하였는데, 은어양식장 소재의 밀양에서 한국해양대학교 수산유전육종학 연구실의 임해양식장까지 육로로 약 90 km였다. 수송시 수온은 18.2±0.6°C, 용존산소는 6.2±1.1 ppm이었다. 이외 다른 항목들의 수송 도중 변화는 없었다.

마취 처리수의 중화와 마취 효과 증대를 위해(Carrasco et al. 1984; 박 등 1988) NaHCO₃(중탄산나트륨) 최종농도를 1,000 ppm으로 한 후 염산리도카인(친화약품 Co., 한국) 농도를 각각 20, 40, 80 및 100 ppm으로 설정하였다. 아울러 대조군 및 Sham 대조군(NaHCO₃ 1,000 ppm 첨가구)를 역시 설정하였다.

채혈 및 혈액분석

채혈시각과 샘플수는 수송 30분전 8마리와 수송 직후(2시간째) 각각의 실험구에서 8마리씩 샘플하였다. 실험어로 부터의 채혈은 20 IU/ml Heparin sodium 처리한 3 ml 주사기로 마취없이 1분 이내에 미병부의 혈관에서 채혈하였다. 개체별로 채취한 혈액은 Microtube(1.5 ml)에 분주하였다. 이중 혈액성상 분석용 시료는 즉시 혈액분석기(Excell 500, USA)로 분석하였으며, 혈장분석용 시료는 실온에서 20분간 방치한 다음, 5,600 g로 5분 동안 원심분리(MF 550 Hanil centrifuge, Korea)에 의해 혈장을 추출하여 -70°C의 냉동고(CLN-500 UW NIHON Freezer, Japan)에 보관하였다.

Cortisol 농도는 Donaldson(1981)의 방법에 따라 Coat-A-Count TKCO Cortisol RIA Kit(DPC, USA)로 항원-항체 반응을 유도한 다음, 1470 WIZARD Automatic Gamma Counter(EG and G Wallac, Finland)를 사용하여 Radio-immunoassay(RIA)에 의해 측정하였다. Glucose, lactic acid, Na^+ , Cl^- 및 K^+ 농도는 Chemistry System(VITROS

DT60II, VITROS DTEII, DTSCII Chemistry System, Johnson and Johnson Clinical Diagnostics Inc., USA)에 의해 분석하였다. 혈장의 삼투질 농도는 Na^+ 의 함유량에 따라 동결점이 다른 것을 응용하여, Micro osmometer (3MO Plus, Advanced Instruments Inc., Massachusetts, USA)로 측정하였다. 생존율은 수송후 폐사 개체를 산정하여 계산하였다.

각 실험에서 얻어진 값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계 패키지(SPSS 9.0, SPSS Inc., USA)에 의한 ANOVA 및 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

3. 결 과

Cortisol 농도는 수송전 170.7 ± 31.9 ng/dl로 부터, 수송후 마취제를 사용하지 않은 그룹인 대조구는 518.5 ± 66.4 ng/dl로 높아졌으며, 중탄산나트륨만을 사용한 Sham 대조구는 461.9 ± 30.1 ng/dl로 나타났다(Fig. 1). 중탄산나트륨 1,000 ppm에 마취제 리도카인을 각각 20, 40, 80 및 160 ppm 첨가한 실험구는 369.4 ± 48.8 ng/dl, 304.0 ± 9.6 ng/dl, 405.2 ± 11.0 ng/dl 및 499.1 ± 35.4 ng/dl로 수송전 보다는 유의하게 높아졌다($P < 0.05$). Glucose 농도는 수송전 58.0 ± 2.0 mg/dl로 부터 수송후 대조구에서 96.3 ± 0.6 mg/dl로 가장 높아진 값을 보였다(Fig. 1). 20 ppm과 40 ppm의 마취제 실험구에서는 Glucose 농도가 63.5 ± 2.1 mg/dl와 67.3 ± 2.9 mg/dl로 나타났다($P > 0.05$). Lactic acid 함량은 수송전 3.9 ± 0.4 mmol/l로부터 수송후 대조구와 Sham 대조구에서 각각 12.0 ± 1.2 mmol/l, 12.5 ± 1.5 mmol/l로 유의하게 높아졌다($P < 0.05$)(Fig. 1). 40, 80 및 160 ppm의 마취제 실험구는 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$).

Na^+ 는 수송후 대조구에서 146.9 ± 4.2 mEq/l로 수송전 134.7 ± 0.6 mEq/l보다 유의하게 높아졌다($P < 0.05$). 그러나 20과 40 ppm의 마취제 실험구에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$)(Table 1).

K^+ 는 수송후 모든 실험구에서 수송전 값보다 낮아진 값을 나타냈다(Table 1). Cl^- 는 수송전 107.7 ± 3.1 mEq/l로부터 160 ppm의 마취제 실험구에서는 114.3 ± 4.0 mEq/l로 유의하게 높아졌다($P < 0.05$)(Table 1). 다른 마취제 실험구들은 수송전과 수송후에서 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 삼투질 농도의 변화는 수송전 315.2 ± 10.9 mOsm/kg으로부터 20과 40 ppm의 마취제 실험구에서는 각각 329.2 ± 12.1 mOsm/kg, 321.2 ± 6.5 mOsm/kg로 차이를 보이지 않았으나, 다른 실험구에서는 유의하게 높아졌다($P < 0.05$)(Table 1).

수송후 생존율은 160 ppm의 마취제 실험구에서 70.0%로 가장 낮은 값을 보였으며, 다른 실험구에서는 90.0% 이상을 나타냈다(Fig. 2).

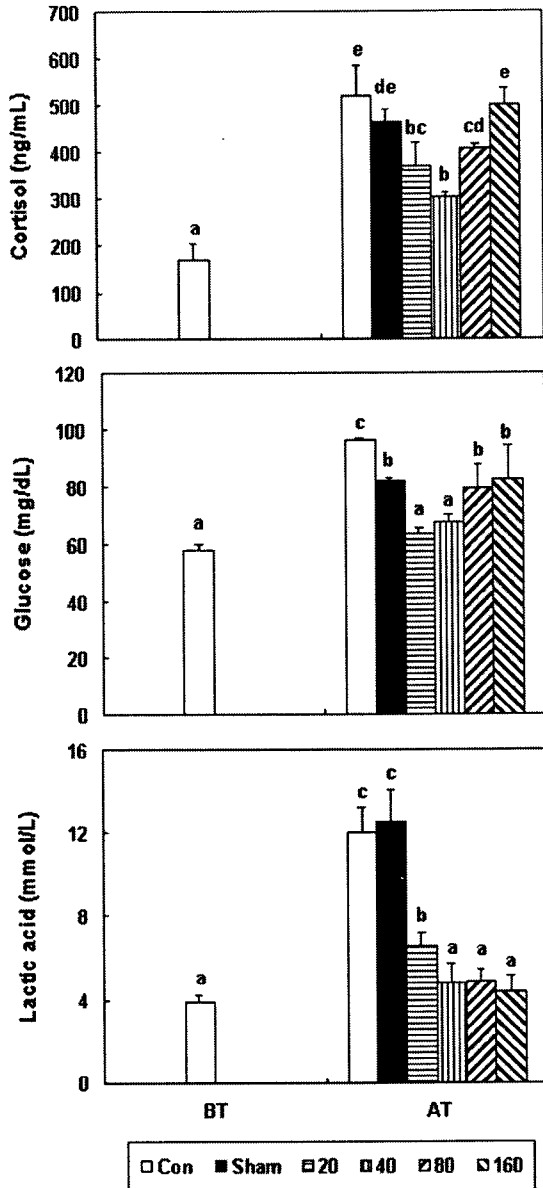


Fig. 1. Comparison of the cortisol, glucose and lactic acid levels in cultured sweetfish before and after 2 hours anaesthetic transport. The values are mean \pm SD ($n = 8$). The same alphabetic letters are not significantly different ($P > 0.05$). AT: after transportation, BT: before transportation.

Table 1. Comparison of the Na⁺, K⁺, Cl⁻ and osmolality in cultured sweetfish before and after 2 hours anaesthetic transport.

Dose (ppm)	Na ⁺ (mEq/l)		K ⁺ (mEq/l)		Cl ⁻ (mEq/l)		Osmolality (mOsm/kg)	
	BT	AT	BT	AT	BT	AT	BT	AT
Con	134.7±0.6 ^a	146.7±4.2 ^b	4.5±1.3 ^b	2.8±0.5 ^a	107.7±3.1 ^a	108.7±4.2 ^{ab}	315.2±10.9 ^a	345.2±4.2 ^b
Sham	134.7±0.6 ^a	144.7±8.1 ^b	4.5±1.3 ^b	2.1±0.1 ^a	107.7±3.1 ^a	110.0±9.0 ^{ab}	315.2±10.9 ^a	342.8±9.2 ^b
20	134.7±0.6 ^a	142.7±4.7 ^{ab}	4.5±1.3 ^b	2.0±1.0 ^a	107.7±3.1 ^a	108.3±4.5 ^{ab}	315.2±10.9 ^a	329.2±12.1 ^{ab}
40	134.7±0.6 ^a	140.0±3.5 ^{ab}	4.5±1.3 ^b	2.2±0.3 ^a	107.7±3.1 ^a	104.3±5.5 ^{ab}	315.2±10.9 ^a	321.2±6.5 ^a
80	134.7±0.6 ^a	146.3±3.5 ^b	4.5±1.3 ^b	1.7±0.4 ^a	107.7±3.1 ^a	107.3±3.8 ^{ab}	315.2±10.9 ^a	339.1±2.6 ^b
160	134.7±0.6 ^a	146.3±2.3 ^b	4.5±1.3 ^b	2.6±0.3 ^a	107.7±3.1 ^a	114.3±4.0 ^b	315.2±10.9 ^a	346.2±5.0 ^b

Note. The values are mean±SD (n=8). Means within each item followed by the same alphabetic letter are not significantly different (P>0.05). AT: after transportation, BT: before transportation.

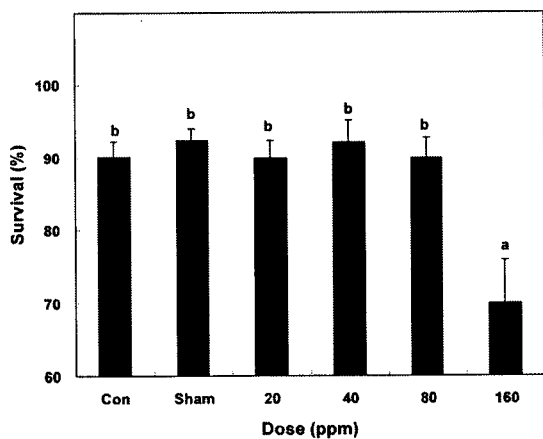


Fig. 2. Survival of cultured sweetfish before and after 2 hours anaesthetic transport. The values are mean ±SD (n=8). The same alphabetic letters are not significantly different (P>0.05).

4. 토 의

인체용 마취제인 리도카인은 비교적 무독하며 지속시간이 길어서 의학계에서는 1940년대부터 국소마취제로 널리 사용되고 있으며(Bigger and Mandel 1970), 몇 종의 어류에서 뛰어난 마취효과를 보임이 보고된 바 있다(Carrasco et al. 1984; 김 등 1988; 박 등 1988, 2003, 2004; 정 등 1994). 또한 리도카인은 그 가격이 저렴하고 재사용도 가능하기 때문에, 어류의 운반이나 실험을 위한 어류 취급시 효과적인 마취제로 사용될 수 있다고 보고된 바 있다(박 등 1988). 마취제 염산리도카인/1,000 ppm NaHCO₃를 어류 운반시 마취제로 적용한 최초 보고는, 박 등(1998)에 의한 버들개, *Rhynchocypris steindachneri* 운송 실험이었다. 이때, 용존산소, Ventilation rate, Ammonia 성 질소 및 pH를 측정된 결과, 실험후 6시간 동안 마취제 염산리도카인/1,000 ppm NaHCO₃ 처리구는 대조구 및 Sham 대조구에 비하여 각 수질 Parameter에서 낮게 나타

났으며, 처리구내에서도 이와같은 현상이 농도 의존적으로 나타난 바 있다.

마취제 염산리도카인/1,000 ppm NaHCO₃를 각 농도별로 운송 2시간 동안 은어(*Plecoglossus altivelis*)에 사용한 결과, 혈장 Cortisol 농도는 수송전 보다 수송후에 Cortisol이 높아지는 경향을 보여 일반적인 스트레스에 따른 반응을 보여주었다. 어류가 스트레스를 받으면, 1차 반응(호르몬 반응)으로 Cortisol이 증가되고, 2차 반응(대사 반응)으로 Glucose가 증가되는 것으로 알려져 있다(Barton and Iwama 1991; Thomas and Robertson 1991). 이는 스트레스를 받을 때 분비되는 Cortisol의 작용으로 인하여 글루코스 신생합성(Gluconeogenesis)의 효소에 대한 활성이 높아짐에 따라 Glucose의 분비량이 증가되기 때문이다(Barton and Iwama 1991; Davis et al. 1985). 본 연구에서는 대조구를 비롯한 Sham 대조구 및 마취제 모든 실험구에서 이러한 반응을 나타내었다.

수송전 Cortisol 농도는 다른 어종의 스트레스 실험 결과에 비하여 높게 나타났으며, 이는 아마도 수송전 다른 스트레스 요인에 의해 높게 나타난 것으로 추측된다. 본 연구 결과의 수송전 Cortisol 농도는 Iguchi et al.(2003)이 은어를 사용하여 스트레스를 주기 전의 Cortisol 농도인 10 ng/ml 이하의 보고와 비교시 아주 높게 나타났다. 스트레스를 받지 않은 상태에서 Cortisol 농도는 연어류에서 30~40 ng/ml(Pickering and Pottinger 1989), 넙치(*Paralichthys olivaceus*)에서 0.3~22.7 ng/ml(허 등 2003), 큰민어(*Nebea japonica*)에서 5.2~25.8 ng/ml(허 등 2001)로 보고하였다. 여타 어류에 비하여 본 실험에서 나타난 수송전 높은 Cortisol 농도는 2가지 측면에서 추측하여 볼 수 있다. 즉, 은어의 산란은 10~11월에 이루어지나 일반적인 양식장에서 광주기를 조절하여 성숙을 억제시켜서 이로 인하여 만성스트레스로 작용하였거나, 포획시 좁은 곳으로 이동한 스트레스 영향이 다른 어류에 비하여 빠르게 나타난 것으로 추측하여 볼 수 있다.

Cortisol, Glucose 및 Lactic acid를 서로 비교하였을 때,

40 ppm 마취제 실험구에서 다른 마취제 실험구에 비하여 수송을 위한 리도카인 마취 농도가 적당한 것으로 사료된다. 다른 농도와 비교하였을 경우, 40 ppm 마취제 실험구는 Cortisol은 유의하게 상승하였으나, 다른 실험구 보다는 낮게 상승하였고, Glucose와 Lactic acid, Na^+ , Cl^- 및 삼투질 농도에서 수송전과 수송후 차이를 보이지 않아, 다른 마취제 실험구에 비하여 스트레스 반응이 낮은 것으로 나타났다. 어류용 마취제들은 마취 작용뿐 아니라 그 자체가 어류에 대하여 스트레스 인자로 작용하여 혈액성상에 변화를 준다고 하였다(Barton and Peter 1982; Tort *et al.* 2002; Wagner *et al.* 2002). 어류를 채란, 채정, 표지, 계측, 혈액 채취 및 수술 등을 위해서는 마취를 회복 가능한 완전 마취로 취급에 지장이 없을 정도로 시행하여야 하나, 수송과 같은 경우에는 완전 마취를 하였을 경우 폐사로 이어질 수 있기 때문에 저농도에서 진정(Sedative) 효과가 있는 적정 마취제 농도를 찾아야 할 것이다.

한편, 마취제를 어류 운송시에 첨가제로 사용하는 방법도 시도되어, Carmichael *et al.*(1984)은 Largemouth black bass, *Micropterus salmoides*의 운송시 MS-222(Tricaine methanestulfonate)를 사용하여 생존을 증가 효과를 관찰하였다. Nemoto(1957)는 자바틸라피아, *Oreochromis mossambicus*에 Sodium amytal를 사용하여 산소소비율을 약 1/3 정도 줄였으며, Ferreira *et al.*(1984)는 자바틸라피아에 Benzocaine-hydrochloride 사용시, 암모니아와 이산화탄소 배설을 줄인 바 있다. 부루길, *Lepomis macrochirus*인 경우 MS-222 사용시, 단위 운송 체적당 운송 마리수의 증가 효과를 보았으며(Webb 1958), Playfish, *Xiphophorus maculatus* (Günther)에 마취제 2-phenoxyethanol, Quinaldine sulphate, Metomedate와 MS-222를 사용시, 2-phenoxyethanol, Quinaldine sulphate은 대사물질의 배설을 감소시켰고 MS-222는 암모니아 배설 감소를 나타내었다(Guo *et al.* 1995).

본 연구에서 나타난 40 ppm 마취제 실험구의 Cortisol, Glucose, 삼투압 조절 항목인 Na^+ , Cl^- 및 삼투질 농도에 다른 마취제 실험구에 비하여 수송전과 차이를 보이지 않아, 마취 수송을 위한 진정작용이 가장 좋은 것으로 나타났다. 본 결과인 Stress 감소 현상은 마취제 염산리도카인/1,000 ppm NaHCO_3 에 의한 은어에서의 2시간 운송시 진정효과에 기인된 것으로 보인다. 이러한 진정효과는 벼들개의 6시간 운송실험시 Ventilation rate 감소 및 용존산소, Ammonia성 질소, pH 등의 수질 Parameter 감소 즉, 물질대사의 저하현상으로도 나타난 바 있다(박 등 1998).

생존율의 경우, 마취제 독성효과를 보인 160 ppm의 마취제 실험구를 제외하고는 생존율에 있어서는 차이를 보이지 않았다. Lactic acid는 40 ppm 이상의 마취제 실험구

에서 수송전과 차이를 보이지 않았는데, 이는 마취제에 의한 활동성이 억제되어 증가되지 않는 것으로 보여진다. 아울러 대조구와 Sham 대조구는 마취 작용이 없어 Lactic acid 증가된 것으로 보이며, 20 ppm 마취제 실험구의 경우에는 마취 농도가 낮아서 Lactic acid 높아진 것으로 사료된다.

이상의 연구 결과 18°C에서 은어의 수송을 위한 리도카인 마취 적정 농도는 40 ppm 마취제 실험구에서 가장 적당한 것으로 나타났다. 그러나 본 연구는 수송 직후 일정 항목을 조사한 결과로, 수송후의 경과 시간에 따라서, 그리고 수송시 더욱 다양한 조건에 의해 본 연구에서 파악한 Parameter의 반응 양상이 다르게 나타날 수 있어, 이러한 것들에 대하여는 차후 자세한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

5. 결 론

양식 은어(*Plecoglossus altivelis*) 수송시 마취제 사용에 따른 혈장의 Cortisol, Glucose, Lactic acid, Na^+ , K^+ , Cl^- , 삼투질 농도 및 생존율을 조사하였다. 수송용기는 종이봉지(20 l)로 여기에 담수 10 l와 액화산소를 함께 넣은 비닐봉지(20 l)에 10마리씩 수용하였다. 수송은 120분간 차량 수송을 하였는데, 은어양식장소재인 밀양에서 한국해양대학교 수산유전육종학연구소 임해양식장까지 육로로 약 90 km였다. 염산리도카인/1,000 ppm NaHCO_3 로 마취시, 수송전 Cortisol 농도는 170.7 ng/ml로 부터 수송후 각각 518.5 ng/ml(대조구), 461.9 ng/ml(Sham 대조구), 369.4 ng/ml(20 ppm 마취제), 304.0 ng/ml(40 ppm 마취제), 405.7 ng/ml(80 ppm 마취제) 및 499.1 ng/ml(160 ppm 마취제)로 높아졌다($P < 0.05$). 40 ppm 마취제 실험구의 Glucose, Lactic acid, Na^+ , Cl^- 및 삼투질 농도는 수송전과 수송후 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$). 이와같은 연구 결과, 마취제 lidocaine HCl/1,000 ppm NaHCO_3 는 본 종의 운반시 효과적인 진정제 역할을 하였다. 본 연구는 어류 수송시 혈액내 Cortisol, Glucose, Lactic acid, Na^+ , K^+ , Cl^- , 삼투질 농도 및 생존율에 대한 기준치를 제시함으로써, 은어의 생산성 향상과 다른 어류의 생리 연구에 활용될 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단 지원인 「2004년도 한국해양대학교 해양과학기술연구소 중점연구소 지원사업(KRF-2004-005-F00003)」에 의하여 수행되었음에 감사드립니다. 또한, 본 논문을 세밀하게 지적, 수정하여 논문 질을 향상시킨 익명의 심사자들에게도 감사드립니다.

참고문헌

- 김동수, 방인철, 전세규, 김연환. 1988. 인체용 마취제인 리도카인이 수 종의 양식어류에 미치는 효과. *한국어병학회지*, 1, 59-64.
- 박인석, 김종만, 김연환, 김동수. 1988. 해산어류에 대한 리도카인의 마취효과. *한국어병학회지*, 1, 123-130.
- 박인석, 임철호, 최문술. 1998. 버들개, *Rhynchocypris steindachneri* 운송을 위한 마취제 lidocaine-hydrochloride의 평가. *한국수산학회지*, 31, 785-790.
- 박인석, 조진희, 이수진, 김유아, 박기의, 허준욱, 유종수, 송영채. 2003. 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*에 대한 염산 리도카인-중탄산나트륨과 MS-222의 마취 효과. *한국수산학회지*, 36, 449-453.
- 박인석, 허준욱, 송영채, 임재현, S.W. Johnson. 2004. Winter flounder, *Pleuronectes americanus*에 대한 염산리도카인-중탄산나트륨의 마취효과. *Ocean and Polar Res.*, 26, 475-480.
- 장영진, 허준욱, 문승현, 이정희. 2001. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)와 큰민어(*Nibea japonica*)의 활어 수송시 나타나는 스트레스 반응. *한국양식학회지*, 14, 57-64.
- 정준기, 정순윤, 이태웅, 최동립. 1994. Lidocaine이 잉어(*Cyprinus carpio*)의 혈액성상에 미치는 영향. *한국어병학회지*, 7, 53-62.
- 허준욱, 장영진, 임한규, 이복규. 2001. 양식어류의 선별과정 중 수심감소와 어류의 수조이동에 따른 스트레스 반응. *한국수산학회지*, 34, 465-472.
- 허준욱, 최철영, 장영진, W.H. Neill. 2003. 가두기와 활어수송 스트레스가 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 생리조건에 미치는 영향. *한국양식학회지*, 16, 135-141.
- 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. *Ann. Rev. Fish Dis.*, 1, 3-26.
- Barton, B.A. and R.E. Peter. 1982. Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson to various transport conditions anaesthesia and cold shock. *J. Fish Biol.*, 20, 39-51.
- Bigger, J.T. Jr. and W.J. Mandel. 1970. Effects of lidocaine on the electrophysiological properties of ventricular muscle and purkinje fibers. *J. Clin. Invest.*, 49, 63-77.
- Carmichael, G.J., J.R. Tomasso, B.A. Simco, and K.B. Davis. 1984. Characterization and alleviation of stress associated with hauling largemouth bass. *Trans. Am. Fish Soc.*, 113, 778-785.
- Carrasco, S., H. Sumano, and R. Navahro-Fierro. 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as anaesthetic in fish. *Aquaculture*, 41, 395-398.
- 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.
- Donaldson, E.M. 1981. The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. p. 11. In: *Stress in fish*. ed. by A.D. Pickering. Academic Press, London.
- Ferreira, J.T., H.J. Schoonbee, and G.L. Smith. 1984. The use of benzocaine-hydrochloride as an aid in the transport of fish. *Aquaculture*, 42, 169-174.
- Gilderhus, P.A. and L.L. Marking. 1987. Comparative efficacy of quinaldine sulfate: MS-222 mixtures for the anesthetization of freshwater fish. U.S. Fish Wild. Serv., Invest. Fish Control. 59 p.
- Guo, F.-C., L.-H. Teo, and T.-W. Chen. 1995. Effects of anaesthetics on the water parameters in simulated transport experiment of platyfish, *Xiphophorus maculatus* (Günther). *Aquacul. Res.*, 26, 265-271.
- Iguchi, K., K. Ogawa, M. Nagae, and F. Ito. 2003. The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture*, 220, 515-523.
- Milligan, C.L. and S.S. Girard. 1993. Lactate metabolism in rainbow trout. *J. Exp. Biol.*, 180, 175-193.
- Nemoto, C.M. 1957. Experiments with methods for air transport of live fish. *Prog. Fish Cult.*, 19, 147-157.
- Pickering, A.D. and T.G. Pottinger. 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiol. Biochem.*, 7, 253-258.
- 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.
- Schnick, R.A., F.R. Meyer, and D.F. Walsh. 1986. Status of fishery chemicals in 1985. *Prog. Fish Cult.*, 48, 1-17.
- Siwicki, A. 1984. New anaesthetic for fish. *Aquaculture*, 38, 171-176.
- 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.
- Thomas, P. and L. Robertson. 1991. Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, 96, 69-86.

-
- Tort, L., M. Puigcerver, S. Crespo, and F. Padros. 2002. Cortisol and haematological response in sea bream and trout subjected to the anaesthetics clove oil and 2-phenoxyethanol. *Aquac. Res.*, 33, 907-910.
- Wagner, E., R. Arndt, and B. Hilton. 2002. Physiological stress responses, egg survival and sperm motility for rainbow trout broodstock anesthetized with clove, tricaine methanesulfonate or carbon dioxide. *Aquaculture*, 211, 353-366.
- Webb, R.T. 1958. Distribution of bluegill treated with tricaine methanesulphonate (MS-222). *Prog. Fish Cult.*, 20, 69-72.
-
- Received Dec. 9, 2004*
Accepted Feb. 16, 2005