

버들개, *Rhynchocypris steindachneri* 운송을 위한 마취제 lidocaine-hydrochloride 의 평가

박인석 · 임철호 · 최문술
군산대학교 해양자원육성학과

The Evaluation of Lidocaine-hydrochloride as Anaesthetic for the Transportation of *Rhynchocypris steindachneri*

In-Seok PARK, Chel Ho LIM and Moon Sul CHOI

Department of Marine Living Resources, Kunsan National university, Kunsan 573-701, Korea

The experimental transportation of *Rhynchocypris steindachneri* was carried out to study the effects of lidocaine-hydrochloride on water parameters. The dissolved oxygen, ventilation rate, ammonia nitrogen, and pH of control group, sham control group, and lidocaine-hydrochloride treated groups of 2.5 ppm, 5 ppm, 10 ppm and 20 ppm at time of 30 min, 60 min, 90 min, 120 min, 240 min and 360 min after elapsed from treatment were tested. During the experiment time it was found that lidocaine-hydrochloride treated groups were most effective, followed by sham control and control, in decreasing the oxygen consumption and the excretion of ammonia by the fish. There were lidocaine-hydrochloride dose-related decrease in oxygen consumption and the excretion of ammonia. Decreasing in pH value of lidocaine-hydrochloride groups and sham control group was much more higher than that of control group. These results reveal lidocaine-hydrochloride is effective as sedative for transportation mixture in *R. steindachneri*.

Key words: anaesthetic, lidocaine-hydrochloride, *Rhynchocypris steindachneri*, transportation

서 론

어류의 취급이나 운송시 어류에게 stress가 주어질 수 있으며, 특히 고밀도로 장시간에 걸친 운반인 경우 대량 폐사를 일으킬 수도 있다 (Ferreira *et al.*, 1984; Staurnes *et al.*, 1994). 양식산업이 성장함에 따라 활어의 운송은 더욱 필요하며, 운송시 어류의 stress를 줄이고 대량폐사가 없도록 하여 고밀도로 운송하는 방법은 운송비 절감 차원에서도 중요하다 (Staurnes *et al.*, 1994). 어류를 한 장소에서 다른 장소로 효율적으로 운송할 수 있는 장비와 기법들이 꾸준히 개선되고 개발되고 있다. 어류 운송의 성공율을 높이려는 이러한 기법 중에서 운송수에 염화나트륨을 사용하거나, 혹은 보편적이지는 않지만 값싸고 무독성인 소금을 사용하면 어류의 운송시 생존율 증가와 stress 감소효과를 얻을 수 있으며 (Tomasso *et al.*, 1980; Carmichael *et al.*, 1984; Carmichael and Tomasso, 1988), 또한 저농도 칼슘을 비롯한 값싼 염화칼슘을 사용하면 어류 취급과 운송시 효과적 (Grizzle *et al.*, 1985; Carmichael and Tomasso, 1988)이라는 보고도 있다.

한편, 마취제를 어류 운송시에 사용하는 방법도 시도 되어, Carmichael *et al.* (1984)은 largemouth black bass, *Micropterus salmoides*의 운송시 MS-222 (tricaine methanesulfonate)를 사용하여 생존율 증가 효과를 관

찰하였고, Nemoto (1957)는 자바틸라피아, *Oreochromis mossambicus*에 sodium amyral를 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), platyfish, *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).

인체용 마취제인 염산리도카인[lidocaine-HCl: 2-(diethylamino)-N-(2,6-dimethylphenyl) acetimide hydrochloride]은 수용성 백색 분말로서 Carrasco *et al.*, (1984)이 어류에 적용한 이래, 어류 마취제로서의 효과성, 경제성, 재사용 가능성, 무독성 및 부작용이 없는 장점 때문에 어류 마취제로 이용하려는 지속적인 연구가 있었다 (Summerfelt and Smith, 1990). 국내에서 이와같은 염산리도카인을 양식대상 어류 마취제로 연구한 보고는 Kim *et al.*, (1988)과 Park *et al.*, (1988)이 각각 담수어 및 해산어를 대상으로 염산리도카인의 마취 효과를 조사한 바 있고 Chung *et al.*, (1994)은 잉어, *Cyprinus*

*carpio*에서 염산리도카인에 의한 혈액 성상을 조사한 바 있다. 본 연구는 잉어과 (Cyprinidae), 황어아과 (Leuciscinae)에 속하고, 국내 동해안으로 유입되는 하천 중, 강릉 남대천과 그 이북의 하천에 서식하며 중국의 북부, 만주 및 일본의 북부와 연해주 등지에 분포하는 (Chung, 1979; Min and Yang, 1986; Kim, 1997), 버들개, *Rhynchocypris steindachneri*를 대상으로 어체에 stress를 줄이고 효율적인 운송 효과를 얻기 위하여, 염산리도카인의 농도별 처리 시간 경과에 따른 ventilation rate와 여러가지 수질 parameter를 조사하여 염산리도카인에 의한 버들개의 운송 효과를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어 및 마취제

실험에는 군산대학교 해양자원육성학과 유전육종학 사육실에서 사육중인, 평균체중 11.0 ± 0.5 g의 버들개, *Rhynchocypris steindachneri*를 사용하였다. 마취제로는 의약품용 염산리도카인 (lidocaine-HCl, 친화약품)을 stock 용액으로 사용하였다.

실험방법

각 염산리도카인 실험군은 원형 유리수조 (ϕ 230×185 mm)에 수온 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 의 3 l (여과 사육수: 지하수=1:2) 희석수를 채운후, NaHCO_3 의 농도가 1,000 ppm이 되게 하고 염산리도카인 농도는 2.5 ppm, 5 ppm, 10 ppm 및 20 ppm으로 조정하였다. 대조군은 희석수만을 사용하였으며, sham 대조군은 NaHCO_3 를 1,000 ppm 농도로 조정하여 실시하였다. 버들개를 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인군에 각 10마리씩 수용시키고 수조 상부는 laboratory sealing film (Whatman, USA)으로 감쌌다. 실험 시작시 및 실험후 30분, 60분, 90분, 120분, 240분 및 360분에 각 수조에 부착된 개폐조절이 가능한 사이펀 (ϕ 5 mm)으로 처리수를 각각 100 ml을 채수하여 수질을 측정하였고 ventilation rate와 사망율도 조사하였다. 모든 실험은 차광 상태 하에서 실시하였고 실험은 3반복 실시하였다.

수질분석

대조군, sham 대조군 및 염산리도카인 각 농도별 실험군을 대상으로 실험후 시간 별로 DO (dissolved oxygen, 용존산소), ammonia성 질소 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 및 pH를 측정하였다. 수질분석은 standard method (APHA et al., 1992)에 의하여 수행하였다. Ammonia성 질소 측정은 암모늄염이온이 차염소산 공존하에 페놀과 반응하여 생성된 청색

의 인도페놀을, 630 nm의 흡광도에서 측정하는 phenate method로 수행하였다. 용존산소는 용존산소 측정기 (YSI model 57, Yellow Spring Instrument Co. Inc, USA)로, pH는 pH 측정기 (Orion 290A, Orion Research Inc, USA)로 각각 측정하였다.

결 과

DO

실험 과정중 버들개의 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인군에서 사망 개체는 없었다. Fig. 1 에서와 같이 대조군, sham 대조군 및 각 염산리도카인군의 실험 시작시 DO는, 9.99 ± 0.21 ppm 이었으나 실험후 120분 까지 급격한 감소를 보였다. 그 감소 경향은 대조군, sham 대조군, 염산리도카인군 순으로 컸으며, 염산리도카인군 중에서도 저농도 일수록 커서 실험후 120분에서의 DO는, 대조군 2.85 ± 0.11 ppm, sham 대조군 2.98 ± 0.12 ppm, 2.5 ppm 염산리도카인군 3.10 ± 0.12 ppm, 5 ppm 염산리도카인군 3.20 ± 0.15 ppm, 10 ppm 염산리도카인군 4.09 ± 0.20 ppm, 20 ppm 염산리도카인군 4.63 ± 0.30 ppm 수준이었다. 따라서 실험 120분 후에서의 DO 농도는 sham 대조군이 대조군에 비해 4.6% 높았으며, 각 염산리도카인군들은 대조군 및 sham 대조군에 비해 각각 8.8~62.5% 및 4.0~55.4%나 높았으며 염산리도카인의 처리농도 증가에 따라 DO 농도도 높았다.

한편 실험시작 120분 이후 부터 실험을 마친 실험시작 360분 후까지 DO 농도는 비교적 큰 차이가 없었다 (Fig. 1). 즉 실험시작 240분후 및 실험시작 360분후에서의 대조군, sham 대조군, 2.5 ppm-, 5 ppm-, 10 ppm-, 20 ppm-염산리도카인군의 DO는 각각 2.60 ± 0.10 ppm과 2.49 ± 0.10 ppm, 2.82 ± 0.09 ppm과 2.24 ± 0.09 ppm, 2.64 ± 0.08 ppm

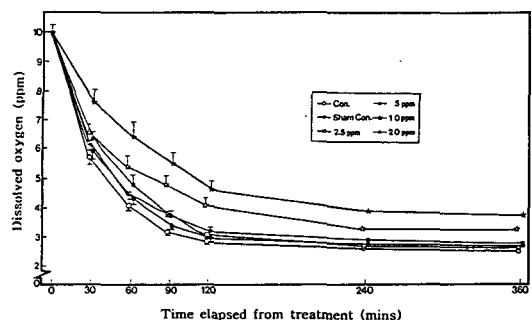


Fig. 1. The time-course change of dissolved oxygen in *Rhynchocypris steindachneri* at various doses of anaesthetic lidocaine-HCl.

과 2.59 ± 0.08 ppm, 2.87 ± 0.08 ppm과 2.73 ± 0.09 ppm, 3.27 ± 0.07 ppm과 3.24 ± 0.10 ppm, 3.92 ± 0.10 ppm과 3.74 ± 0.10 ppm 이었다. 그리고 실험시작 240분 후에서의 염산리도카인균들은 대조군에 비해 1.5~50.8% DO 농도가 높았으며, 2.5 ppm 염산리도카인균이 sham 대조군에 비해 6.8%의 낮은 DO를 보인것을 제외하고는, 염산리도카인균은 sham 대조군에 비해 1.8~39.0%나 DO 농도가 높았다.

Ventilation rate

Fig. 2-a 에서와 같이 버들개의 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인균의 실험 시작시 ventilation rate는 68.3 ± 3.1 회/분 이었다. 대조군의 ventilation rate는 실험시작 60분 후까지 급격히 증가하여 실험시작 60분 후에는 156.0 ± 6.5 회/분 이었지만, 실험 종료시는 141.9~153.4회/분로 큰 변동 없이 안정상태를 나타내었다. Sham 대조군 및 2.5 ppm 염산리도카인균의 ventilation rate는 실험시작 90분 후까지 급격히 증가하여 실험시작 90분 후에는 각각 144.4 ± 5.2 회/분, 136.2 ± 4.9 회/분 이었으며, 이후 실험 종료시 까지 각각 143.3 ± 4.0 회/분과 136.7 ± 3.6 회/분으로 안정상태를 보였다. 5 ppm 염산리도카인균의 ventilation rate는 실험시작 120분 후까지 증가하여 실험시작 120분 후에 136.7 ± 3.8 회/분 이었으며, 실험시작 240분 후, 실험시작 360분 후에는 각각 131.6 ± 3.9 회/분, 131.8 ± 3.5 회/분으로 실험시작 120분 이후에는 ventilation rate가 거의 유사하였다. 10 ppm- 및 20 ppm- 염산리도카인균의 ventilation rate는 실험종료시 까지 완만하게 증가하여 실험시작 240분 후에는 각각 138.9 ± 4.0 회/분, 136.2 ± 3.1 회/분 이었으며, 실험시작 360분 후에는 각각 147.1 ± 2.8 회/분, 48.3 ± 2.9 회/분 이었다. 이처럼 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인균의 ventilation rate는 비교적 농도의존적인 경향을 보였다.

Ammonia성 질소 농도

Fig. 2-b 에서와 같이 실험 시작시의 버들개의 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인균의 ammonia성 질소 농도는 0.8 ± 0.1 ppb 이었으나, 실험시간이 경과함에 따라 대조군, 2.5 ppm-, 5 ppm-, 10 ppm-, 20 ppm- 염산리도카인균, sham 대조군 순으로 ammonia성 질소 농도 증가는 직선적이었다. 20 ppm-염산리도카인균의 ammonia성 질소 농도를 기준으로 하였을 때 10 ppm-, 5 ppm-, 2.5 ppm- 염산리도카인균, sham 대조군 및 대조군의 ammonia성 질소 농도는, 실험시작 30분 후에 23.0%, 33.3%, 58.1%, -1.9%, 87.9% 증가, 실험시작 60분 후에는 11.3%, 39.3%, 54.2%, -7.2%, 75.7% 증가, 실험시작 90분 후에는 7.2%,

13.7%, 22.2%, -3.1%, 32.2% 증가, 실험시작 120분 후에는 6.9%, 18.4%, 22.0%, 12.8%, 36.7% 증가하였다. 그리고 실험시작 240분 후에는 5.5%, 11.7%, 14.8%, -6.2%, 19.7% 증가하였으며 실험시작 360분 후에는 3.5%, 5.2%, 4.7%, -14.8%, 25.1% 증가하였다. 노출후 시간 경과에 따라 대조군과 염산리도카인균 간의 ammonia성 질소 농도의 차이는 작아졌으며, 각 염산리도카인균 간의 농도 차이 역시 작아졌다.

pH

Fig. 2-c 에서와 같이 실험 시작시의 pH는, 대조군 7.65 ± 0.42 , sham 대조군 8.05 ± 0.47 , 염산리도카인균 8.28 ± 0.51 이었다. 대조군의 pH는 실험시간 경과와 더불어 낮아져서 실험시작 360분 후에는 7.26 ± 0.21 였으며, sham 대조군의 pH는 실험시작 90분 후까지는 다소 높아지다가 이후 낮아져서 실험시작 360분 후에는 7.90 ± 0.38 로 되었다. 한편 염산리도카인균의 pH도 실험시간 경과와 함께 낮아져 실험시작 360분 후에는 $7.83 \sim 7.92$ 로 되었다.

고 찰

버들개, *Rhynchocypris steindachneri*의 대조군, sham 대조군 및 각 염산리도카인균에서 공통적으로 실험후 120분 까지는 DO 농도가 급격하게 감소하였다. 이러한 운송 초기에 DO의 급격한 감소는 넘치, *Paralichthys olivaceus* 에서도 관찰된 바 있다 (Ko et al., 1995). 이처럼 운송 초기에 산소 소모가 큰 것은 취급이나 네팅 (netting) 등의 작업으로 인해 stress를 받으므로 대사량이 증가하기 때문이며, Atlantic cod 에서도 마찬가지로 운송실험시 stress로 인하여 plasma cortisol과 glucose가 증가하여 stress를 받지 않는 안정상태의 Atlantic cod에 비해 산소 소모도 $60 \sim 70$ mgO₂/kg/h로 다소 낮았다 (Sundnes, 1957; Saunder, 1963; Staurnes et al., 1994).

본 실험에서 실험후 120분에, sham 대조군의 DO 농도는 대조군에 비해 4.6% 높았으며, 염산리도카인균들은 대조군과 sham 대조군에 비해 각각 8.8~62.5%와 4.0~55.4%나 DO 농도가 높았다. 본 연구 결과는 Ferreira et al.(1984)이 자바틸라피아, *Oreochromis mossambicus*에 마취제 benzocaine-hydrochloride를 사용하여 100 l의 운송수에 20마리를 수용한 운송실험의 결과와 마찬가지로, 운송 중 마취제에 의해 산소 소모가 줄었고 물질대사도 줄었음을 보여준다. DO 농도는 실험후 120분 까지 염산리도카인 농도가 높아질수록 높아서 농도의존적 이었으며, 실험후 120분에서 실험 후 360분 까지의 안정

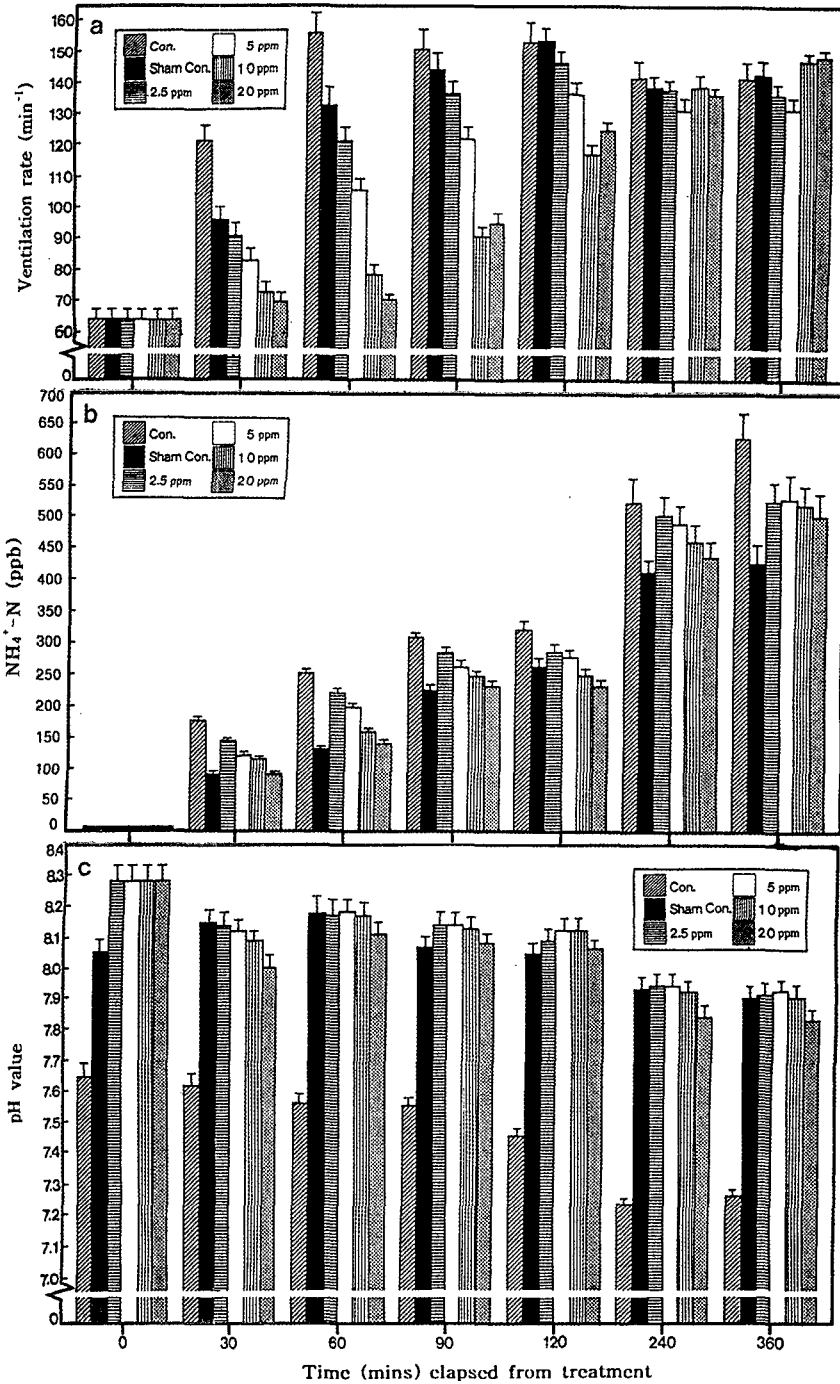


Fig. 2. The time-course change of ventilation rate(a), ammonia (b) and pH value (c) in *Rhynchocypris steindachneri* at various doses of anaesthetic lidocaine-HCl.

상태를 유지하는 동안에도 염산리도카인 농도에 따른 상관성이 있는 듯 하였다. Sham 대조군이 대조군에 비해 DO가 높았던 원인은 사용한 NaHCO_3 로 부터 만들어진 CO_2 의 마취 효과 (Booke *et al.*, 1978; Carrasco *et al.*, 1984)에 기인한다고 사료된다. Ventilation rate는 실험후 시간경과에 따라 대조군, sham 대조군, 염산리도카인군 순으로 높았으며, 이는 DO에서의 결과와 마찬가지로 염산리도카인에 의한 물질대사 감소에 역시 기인된 것으로 사료된다.

Platyfish, *Xiphophorus maculatus* (Günther)의 운송 실험에서, 2-phenoxyethanol (200 ppm), quinaldine sulfate (10 ppm) 및 MS-222 (30 ppm) 처리시 16시간후 운송 중의 total ammonia 농도는 2-phenoxyethanol군이 대조군의 65% 정도로 낮았고 quinaldine sulfate군은 대조군에 비해 20% 낮았으며 MS-222군도 대조군에 비하여 낮았다 (Guo *et al.*, 1995). 이처럼 마취제를 처리하였을 적에 물질대사물 즉 ammonia 배출이 감소하는 경향은, 본 연구에서도 마찬가지로 나타나 염산리도카인 실험후 ammonia성 질소의 배출 감소가 관찰되었다. 한편 sham 대조군에서 ammonia성 질소 농도가 염산리도카인군과 비교하여 비교적 낮았던 것은, DO 농도의 경우와 마찬가지로 NaHCO_3 로 부터 만들어진 CO_2 의 영향 (Carrasco *et al.*, 1984)에 기인한다고 사료된다. pH의 경우, 대조군은 실험후 360분에 실험 시작시의 pH 7.65 ± 0.42 에 비해 pH 7.26 ± 0.21 로 감소하였는데 이것은 CO_2 의 배출작용 (Ferreira *et al.*, 1979; Smit, 1980) 때문일 것이다. 실험 시작시 대조군의 pH 7.65 ± 0.42 에 비해 sham 대조군 (pH 8.05 ± 0.47)과 염산리도카인군 (pH 8.28 ± 0.50)이 높았던 것도 역시 NaHCO_3 로 부터 만들어진 CO_2 와 염산리도카인의 영향때문이라 여겨진다. 실제로 각 염산리도카인군은 처리 초기에 염산리도카인의 농도의존적인 pH 감소가 있었으며, 실험 종료시의 최종 pH는 처리 시작시 pH에 비해 낮아졌다. 본 실험에서 사용된 어류마취제 염산리도카인의 작용 효과는 진정작용 (sedation)으로 여겨지며, 이러한 진정작용제는 일부 어종에서 물질대사율을 기초대사율 정도로 낮춤으로 인해 NH_3 와 CO_2 등 대사산물의 배출을 감소시켜 산소 소모를 줄이기도 한다 (McFarland, 1959).

현재 미국에서 유일한 수산용 마취제로 MS-222 만이 FDA로부터 공인되고 있으나 (Schnick and Meyer, 1978), MS-222 조차도 MS-222 처리된 대상어류를 식용으로 사용전에 인체에 대한 MS-222 자체의 안전성을 배려하여, 적어도 21일 간의 정지기간 (withdrawal period)을 설정함 (Carmichael and Tomasso, 1988)을 고려시,

비교적 무해하여 인체에 효과적으로 사용되고 있는 마취제인 염산리도카인은 버들개에서 효과적이고 이상적인 마취제로 판명된 바 있다 (Park *et al.*, 1998). 본 연구 결과 염산리도카인은 버들개에서 물질대사를 저하시켜, ammonia 배출을 감소시키고 pH의 감소를 억제시키며 아올러 산소 소모 역시 감소 시켰기에, 버들개 운송효과 증진을 위한 진정제로의 역할이 기대된다. 차후 여러 양식 대상 어종을 대상으로, 산업적 규모로 운송시 진정제로의 염산리도카인의 효과 조사 및 염산리도카인에 의한 운송시 stress 감소 능력 평가에 관한 여러 연구들이 요구된다.

요 약

인체용 마취제인 염산리도카인을 사용하여 버들개, *Rhynchocypris steindachneri*의 운송실험을 실시하였다. 대조군, sham 대조군 및 염산리도카인 농도 2.5 ppm군, 5 ppm군, 10 ppm군, 20 ppm군을 대상으로 실험후 30분, 60분, 90분, 120분, 240분 및 360분에 용존산소, ventilation rate, ammonia성 질소 및 pH를 측정하였다. 실험후 시간 경과에 따라 고농도 염산리도카인군, sham 대조군, 대조군 순으로 용존산소량이 높았으며 ventilation rate도 용존산소량의 결과와 상응하였다. 염산리도카인군은 물질대사가 저하하였기에 물질대사물인 ammonia 배출이 대조군에 비해 낮았고, 염산리도카인군에서는 농도의존적으로 ammonia 농도가 낮아졌다. 실험후 시간경과에 따른 sham 대조군과 염산리도카인군의 pH 감소는 대조군의 pH 감소에 비해 그 감소 정도가 약하게 나타났다. 본 연구 결과 염산리도카인은 버들개의 운송실험시 진정제로 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 교육부 학술연구조성비 (해양수산 과학 KIOS-97-F-05)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다. 아울러 본 논문을 세심하게 심사, 교정하여 주신 심사자들도 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- APHA, AWWA and WPCF. 1992. Nitrogen (Ammonia). In *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. L. S. Clesceri, A. E. Greenberg and R. R. Trussell (Eds.). American Public Health Association, Washington, DC 20005. pp. 4-120~4-121.

- Booke, H.E., B. Hollender and G. Lutterbie. 1978. Sodium bicarbonate, an inexpensive fish anaesthetic for field use. *Prog. Fish Cult.*, 40, 11~13.
- Carmichael, G.J. and J.R. Tomasso. 1988. Survey of fish transportation equipment and techniques. *Prog. Fish Cult.*, 50, 155~159.
- 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. Amer. Fish Soc.*, 113, 778~785.
- Carrasco, S., H. Sumano and R. Navarro-Fierro. 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as anaesthetic in fish. *Aquaculture*, 41, 395~398.
- Chung, J.-K., S.Y. Chung, T.W. Lee and D.L. Choi. 1994. Effects of lidocaine on haematology and blood chemistry in the carp (*Cyprinus carpio*). *J. Fish Pathol.*, 7, 53~62. (in Korean).
- Chung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa. Seoul, pp. 181~184. (in Korean).
- Ferreira, J.T., G.L. Smith and H.J. Schoonbee. 1979. The effect of the anaesthetic benzocaine-hydrochloride on freshwater quality. *Water S. A.*, 5, 123~127.
- 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.
- Grizzle, J.M., A.C. Mauldin, D. Young and E. Henderson. 1985. Survival of juvenile striped bass (*Morone saxatilis*) and *Morone* hybrid bass (*Morone crysops* and *Morone saxatilis*) increased by addition of calcium to soft water. *Aquaculture*, 46, 167~171.
- 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.
- Kim, D.S., I.C. Bang, S.-K. Chun and Y.H. Kim. 1988. Effects of the anaesthetic lidocaine on some fishes. *J. Fish Pathol.*, 1, 59~64. (in Korean).
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 37, freshwater fishes. Ministry of Education, pp. 257~261.
- Ko, Y.-S., Y.J. Chang and J.-Y. Kwon. 1995. Changes of dissolved oxygen concentrations during the transportation of the olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) seeding. *J. Aquacult.*, 8, 251~260. (in Korean).
- McFarland, W.N. 1959. A study of the effects of anaesthetics on the behaviour and physiology of fishes. *Publ. Inst. Mar. Sci.*, 6, 23~55.
- Min, M.S. and S.Y. Yang. 1986. Classification, distribution and geographic variation of two species of the genus *Moroco* in Korea. *Kor. J. Syst. Zool.*, 2, 63~78. (in Korean).
- Nemoto, C.M. 1957. Experiments with methods for air transport of live fish. *Prog. Fish Cult.*, 19, 147~157.
- Park, I.-S., J.H. Kim and J.H. Im. 1998. Effect of lidocaine as an anaesthetic on *Rhynchocypris oxycephalus* and *R. steindachneri*. *J. Aquacult.*, 11, 59~66 (in Korean).
- Park, I.-S., J.-M. Kim, Y.H. Kim and D.S. Kim. 1988. Influence of lidocaine as an anaesthetic for marine fishes. *J. Fish Pathol.*, 1, 123~130. (in Korean).
- Saunders, R.L. 1963. Respiration of the Atlantic cod. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20, 373~386.
- Schnick, R.A. and F.P. Meyer. 1978. Registration of thirty-three fishery chemicals: status of research and estimated coasts of required contract. *Invest. Fish Control.*, 86, 1~19.
- Smit, G.L. 1980. The effect of tricaine methane sulphonate and generally used anticoagulants on fish haematology. Ph. D. Thesis, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- Staurnes, M., T. Sigholt, H.P. Pedersen, and T. Rustad. 1994. Physiological effects of simulated high-density transport of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture*, 119, 381~391.
- Summerfelt, R.C. and L.S. Smith. 1990. Anesthesia, surgery, and related techniques. In *Methods for Fish Biology*. C. B. Schreck and P.B. Moyle (Eds.). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. pp. 213~272.
- Sundnes, G. 1957. Notes on the energy metabolism of the cod (*Gadus callarias* L.) and the coalfish (*Gadus virens* L.) in relation to body size. *Fisk. -Dir. Skr., Ser. Hav. -Vnders.*, 6, 1~10.
- Tomasso, J.R., K.B. Davis and N.C. Parker. 1980. Plasma corticosteroid and electrolyte dynamics of hybrid striped bass (white bass × striped bass) during netting and hauling stress. *Proc. W. Mar. Soc.*, 11, 303~310.
- Webb, R.T. 1958. Distribution of bluegill treated with tricaine methanesulphonate (MS 222). *Prog. Fish Cult.*, 20, 69~72.

1998년 1월 10일 접수

1998년 10월 17일 수리