

Note

Winter flounder, *Pleuronectes americanus*에 대한 염산리도카인-중탄산나트륨의 마취효과

박인석^{1*} · 허준욱² · 송영채³ · 임재현⁴ · Stewart C. Johnson⁵

¹한국해양대학교 해양과학부

²한국해양대학교 해양과학기술연구소

³한국해양대학교 토목·환경시스템 공학부
(606-791) 부산광역시 영도구 동삼동 1번지

⁴부경대학교 양식학과

(608-737) 부산광역시 남구 대연 3동 599-1

⁵캐나다 NRC 해양생물과학연구소

Halifax, Nova Scotia B3H 3Z1, Canada

Anaesthetic Effect of Lidocaine Hydrochloride-Sodium Bicarbonate on the Winter Flounder, *Pleuronectes americanus*

In-Seok Park^{1*}, Jun Wook Hur², Young-Chae Song³, Jae Hyun Im⁴,
and Stewart C. Johnson⁵

¹Division of Ocean Science, Korea Maritime University

²Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University

³Department of Civil and Environmental System Engineering, Korea Maritime University
Busan 606-791, Korea

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

⁵Institute for Marine Biosciences, National Research Council
Halifax, Nova Scotia B3H 3Z1, Canada

Abstract : Recently, less toxic and more effective anaesthetics are essential for marine fishes. Lidocaine belongs to a group of anaesthetics which are used as local anaesthetic in human medicine. This chemical was tested for winter flounder, *Pleuronectes americanus*. Anaesthetic effect of lidocaine hydrochloride-sodium bicarbonate mixture (lidocaine HCl/NaHCO₃) was tested for the winter flounder at five different temperature regimes: 3°C, 7°C, 11°C, 15°C and 19°C. Anaesthetic dose and temperature-dependent relationship in exposure and recovery time were observed for the winter flounder of 17.2 ± 0.1 cm mean total length. Based on the results, anaesthetic lidocaine HCl/NaHCO₃ showed rapid exposure time and rapid recovery time for winter flounder. The results indicate that lidocaine HCl/NaHCO₃ can be used as suitable anaesthetic for this species.

Key words : 마취제(anaesthetic), 염산리도카인-중탄산나트륨(lidocaine hydrochloride-sodium bicarbonate), winter flounder, 진정제(sedative)

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

1. 서 론

어류를 채란, 채정, 표지, 계측 및 수술하기 위하여 공기 중에서 취급할 때 어체가 받는 스트레스를 최소화하거나, 대량의 어류를 장거리·장시간에 걸쳐 효율적으로 운반하기 위하여 마취는 매우 중요하다(Sada 1985; 박 등 1988; 박 등 1998a). 마취 방법은 화학물질과 저온 및 전기 처리가 있으며, 처리 농도 및 시간을 증가시킴으로써 대상 동물의 운동성, 균형성, 자각증상 및 반사작용을 잃게하여 진정제(Sedative) 역할을 한다(Bell 1987; 박 등 1998a).

어류 마취제(Anaesthetic)로 사용하는 화학물질은 Urethane (Hasler and Meyer 1942), Ether, Chloroform 등이 있으나, 이들 모두 발암물질로 판명되어 현재는 사용이 규제되고 있는 실정이다. 아울러 그 독성이 가장 적어 미국의 식약청(FDA)에 식용어의 마취제로 인정되어 현재 어류 마취제로 널리 사용되고 있는 Tricaine methane-sulfonate (MS-222) 조차도, 이것이 어류에 처리 후 식용까지 최소한 21일간의 사용 정지기간이 의무적으로 규정되고 있다(Summerfelt and Smith 1990).

염산리도카인 [Lidocaine-HCl: 2-(diethylamino)-N-(2,6-dimethyl phenyl acetamide hydrochloride)]은 수용성 백색분말로서 수용액은 인체의 국소 및 국부 마취용으로 사용되고 있으며, 그 농도를 달리하여 표면 마취에도 사용되는 Amide형의 마취제이다(Considine and Considine 1984). 이러한 인체 마취용 리도카인은 Carrasco *et al.* (1984)이 염산리도카인에 CO₂를 첨가한 후 사용하여 잉어(*Cyprinus capio*), 틸라피아(*Oreochromis mossambicus*) 및 차넬메기(*Ictalurus punctatus*)를 대상으로 마취를 시도한 바 있다. 김 등(1988)과 박 등(1988)은 몇몇 양식 대상종인 담수어와 해산어에 대하여 이러한 염산리도카인에 관한 마취 효과를 보고한 바 있으며, 정 등(1994)은 염산리도카인 마취 시 잉어 혈액 성상에 관하여 조사한 바도 있다. 박 등(1998a, 1998b; 2003)은 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 버들개(*R. steindachneri*) 및 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)를 사용하여 염산리도카인 마취효과를 보고한 바 있다.

Winter flounder (*Pleuronectes americanus* Walbaum, 1792)는 상업적으로 중요한 다수의 flatfish 종을 포함하는 Pleuronectiformes 목, Pleuronectidae 과에 속하며, 북미의 Georgia로부터 Newfoundland와 Labrador까지의 대서양 연안에 서식한다(Liem and Scott 1966; Witherell and Burnett 1993; Park and Johnson 2002)(Fig. 1). 본 종은 낚시 대상어종으로 중요함은 물론 양식 대상종으로도 각광 받고 있다(Litvak 1999; Park *et al.* 2003). 아울러 Winter flounder는 생태적으로 광염성과 광온성의 특성을 보이고 어병에도 강함을 보이고 있어, 어류학을 위시한 여러 연구들의 실험동물로도 중요시 되고 있다(Douglas *et*

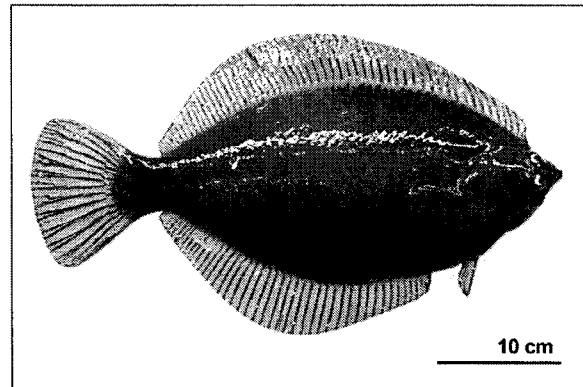


Fig. 1. External morphology of winter flounder, *Pleuronectes americanus*.

al. 1999; Litvak 1999; Park and Johnson 2002; Park *et al.* 2003).

본 연구는 Winter flounder를 사용하여 공기 중에서의 효과적인 취급, 양식 생물학적 연구시 간편한 취급 및 인체에 무해하고 안전성이 높은 염산리도카인-중탄산나트륨(Lidocaine HCl/NaCO₃)의 수온별 마취 농도에 따른 마취 효과를 조사 하였다. 도출된 결과를 토대로 염산리도카인-중탄산나트륨의 Winter flounder에서의 마취제로서의 효과성·적절성을 파악하여, 그 가치성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

실험에 사용한 Winter flounder, *Pleuronectes americanus*는 캐나다 NRC (National Research Council) 해양생물과학연구소 양식연구분소(캐나다 노바스코티아, Sandy Cove 소재)에서 종묘생산된 평균 전장 17.2±0.1 cm, 평균 체중 16.3±0.2 g인 개체들이었다. 마취 실험시의 사육수 수온은 10.3°C였으며, 실험수의 수질은 용존산소는 8.1 mgO₂/l (86%)~8.3 mgO₂/l (89%), pH는 7.4~7.5, 전도도는 31.5~36.5 mV 범위였다. 사육수조는 FRP 사각수조(100 l)였다.

마취 처리수의 중화와 마취효과 증대를 위해(Carrasco *et al.* 1984; 박 등 1988) 중탄산나트륨(NaHCO₃) 최종 농도를 1,000 ppm으로 한 후 염산리도카인(친화약품 Co., 한국) 농도를 500 ppm, 700 ppm, 900 ppm, 1,100 ppm 및 1,300 ppm으로 설정하였다. 마취수온 3°C, 7°C, 11°C, 15°C 및 19°C에서의 마취시간(Exposure time)과 회복시간(Recovery time)을 timer를 사용하여 초 단위로 조사하였다. 회복시간 조사시 사용된 회복수의 수온은 사육수 수온과 동일하게 하였다.

마취 판정 기준은 녀치의 상태를 고려하여 Bell (1987)의 방법을 다소 개선한 기준인 Stage III 단계 즉, 어체 운

동 정지, 아가미덮개 운동(호흡)은 규칙적이나 유영 정지, 어체를 뒤집어서 미병부위를 건드려 움직임이 없음과 동시에 어체의 부동성으로 인한 취급 가능, 그리고 회복수에서의 회복가능 상태로 정하였다. 회복수에서 완전 회복의 판정 기준은, 마취 후 회복수하에서 충분한 공기 공급하에서 어체를 뒤집어도 완전히 정상 체위를 회복, 유지하며 활력을 가진 상태로 판정하였다.

각 마취 수온당, 그리고 각 마취 농도당 Winter flounder 를 20마리씩 사용하여 3반복 실험을 수행 하였으며 실험 결과의 통계적 유의성 검정을 위하여 $p=0.05$ 수준에서의 t-test를 실시하였다.

3. 결과 및 토의

어류 마취는 대상 어류의 생물학적 연구와 더불어 수산·양식학적 연구시 기본적으로 필요한 기법이다. 그 역할은 어체를 진정시킴으로서 움직이지 못하게 하여 취급 등을 손쉽게 하여 스트레스를 최소화 한다(박 등 1998a, 1998b). 이와 더불어 어류를 대상으로 한 이러한 마취제 사용은 체중과 체장의 측정, 표식와 표지의 부착, 생리·행동학적 연구, 수술(Surgery) 실험, 채집, 사진촬영, 활어 상태로의 운반, 인공 채란, 백신과 항생물질의 주사 및 채혈을 비롯한 여타 조직의 표본을 가능케 한다(Summerfelt and Smith 1990; 박 등 1998).

본 연구의 모든 실험군에서 사망한 개체는 없었다. 마취시간은 대상어류를 마취용액에 처리한 후 일정한 판단 기준을 근거하여, 마취 판정 후 제거하는 시점까지 소요되는 시간으로 설정하였다(Summerfelt and Smith 1990). Winter flounder를 대상으로한 마취 수온 3°C, 7°C, 11°C, 15°C 및 19°C 조건에서 500 ppm, 700 ppm, 900 ppm, 1,100 ppm, 1,300 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨의 각 농도별 마취시간은 Fig. 2와 같다.

각각의 마취 농도에서 수온이 감소할수록 마취시간은 증가를 보였으며, 마취 시간은 500 ppm에서는 $90.8 \pm 12.6 \sim 930.2 \pm 72.4$ 초, 700 ppm에서는 $66.8 \pm 12.1 \sim 660.8 \pm 66.5$ 초, 900 ppm에서는 $48.7 \pm 6.5 \sim 348.4 \pm 36.7$ 초, 1,100 ppm에서는 $36.0 \pm 6.2 \sim 288.7 \pm 30.1$ 초 그리고 1,300 ppm에서는 $24.8 \pm 6.1 \sim 216.0 \pm 30.0$ 초 범위였다. 이러한 마취시간은 어종과 어체의 크기, 마취 방법 및 마취시의 환경적 요인에 의해 좌우된다(Gilderhus and Marking 1987; Son et al. 2001; 박 등 2003).

각각의 마취 수온에서 마취 농도가 증가할수록 마취시간은 감소하며, 마취 시간은 3°C에서는 $216.0 \pm 30.0 \sim 930.2 \pm 72.4$ 초, 7°C에서는 $204.9 \pm 24.1 \sim 546.7 \pm 42.1$ 초, 11°C에서는 $180.2 \pm 12.2 \sim 390.6 \pm 36.2$ 초, 15°C에서는 $84.7 \pm 6.0 \sim 258.9 \pm 24.7$ 초 그리고 19°C에서는 $24.8 \pm 6.1 \sim 90.8$

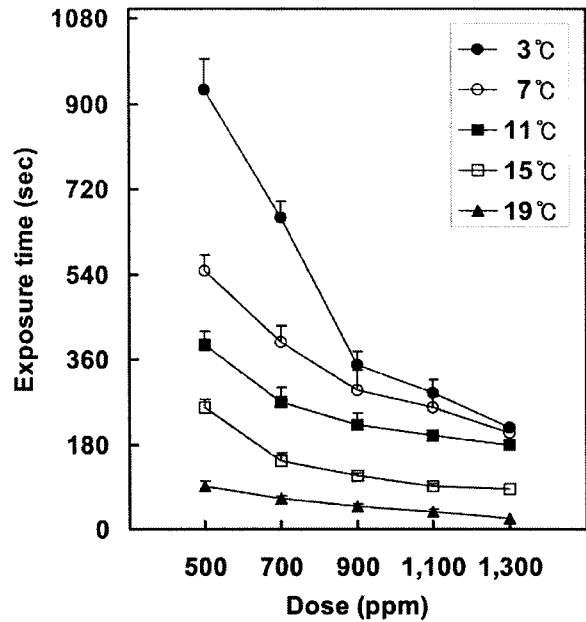


Fig. 2. Effect on exposure time for winter flounder, *Pleuronectes americanus* anaesthetized with lidocaine HCl/NaHCO₃ at temperature of 3°C, 7°C, 11°C, 15°C and 19°C. Vertical bars indicate standard deviation at each means. Same superscripts are significantly different ($P<0.05$).

± 12.6 초의 마취시간 범위를 나타내었다.

Winter flounder, *Pleuronectes americanus*에서 염산리도카인-중탄산나트륨의 마취 효과는 마취 농도가 높을수록, 마취 수온이 증가할수록 마취시간은 길어지는 농도와 수온 의존성을 보이고 있다. 염산리도카인-중탄산나트륨에 대한 이러한 마취 효과에 있어서의 농도 의존성은 김 등 (1988), 박 등(1988, 2003)에 의해 담수어와 해산어에서 각각 파악된 바 있으며, 염산리도카인-중탄산나트륨에 대한 마취 효과에서의 수온 의존성은 박 등(1998b)이 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 버들개(*R. steindacheri*) 및 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)를 대상으로 조사한 바 있다. 마취시간이 길어질수록 회복시간이 연장되며, 이에 따라 어체는 저산소증에 노출될 수 있으므로, Gilderhus and Marking (1987)은 어류 마취제로는 마취 효과에서 3분 이내의 마취시간과 10분 이내의 회복시간이 적절하다고 제안한 바 있다. 이러한 점을 고려하여 Winter flounder에 대한 염산리도카인-중탄산나트륨은 효과적인 어류 마취제로 적절한 것으로 사료된다.

유사한 마취 시간을 보인 마취 수온과 마취 농도는, 11°C에서 500 ppm, 7°C에서 700 ppm, 3°C에서 900 ppm이 $348.4 \pm 36.7 \sim 390.6 \pm 36.2$ 초의 범위를 보였다($P<0.05$). 마취 수온 15°C의 500 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨,

마취 수는 11°C의 700 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 7°C와 11°C의 900 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 7°C와 11°C의 1,100 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 3°C, 7°C 그리고 11°C의 1,300 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨은 180.2±12.2~292.2±36.1초의 마취 시간 범위내에서 유사한 마취시간을 보였다(P<0.05). 마취 수는 19°C의 500 ppm과 700 ppm의 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 15°C의 900 ppm, 1,100 ppm 그리고 1,300 ppm의 염산리도카인-중탄산나트륨은 66.8±12.1~114.9±18.7초의 마취시간 범위에서 유사한 마취시간을 보였다(P<0.05). 마취 수는 19°C의 900 ppm, 1,100 ppm 그리고 1,300 ppm의 염산리도카인-중탄산나트륨은 24.8±6.1~48.7±6.5초의 마취시간 범위에서 유사한 마취시간을 보였다(P<0.05). 마취 농도 증가와 아울러 마취 수온이 증가될수록 마취시간은 완만한 감소 경향을 보였으며, 그 감소 폭 또한 작았다.

회복시간은 대상 어류가 마취 후 회복수에서 완전히 활력을 회복하는데 소요되는 시간으로서(Summerfelt and Smith 1990), 마취 수는 3°C, 7°C, 11°C, 15°C, 19°C 조건 하에서 마취후의 Winter flounder를 10.3°C 회복수에서 회복시간을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 각각의 동일 마취 농도에서 마취 수온이 감소할수록 회복시간은 마취시간에서의 결과와는 상반되게 감소하였다. 각각의 동일 마취 수온에서 마취 농도가 증가할수록 회복시간은 감소하였다. 이러한 경향은 비록 본 실험과는 다르나, 마취 수온과 회복 수온은 동일하게 설정한 후 쥐노래미를 대상으로 염산리도카인-중탄산나트륨을 사용하여 수온 12°C, 18°C 및 24°C에서 회복 효과를 조사한 결과와도 일치 한다(박 등 2003).

유사한 회복시간을 보인 마취 수온과 마취 농도는, 마취 수는 3°C에서 500 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 7°C에서 500 ppm, 700 ppm, 900 ppm 그리고 1,100 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 11°C에서 1,300 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 15°C의 1,300 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨으로 회복

시간의 범위는 48.2±10.7~51.0±11.8초이었다(P<0.05). 마취 수는 3°C에서 700 ppm, 900 ppm 그리고 1,100 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 7°C에서 1,300 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨의 회복시간 범위는 43.2±17.2~45.2±8.1초로 유사한 회복시간을 보였다(P<0.05).

마취 수는 11°C의 500 ppm과 700 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 15°C의 500 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 19°C의 900 ppm, 1,100 ppm 그리고 1,300 ppm의 염산리도카인-중탄산나트륨의 회복시간 범위는 57.6±3.3~63.4±8.9초로 유사한 회복시간을 보였다(P<0.05). 마취 수는 11°C의 900 ppm과 1,100 ppm의 염산리도카인-중탄산나트륨, 마취 수는 15°C의 700 ppm, 900 ppm 그리고 1,100 ppm 염산리도카인-중탄산나트륨의 회복시간 범위는 52.0±17.9~54.5±17.8초로 유사한 회복시간을 보였다(P<0.05). 염산리도카인-중탄산나트륨은 Winter flounder의 마취 후 회복 효과에서 비교적 빠른 회복을 보임으로서 Bell (1987)의 기준에 의거 이상적인 어류 마취제임이 판명되었다.

어류 마취제로 사용시 독성(사용자나 어류에서의 안정성), 효율성, 가격성, 사용시의 규제와 사용 정도를 고려하여야 하며, 어류의 이상적 마취제로서의 여러 제반 특성을 구비 하여야 한다(박 등 2003): 첫째, 마취시간은 3분 미만이면 마취제로 더욱 좋다; 둘째, 마취 후의 회복시간은 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 기간이 요구되지 않아야 한다; 일곱째, 마취제의 반복 사용에 따른 누적 효과나 문제점들이 없어야 한다; 여덟째, 가격이 값싸야 한다.

이러한 관점에서 본 연구에서 시용된 염산리도카인-중탄산나트륨은 Winter flounder의 마취시 어류 마취제로서의 제반 조건을 적절히 갖추고 있으며 특히, 염산리도카인이 인체에 극소 혹은 극부 마취용으로 사용된다는 점을

Table 1. Recovery time for winter flounder, *Pleuronectes americanus* anaesthetized with lidocaine HCl/NaHCO₃ at different temperature of 3°C, 7°C, 11°C, 15°C and 19°C.

Dose (ppm)	Recovery time (sec)*				
	3°C	7°C	11°C	15°C	19°C
500	49.0 ± 10.1 ^a	51.0 ± 11.8 ^a	61.0 ± 27.1 ^c	62.0 ± 20.7 ^c	81.4 ± 7.7
700	45.1 ± 12.7 ^b	50.0 ± 8.0 ^a	58.4 ± 18.8 ^c	52.5 ± 14.8 ^d	67.4 ± 4.2
900	44.8 ± 15.0 ^b	50.3 ± 7.7 ^a	54.5 ± 17.8 ^d	52.9 ± 7.6 ^d	63.4 ± 8.9 ^c
1,100	43.2 ± 17.2 ^b	48.7 ± 7.8 ^a	52.5 ± 17.4 ^d	52.0 ± 17.9 ^d	58.5 ± 5.5 ^c
1,300	41.7 ± 14.3	45.2 ± 8.1 ^b	48.2 ± 10.7 ^a	49.7 ± 6.5 ^a	57.6 ± 3.3 ^c

*Means ± SD. Same superscripts are significantly different (P<0.05).

고려시 “General recognized as safe (GRAS)”로서 그 안정성 또한 높다고 사료된다(Schnick *et al.* 1986; 박 등 2003).

마취제는 어체에 스트레스, 물질대사율, 산소소비, 아가미 호흡, 심장 박동, 혈압, 혈액 성분(Glucose, Glycogen, Lactate, pH, Ion and Osmolality), 배설, 후각 감각 및 정자 운동성 등에 영향을 마취 후에도 장시간 지속될 수 있다(Bourne 1984; Summerfelt and Smith 1990; 박 등 2003). 현재까지 염산리도카인-중탄산나트륨이 어류에 미치는 생리적 효과에 대한 충분한 자료는 부족한 실정임을 고려(정 등 1994; 박 등 2003), 차후 염산리도카인-중탄산나트륨을 마취제로 사용시 Winter flounder에서의 생리적 영향에 관한 조사가 필요하다. 또한 Winter flounder의 크기에 따른 민감성 조사, 산업적 규모의 운반 능력에 관한 연구들이 부수적으로 실행되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

어류의 취급이나 운반을 용이하게 하기 위해 마취는 매우 중요하다. 그러나 기존 어류 마취제는 많은 독성을 지니고 있다. 본 연구는 독성이 적어 인체용 마취제로 사용되는 리도카인(Lidocaine)을 Winter flounder, *Pleuronectes americanus*의 마취제로 개발코자 그 마취 효과를 검토하였다. 염산리도카인-중탄산나트륨(Lidocaine HCl/NaHCO₃)의 마취 효과를 5종류의 마취 수온하에서 조사하였다: 3°C, 7°C, 11°C, 15°C 및 19°C, 전장 17.2±0.1 cm의 Winter flounder에서 마취 농도 의존적이고, 마취 수온의 존재적인 마취 효과가 나타났다. 결론적으로 마취제 염산리도카인-중탄산나트륨은 빠른 마취와 빠른 회복을 보였으며, 이러한 점들을 고려시 염산리도카인-중탄산나트륨은 본 종의 마취제로 사용이 적절 하다고 사료된다.

사 사

본 연구 수행시 도움을 준 캐나다 NRC 해양생물과학 연구소 양식연구분소(캐나다 노바스코티아, Sandy cove 소재)의 담당 기술진에 감사 드립니다. 본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단 지원인 ‘2002년도 한국해양대학교 해양과학기술연구소 중점연구소 지원사업(KRF-2002-005-F00004)’에 의하여 수행 되었으며, 이에 감사드립니다. 본 논문을 세밀하게 지적·수정하여 논문의 질을 향상시킨 익명의 심사자들에게도 감사드립니다.

참고문헌

김동수, 방인철, 전세규, 김연환. 1988. 인체용 마취제인 염산

- 리도카인이 수 종의 양식어류에 미치는 효과. *한국어병학회지*, 1, 59-64.
- 박인석, 김정혜, 정장방, 임제현. 1998b. 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus*와 버들개 *R. steindachneri*에 대한 리도카인 마취효과. *한국양식학회지*, 11, 59-66.
- 박인석, 김종만, 김연환, 김동수. 1988. 해산어류에 대한 리도카인의 마취효과. *한국어병학회지*, 1, 123-130.
- 박인석, 임제현, 김정혜, 김동수. 1998. 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus*에서의 외과적 상처 치유. *한국양식학회지*, 11, 167-172.
- 박인석, 임철호, 최문술. 1998a. 버들개 *Rhynchocypris oxycephalus* 운송을 위한 마취제 lidocaine-hydrochloride의 평가. *한국수산학회지*, 31, 785-790.
- 박인석, 조진희, 이수진, 김유아, 박기의, 허준욱, 유종수, 송영체. 2003. 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)에 대한 염산 리도카인-중탄산나트륨과 MS-222의 마취효과. *한국수산학회지*, 36, 449-453.
- 정준기, 정순윤, 이태용, 최동립. 1994. Lidocaine이 잉어(*Cyprinus carpio*)의 혈액성상에 미치는 영향. *한국어병학회지*, 7, 53-62.
- Bell, G.R. 1987. An outline of anesthetics and anesthesia for salmonids, a guide for fish culturists in British Columbia. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 1534. 16 p.
- Bourne, P.K. 1984. The use of MS-222 (tricaine methanesulphonate) as anesthetic for routine blood sampling in three species of marine teleosts. *Aquaculture*, 36, 313-321.
- Carrasco, S., H. Sumano, and R. Navahro-Fierro. 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as anesthetic in fish. *Aquaculture*, 41, 395-398.
- Coad, B.W. 1995. Encyclopedia of Canadian Fishes. Canadian Museum of Nature and Canadian Sportfishing Productions Inc. Singapore. 871 p.
- Considine, D.M. and G.D. Considerine. 1984. Van Nostrand Reinhold encyclopedia of chemistry, 4th ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Douglas, S.E., J.W. Gallant, C.E. Bullerwell, C. Wolff, J. Munholland, and M.E. Reith. 1999. Winter flounder expressed sequence tags: establishment of and EST database and identification of novel fish genes. *J. Mar. Biotech.*, 1, 458-464.
- Gilderhus, P.A. and L.L. Marking. 1987. Comparative efficacy of quinaldine sulfate: MS-222 mixtures for the anesthesia of freshwater fish. U.S. Fish Wild. Serv., Invest. Fish Control. 59 p.
- Hasler, A.D. and R.K. Meyer. 1942. Respiratory responses of normal and castrated goldfish to teleost and mammalian hormones. *J. Exp. Zool.*, 91, 391-404.

- Liem, A.H. and W.B. Scott. 1966. Fishes of the Atlantic Coast of Canada. *Fish Res. Board Can. Bull.*, 155, 485 p.
- Litvak, M.K. 1999. The development of winter flounder (*Pleuronectes americanus*) for aquaculture in Atlantic Canada: current status and future prospects. *Aquaculture*, 176, 55-64.
- Park, I.-S. and S.C. Johnson. 2002. Determination of the temperature-dependent index of mitotic interval (τ_0) for chromosome manipulation in winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*. *Aquaculture*, 213, 95-100.
- Park, I.-S., Y.K. Nam, S.E. Douglas, S.C. Johnson, and D.S. Kim. 2003. Genetic characterization, morphometrics and gonad development of induced interspecific hybrids between yellowtail flounder, *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) and winter flounder, *Pleuronectes americanus* (Walbaum). *Aquacult. Res.*, 34, 389-396.
- Sada, E.K. 1985. Influence of anesthetic quinaldine on the some tilapia. *Aquaculture*, 46, 55-62.
- Schnick, R.A., F.P. Meyer, and D.F. Walsh. 1986. Status of fishery chemicals in 1985. *Prog. Fish Cult.*, 48, 1-17.
- Son, M.H., M.W. Park, J.I. Myeong, D.J. Kim, B.H. Kim, Q.J. Jo, and I.G. Jeon. 2001. Anaesthetic tolerance of juvenile black rockfish, *Sebastes schlegeli*, produced for wild stock enhancement. *Ocean Polar Res.*, 23, 285-290.
- Summerfelt, R.C. and L.S. Smith. 1990. Anesthesia, surgery, and related techniques. p. 213-272. In: *Methods for fish biology*. eds. by C.B. Schreck and P.B. Moyle. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Witherell, D.B. and J. Burnett. 1993. Growth and maturation of winter flounder, *Pleuronectes americanus*, in Massachusetts. *Fish. Bull.*, 91, 816-820.

Received Jul. 23, 2004

Accepted Sep. 13, 2004