

각시붕어, *Rhodeus uyekii*와 칼납자루, *Acheilognathus koreensis*에 대한 염산리도카인과 Clove oil의 마취효과

강언중, 김은미¹, 김영자², 임상구, 심두생, 김용호, 박인석^{1*}
국립수산과학원 내수면양식연구소, ¹한국해양대학교 해양환경·생명과학부,
²한국해양대학교 해양과학기술연구소

Effect of Lidocaine Hydrochloride and Clove Oil as an Anaesthetic on Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekii* and Oily Bitterling, *Acheilognathus koreensis*

Eon-Jong Kang, Eun-Mi Kim¹, Young Ja Kim², Sang Gu Lim, Doo Saing Sim,
Yong-Ho Kim and In-Seok Park^{1*}

Inland Aquaculture Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Kyeongsangnam-do 645-806, Korea
¹Division of Marine Environment and Bioscience, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea
²Research Institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

The efficacy of lidocaine hydrochloride and Clove oil as anaesthetics was evaluated in the Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* (Mori, 1935) and oily bitterling, *Acheilognathus koreensis* (Kim and Kim, 1990) at four different temperatures of 10°C, 15°C, 20°C and 25°C. When complete anaesthesia was acquired less than 3 min and recovery was acquired less than 10 min, the optimal dose range of lidocaine hydrochloride at 20°C was 250~550 ppm in Korean rose bitterling, and 150~550 ppm in oily bitterling, respectively. In case of Clove oil, the optimal dose range at 20°C was 40~200 ppm in Korean rose bitterling, and 80~240 ppm in oily bitterling, respectively. Both of lidocaine hydrochloride and Clove oil resulted in a negatively dose-dependent manner for anaesthesia induction time in these two species. Recovery times were more variable in relation to anaesthetic doses, but in general higher anaesthetic doses resulted in similar or longer recovery time. As expected, the lower temperature resulted in longer anaesthesia induction and recovery time. The study demonstrated that lidocaine hydrochloride and Clove oil can be used as effective anaesthetics in these two species. The results from this study could be useful for aquaculturists industry and other related husbandry practices that require anaesthesia of Korean rose bitterling and oily bitterling.

Keywords: *Rhodeus uyekii*, *Acheilognathus koreensis*, Lidocaine hydrochloride, Clove oil, Anaesthetics

서 론

어류를 대상으로 채란, 채정, 표지(Tagging), 계측 및 수술을 위하여 공기 중에서 어체를 취급할 때 어체가 받는 스트레스를 최소화시키거나, 대량의 어류를 장거리, 장시간에 걸쳐 효율적으로 운반하기 위하여 어류 마취는 매우 중요하다(Sada, 1985; 박 등, 1988; 1998a; 2003; 2004). 어류 마취는 화학물질 처리와 저온 및 전기 처리에 의해 이루어지며, 그 처리 농도 및 처리 시간을 증가 시킴으로서 대상 어류의 운동성, 균형성, 자각 증상 및 반사 작용을 잃게 하여 마취제(Anaesthetics) 역할을 한다(박 등, 1998a).

어류 마취제로 사용되는 화학물질로는 urethane, ether, chloroform 등이 있으나, 이들 모두 발암물질로 판명되어 현재는 사용이 규제되고 있는 실정이다(Hasler and Meyer, 1942). 심지어 그 독성이 가장 적어 미국 식약청(FDA)에 의하여 식용 어류의 마취제로 인정되어 현재 어류 마취제로 널리 사용되고 있는 tricaine methanesulfonate (MS-222)조차도 이것이 어류에 처리된 후 식용까지는 최소한 21일간의 휴약기간(Withdrawal period)이 의무적으로 규정되고 있다(Summerfelt and Smith, 1990).

염산리도카인 [Lidocaine-HCl: 2-(diethylamino)-N-(2, 6-dimethyl phenyl acetamide hydrochloride)]은 수용성 백색 분말로 그 수용액은 인체의 국부 마취용으로 사용되고 있으며, 그 농도를 달리 하여 표면 마취에도 사용되는 amide형의 마취제이다(Considine

*Corresponding author: ispark@huu.ac.kr

and Considine, 1984). 이러한 인체 마취용 염산리도카인은 Carrasco et al. (1984)이 염산리도카인에 CO₂를 첨가하여 잉어 (*Cyprinus carpio*), 자바 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 의한 마취 효과를 보고한 바 있으며, 염산리도카인 마취시 혈액 성상에 관하여 정 등(1994)은 잉어를, 허 등(2005)은 양식 은어(*Plecoglossus altivelis*)를 대상으로 조사하였다. 또한 박 등(1998a; 1998b; 2003; 2004)은 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 버들개(*R. steindachneri*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 및 winter flounder (*Pleuronectes americanus*)를 대상으로 염산리도카인 마취 효과를 보고한 바 있다.

Clove oil은 *Eugenia caryophyllata* 나무의 줄기, 잎, 봉오리에서 추출되며 Clove oil 부피의 70~80%에는 활성 성분인 eugenol [2-methoxy-4-(2-propenyl)-phenol]이 존재한다(British Pharmacopoeia, 1993). Eugenol은 일반적으로 치과학에서의 진통제와 소독제(Curtis, 1990) 및 향을 내기 위한 식품첨가제(Maura et al., 1989)로 사용되고 있으며, 인간에게는 매우 안전하다고 알려져 있다(Miller et al., 1983).

마취효과가 있는 Clove oil은 어류 마취제로서 최근 들어 널리 적용되어, 송사리(*Oryzias latipes*), 금붕어(*Carassius auratus*), 잉어, rabbitfish (*Siganus lineatus*), 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*), 차넬메기, 대서양연어(*Salmo salar*) 및 sockeye salmon (*O. nerka*)등의 다양한 어종에서 그 마취 효과가 입증된 바 있다(Endo et al., 1972; Hikasa et al., 1986; Soto and Burhanuddin, 1995; Keene et al., 1998; Waterstrat, 1999; Chanseau et al., 2002; Woody et al., 2002). Clove oil은 Cho and Heath (2000)와 Wagner et al. (2003)에 의해 chinook salmon (*O. tshawytscha*)와 무지개송어에서 어류 마취제로서 안전하고 저렴하여 MS-222를 대체할 수 있으며, 염산리도카인과 마찬가지로 휴약기간이 필요 없고 환경에 위해요소가 없기에 수산, 양식 현장에서 사용되기에 적절하다고 평가된 바 있다.

각시붕어 *Rhodeus uyekii* (Mori, 1935)는 잉어목(Cypriniformes)의 납자루아과(Acheilognathinae)에 속하는 한국 고유 담수어류로 서해와 남해로 흐르는 각 하천에 분포한다. 성어는 전장 4~5 cm로 몸은 옆으로 납작하나 체고가 그다지 높지 않아 체형은 긴 난원형으로서, 관상가치가 높다(정, 1977; 김, 1997). 각시붕어와 마찬가지로 잉어목, 납자루아과에 속하는 칼납자루, *Acheilognathus koreensis* (Kim and Kim, 1990) 역시 한국 고유 담수어로 금강 이남의 서해로 유입하는 하천과 남해로 유입하는 하천에 분포한다. 성어는 전장 6~8 cm로 몸은 옆으로 납작하고 방추형이며 체색은 암갈색으로 등쪽은 짙고 배쪽은 연하다(정, 1977; 김, 1997).

본 연구는 각시붕어와 칼납자루를 대상으로 공기 중에서의

효과적인 취급과 양식생물학적 연구시 어체의 스트레스를 절감시키기 위하여 인체에 무해하고 안전성이 높은 어류 마취제인 염산리도카인과 Clove oil을 사용하여 수온별, 마취제 농도별 마취 효과를 조사하였다. 아울러 도출된 결과를 토대로 염산리도카인과 Clove oil이 각시붕어와 칼납자루에서 마취제로서의 효과성·적절성을 파악하였으며, 또한 염산리도카인과 Clove oil이 본 실험에 사용된 종들을 대상으로 한 어류 마취제로서의 가치성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험어 및 마취제

실험은 경남 진해시 소재의 국립수산과학원 내수면양식연구소 실내 사육동에서 실시하였다. 실험에 사용한 각시붕어와 칼납자루는 각각 전남 함평군 학교면(영산강)과 전북 임실군 관촌면(섬진강)에서 채집하여 내수면양식연구소에서 사육 중인 개체들로, 이들의 평균 전장과 평균 체중은 각각 4.2±0.23 cm, 0.9±0.10 g 및 6.8±0.53 cm, 3.8±0.47 g 이었다.

마취 처리수의 중화와 마취 효과 증대를 위해(Carrasco et al., 1984; 박 등, 1988) 중탄산나트륨(NaHCO₃, Sigma USA) 최종 농도를 1,000 ppm으로 한 후, 염산리도카인(친화약품 주식회사, 한국)의 각 농도를 설정하였다. Clove oil (Sigma, USA)의 stock solution은 Clove oil (부피 90%의 Eugenol 함유)을 95% 메탄올에 1:10의 비율로 녹여 만들었다(Cho and Heath, 2000). 만들어진 Clove oil stock 용액을 사용하여 여과 지하수로 희석, Clove oil의 각 최종 농도를 설정하였다.

마취 효과 조사

각시붕어와 칼납자루를 대상으로 염산리도카인과 Clove oil 각 농도별로 마취 수온을 10°C, 15°C, 20°C 및 25°C로 달리하여 마취시간(Induction time)과 회복시간(Recovery time)을 타이머를 사용하여 초 단위로 측정하였다. 본 실험에서는 마취 수온과 회복 수온을 동일하게 하였으며, 마취 실험 하루 전에 어체를 금식시켰다. 마취시 사용 용기는 수온 조절이 되는 50 L 용량의 플라스틱 수조(수량 40 L)로 공기공급 후 실험어를 노출시켜 마취시간을 조사하였다. 이후 공기 공급하의 사육수(지하수)에서 회복시간을 조사하였다. 각 마취제의 농도별, 그리고 각 마취 수온별 사용된 각시붕어와 칼납자루는 각각 20마리씩 이었고, 3회의 반복실험을 실시하였다.

마취 효과 판정 기준

마취 판정은 Table 1에서와 같은 Summerfelt and Smith (1990), Keene et al. (1998) 및 Mylonas et al. (2005)의 마취 효과 판정 기준을 개선하여 실시하였다. 마취시간은 (a)평형감각의 완전한 상실(Stage A3)를 경과하여 (b)촉각 자극시 무감각(Stage A5) 상태까지 소요되는 시간으로 정하였고, 회복시간

Table 1. Stages of anaesthesia and recovery from anaesthesia employed as endpoints in the present study (modified from Summerfelt and Smith, 1990; Keene et al., 1998; Mylonas et al., 2005)

Stage	Description	Notable behavior
<i>Anaesthesia</i>		
A3	Loss of equilibrium	Total loss of equilibrium but still evade capture, pectoral fins moving, regular opercular ventilation
A5	Deep anaesthesia	No movement, loss of responsiveness to tactile stimuli, slow and irregular opercular ventilation
<i>Recovery</i>		
R3	Regain of equilibrium	Complete and permanent recovery of equilibrium, regular opercular ventilation
R5	Total recovery	Responsiveness to visual stimuli, avoidance swimming

은 마취된 개체를 회복수에 이동한 후 (a)평형을 완전히 이룬 (Stage R3) 후 (b)정상 유영의 회복과 시각 자극에 반응(Stage R5) 상태까지 소요되는 시간으로 정하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 염산리도카인과 Clove oil의 각 농도와 마취수온에서의 효과 및 이들의 중 특이성을 통계적으로 검정하기 위하여 One-way ANOVA (SPSS 9.0, SPSS Inc., USA)를 사용하였고, 다중비교는 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결 과

마취 및 회복 수온이 20°C일 경우 각시붕어와 칼납자루의 염산리도카인과 Clove oil에 대한 마취 효과는 Table 2와 같다. 각시붕어인 경우 염산리도카인 50 ppm과 Clove oil 240 ppm

Table 2. Effect on induction time and recovery time for Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* and oily bitterling, *Acheilognathus koreensis* anaesthetized with lidocaine hydrochloride and Clove oil at 20°C

Dose (ppm)	<i>Rhodeus uyekii</i>		<i>Acheilognathus koreensis</i>	
	Induction time (sec)*	Recovery time (sec)*	Induction time (sec)*	Recovery time (sec)*
Lidocaine hydrochloride				
50	-	-	45±85.4 ^a	61±5.9 ^a
150	194±22.3 ^a	48±9.1 ^a	112±18.6 ^b	69±11.6 ^a
250	97±9.3 ^b	79±39.4 ^{ab}	64±11.3 ^c	83±30.8 ^a
350	77±11.8 ^c	86±26.5 ^{ab}	55±12.9 ^c	121±29.5 ^b
450	62±9.7 ^c	99±10.7 ^b	47±3.3 ^c	131±28.9 ^b
550	32±7.5 ^d	106±49.0 ^b	30±2.6 ^c	140±28.5 ^b
Clove oil				
40	180±40.3 ^a	69±19.7 ^a	198±53.5 ^a	104±20.7 ^a
80	84±15.3 ^b	74±19.2 ^a	103±12.0 ^b	134±30.1 ^{ab}
120	42±1.0 ^c	88±15.9 ^a	72±16.9 ^{bc}	157±49.1 ^{bc}
160	40±1.3 ^c	93±29.7 ^a	63±7.7 ^c	190±39.8 ^c
200	34±7.2 ^c	97±23.0 ^a	48±1.9 ^c	194±31.1 ^c
240	-	-	43±11.9 ^c	200±38.0 ^c

*Values are means±SD (n=20). Different superscripts are significantly different within induction time or recovery time in each species.

에서는 마취 효과가 나타나지 않았다. 각시붕어는 염산리도카인 150~550 ppm에서 32~194초의 마취시간을 보였으며 염산리도카인 농도가 증가할수록 마취시간은 감소하는 경향을 보였고, 농도별 유의적 차이를 나타내었다(P<0.001). 각시붕어의 염산리도카인 150~550 ppm에서의 회복시간은 48~106초로 나타났으며 염산리도카인 농도가 증가할수록 회복시간 역시 증가하였으나, 농도별 유의적 차이는 보이지 않았다(P>0.05).

칼납자루의 염산리도카인 50~550 ppm에서의 마취시간은 30~445초, 회복시간은 61~140초로 각시붕어에서의 마취 경향과 마찬가지로 염산리도카인 농도 증가에 따라 마취시간의 감소와 회복시간의 증가를 보였으며, 농도별 유의적 차이를 나타내었다(P<0.001). 마취시간 약 1분을 기준으로 각시붕어인 경우는 염산리도카인 450 ppm인데 반해, 칼납자루는 250 ppm을 보여 칼납자루가 각시붕어에 비해 염산리도카인 저농도에 더욱 민감한 마취 효과를 보이고 있다(P<0.01).

각시붕어는 Clove oil 40~200 ppm에서 34~180초의 마취시간과 69~97초의 회복시간을 보였다. 칼납자루는 Clove oil 40~240 ppm에서 43~198초의 마취시간과 104~200초의 회복시간을 보였다. Clove oil로 각시붕어와 칼납자루를 마취시의 마취 효과는 염산리도카인으로 각시붕어와 칼납자루를 마취하였을 때 마취 효과와 동일하게, 마취 농도가 증가할수록 마취시간은 감소하여 농도별 유의적 차이를 나타내었고(P<0.001), 회복시간은 점점 증가 경향을 보였으나 농도별 유의적 차이는 보이지 않았다(P>0.05).

염산리도카인에서의 결과와는 상반되게, Clove oil 동일 농도들에서 각시붕어는 칼납자루에 비해 짧은 마취시간 즉, 높은 민감도를 보였다(P<0.01). 마취시간 약 1분을 나타내는 농도는 각시붕어인 경우 염산리도카인에서 450 ppm과 Clove oil에서 80~120 ppm 그리고 칼납자루인 경우 염산리도카인에서 250 ppm과 Clove oil에서는 160 ppm으로서, 각시붕어와 칼납자루에서 마취시간 약 1분에 소요되는 농도는 염산리도카인이 Clove oil에 비해 높았다.

10°C, 15°C, 20°C 및 25°C에서의 염산리도카인 각 농도에 대한 각시붕어의 마취시간과 회복시간은 각각 Fig. 1a와 Fig. 1b와 같다. 각시붕어에서 수온별 염산리도카인 농도에 대한 마취시간과 회복시간은 각각 25°C의 50~550 ppm에서는 15~427초

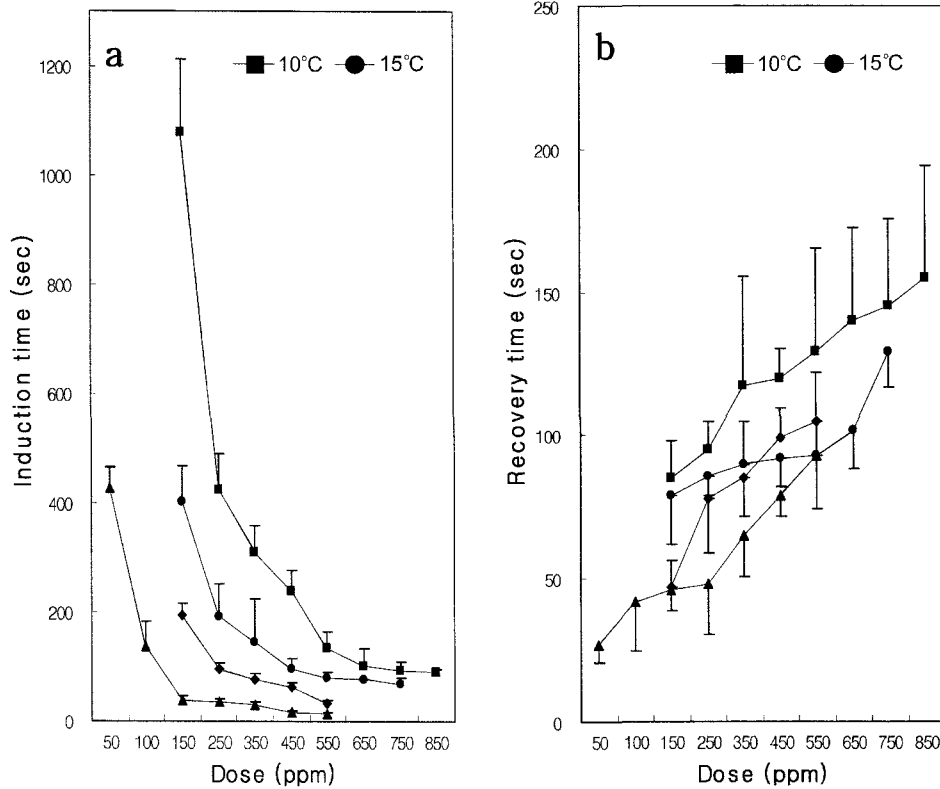


Fig. 1. Effect on (a) induction time and (b) recovery time for Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* anaesthetized with lidocaine hydrochloride at 10°C, 15°C, 20°C and 25°C, respectively. Vertical bars indicate standard deviation at each means ($n=20$).

와 27~93초, 15°C의 150~750 ppm에서는 69~404초와 80~130초, 10°C의 150~850 ppm에서는 90~1,078초와 85~155초 이었으며, 20°C에서의 마취시간 및 회복시간 결과는 Table 2와 같다. 각 마취 수온에서 마취 농도가 높아질수록 마취시간은 짧아지며 회복시간은 길어지는 경향이 공통적으로 나타났으며, 마취 수온이 증가할수록 저농도에서 마취 효과가 더욱 뚜렷하였다.

10°C, 15°C, 20°C 및 25°C에서의 염산리도카인 각 농도에 대한 칼납자루의 마취시간과 회복시간은 Fig. 2a와 Fig. 2b와 같다. 칼납자루에서 수온별 각 염산리도카인 농도에 대한 마취시간과 회복시간은 각각, 25°C의 50~550 ppm에서는 15~385초와 61~155초, 15°C의 150~750 ppm에서는 33~283초와 76~163초, 10°C의 150~850 ppm에서는 64~590초, 139~234초 이었으며, 20°C에서의 마취시간 및 회복시간 결과는 Table 2와 같다. 각 마취 수온에서 마취 농도가 높아질수록 마취시간은 짧아지며 회복시간은 길어지는 경향이 공통적으로 나타났으며, 마취 수온이 증가할수록 저농도에서 마취 효과가 더욱 뚜렷하게 나타났다.

10°C, 15°C, 20°C 및 25°C에서의 Clove oil 각 농도에 대한 각시붕어의 마취시간과 회복시간은 Fig. 3a와 Fig. 3b와 같다. 각시붕어에서 마취 수온별 각 Clove oil 농도에 대한 마취시간과 회복시간은 각각 25°C의 40~200 ppm에서는 55~125초와 55~125초, 15°C의 80~320 ppm에서는 25~309초와 81~190초, 그리고 10°C의 40~280 ppm에서는 30~289초와 119~325초 이

었다.

각시붕어에서 수온 25°C의 240 ppm과 수온 10°C의 320 ppm에서는 마취 효과가 없었으며, 수온 20°C에서의 마취시간 및 회복시간의 결과는 Table 2와 같다. 각 마취 수온에서 마취 농도가 높아질수록 마취시간은 짧아지며 회복시간은 길어지는 경향이 공통적으로 나타났으며, 마취 수온이 증가할수록 저농도에서 마취 효과가 더욱 뚜렷하였다.

10°C, 15°C, 20°C 및 25°C에서 Clove oil 각 농도에 대한 칼납자루에서의 마취시간과 회복시간의 결과는 Fig. 4a와 Fig. 4b와 같다. 칼납자루에서 마취 수온별 각 Clove oil 농도에 대한 마취시간과 회복시간은 각각 25°C의 40~240 ppm에서는 25~183초와 111~195초, 15°C의 80~320 ppm에서는 40~161초와 200~528초, 그리고 10°C의 80~320 ppm에서는 47~215초와 282~653초 이었다. 칼납자루에서 마취 수온 10°C의 Clove oil 40 ppm에서는 마취 효과가 없었으며, 마취 수온 20°C에서의 마취시간 및 회복시간의 결과는 Table 2와 같다. 각 마취 수온에서 마취 농도가 높아질수록 마취시간은 짧아지며 회복시간은 길어지는 경향이 공통적으로 나타났으며, 마취 수온이 증가할수록 저농도에서 마취 효과가 더욱 뚜렷하게 나타났다.

각시붕어와 칼납자루에서 다양한 마취 수온 조건하의 유효 마취 시간에 상응하는 염산리도카인의 농도 범위는 50~850 ppm으로 Clove oil의 농도 범위인 40~320 ppm에 비하여 높게 나

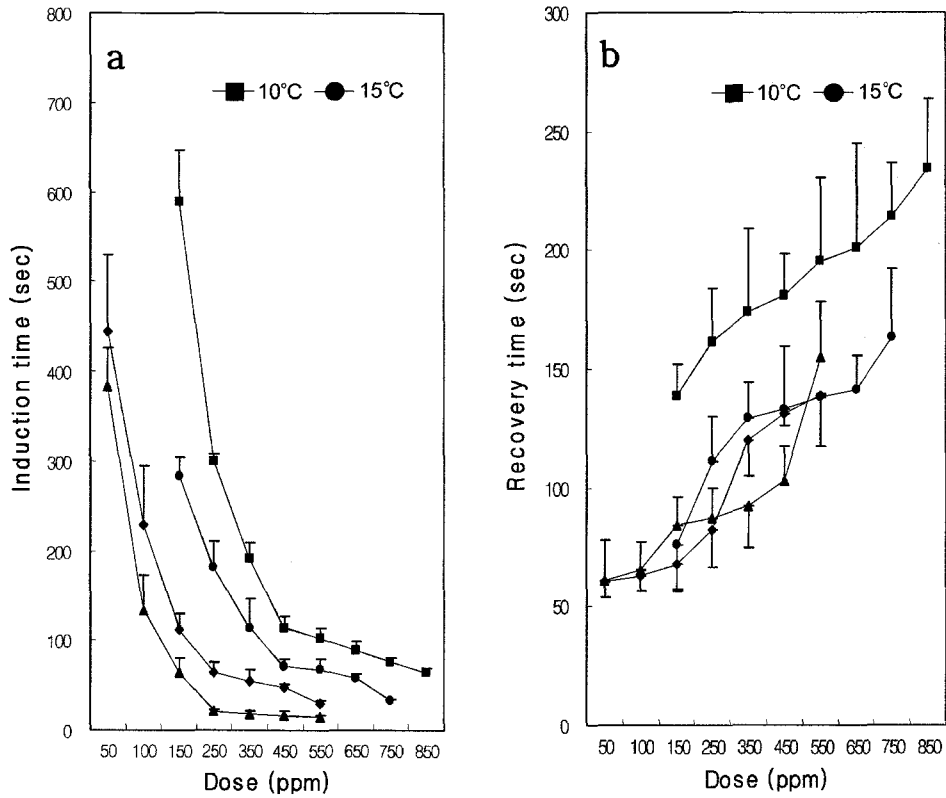


Fig. 2. Effect on (a) induction time and (b) recovery time for oily bittering, *Acheilognathus korensis* anaesthetized with lidocaine hydrochloride at 10°C, 15°C, 20°C and 25°C, respectively. Vertical bars indicate standard deviation at each means ($n=20$).

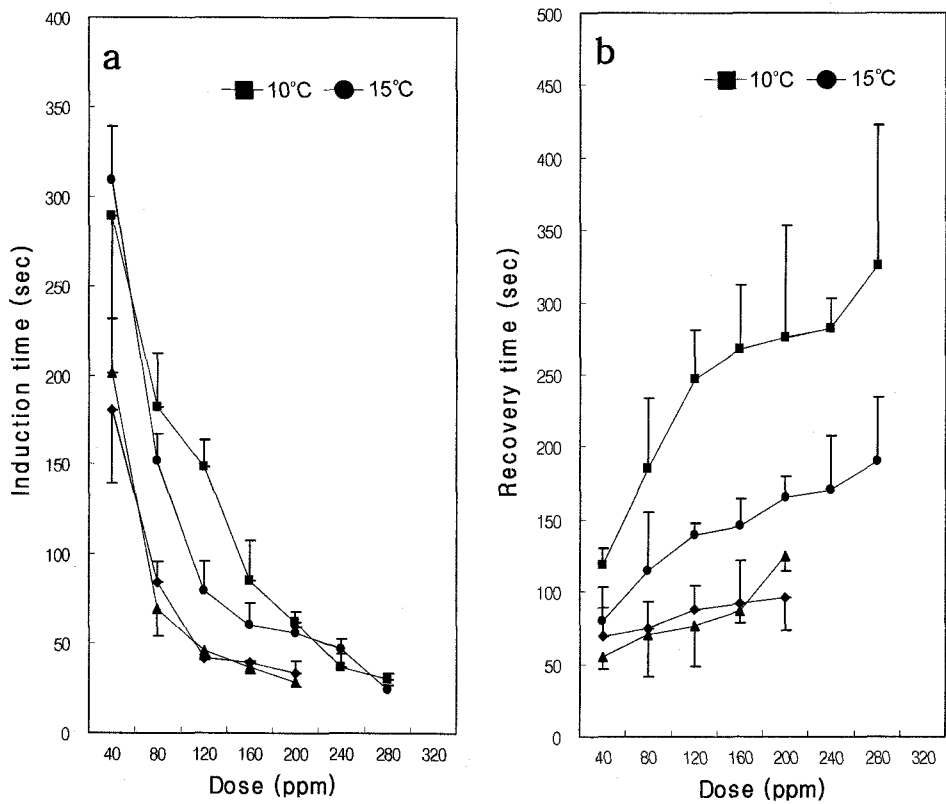


Fig. 3. Effect on (a) induction time and (b) recovery time for Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* anaesthetized with Clove oil at 10°C, 15°C, 20°C and 25°C, respectively. Vertical bars indicate standard deviation at each means ($n=20$).

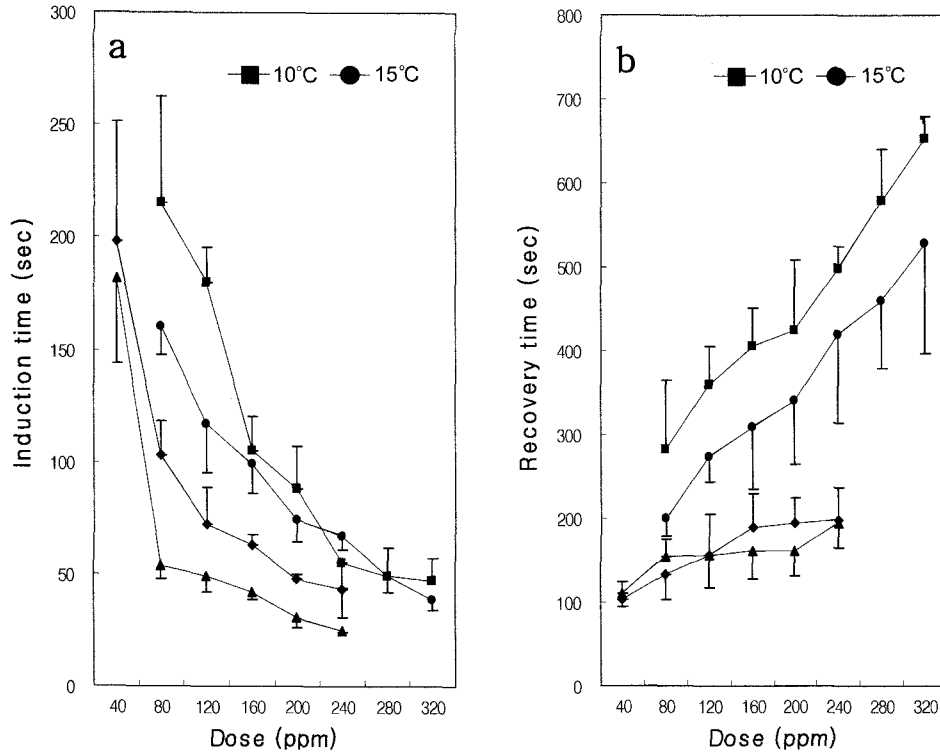


Fig. 4. Effect on (a) induction time and (b) recovery time for oily bittering, *Acheilognathus koreensis* anaesthetized with Clove oil at 10°C, 15°C, 20°C and 25°C, respectively. Vertical bars indicate standard deviation at each means (n=20).

타나, 각시붕어와 칼납자루 마취시 염산리도카인에 비하여 Clove oil이 저농도에서 더욱 뚜렷한 마취 반응을 보였다.

고찰

어류 마취는, 마취의 역할은 어체를 진정시켜 움직이지 못하게 함으로써 취급을 손쉽게 하며, 어류에게 주는 스트레스를 최소화한다(박 등, 1998a; 1998b). 이와 더불어 어류를 대상으로 한 이러한 마취제 사용은 체중과 체장의 측정, 표식의 부착, 생리학, 행동학적 연구, 수술, 채집, 사진 촬영, 활어 상태로의 운반, 인공 채란, 백신과 항생물질의 주사 및 채혈 등을 가능케 한다(Summerfelt and Smith, 1990; 박 등, 1988, 1998a, 1998b, 2003, 2004; 허 등, 2005).

마취시간은 마취 대상 어류가 마취 용액에 접촉한 시간으로부터 일정 마취 관정 기준까지 도달하여 마취 용액으로부터 마취 대상 어류를 제거하는 데까지 소요되는 시간이며, 회복시간은 마취 대상 어류가 회복수에서 완전히 활력을 회복하는데 소요되는 시간이다(Summerfelt and Smith, 1990).

본 연구 결과, 20°C에서 약 1분만에 마취가 유도되는 염산리도카인 농도는 각시붕어에서 450 ppm이었으며 칼납자루는 250 ppm으로서, 칼납자루가 각시붕어에 비해 염산리도카인 저농도에서 민감한 마취 효과를 보였다. 본 실험과 동일한 마취 조건인 마취 수은 20°C에서 염산리도카인으로 버들치와 버들개를

마취시 마취시간 약 1분을 나타내는 염산리도카인 농도는 버들치가 300 ppm, 버들개가 400 ppm이었다(박 등, 1998b). 이러한 마취시간의 차이는 종 특이성, 종의 크기, 마취방법 및 마취시의 환경적 요소에 의해서 좌우될 수 있다(Gilderhus and Marking, 1987; Son et al., 2001; 박 등, 2003).

또한, 염산리도카인으로 마취시 마취시간 약 1분을 나타내는 농도는 마취 수은 10°C와 15°C에서 버들치는 각각 600 ppm, 400~500 ppm을 그리고 버들개는 각각 600 ppm, 500 ppm을 나타낸 결과와 본 실험의 염산리도카인으로 마취 수은 10°C와 15°C 조건으로 마취시 마취시간 약 1분을 나타내는 각각의 농도 850 ppm, 650 ppm을 서로 비교시, 칼납자루가 버들치와 버들개에 비해 염산리도카인 고농도에서 유효한 마취 효과를 보이고 있다. 염산리도카인의 마취 농도가 높을수록, 그리고 마취 수은이 증가할수록 마취시간이 짧아지는 마취 효과는 본 실험에서와 마찬가지로 일부 담수어(김 등, 1988), 쥐노래미(박 등, 2003) 및 winter flounder (박 등, 2004)에서도 나타나고 있다.

Endo et al. (1972)이 일부 담수어류를, 그리고 Hikasa et al. (1986)이 잉어(*Cyprinus carpio*)를 대상으로 Clove oil에 의한 마취 효과를 처음 조사한 이후, 담수양식어류를 대상으로 Clove oil에 의한 마취 효과 조사가 smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) (Peake, 1998)와 차넬메기(Waterstrat, 1999)도 이루어진 바 있다. 이와 같이 Clove oil은 어류를 대상으로 한 마취시 마취시간과 회복시간에 있어 현재 어류 마취제로 주로 사용

되는 quinaldine이나 MS-222의 마취 효과를 증가하는 호응을 얻고 있다(Anderson et al., 1997).

차넬메기에서 Clove oil로 수온 23°C에서 마취시 2~5분의 마취시간을 보이는 Clove oil 농도는 150 mgL⁻¹ 이었으며, smallmouth bass에서 Clove oil로 수온 10°C에서 마취시 2~5분의 마취시간을 보이는 Clove oil 농도는 60 mgL⁻¹으로서(Peake, 1998; Waterstrat, 1999), 본 연구 결과와는 마취 수온 및 정확한 마취시간에서 차이가 있어 직접 비교는 어려우나 서로간 유사한 마취 효과를 보여주고 있다. 염산리도카인에서의 결과와 마찬가지로 마취시간에 있어 Clove oil도 마취 농도가 높을수록, 그리고 마취 수온이 증가할수록 마취시간이 짧아지는 마취 효과를 보였는데, 이러한 Clove oil의 농도 및 마취 수온에 따른 마취 경향은 European sea bass (*Dicentrarchus labrax*)와 gilthead sea bream (*Sparus aurata*)를 대상으로 한 마취 실험에서도 역시 나타나고 있다(Mylonas et al., 2005).

어류 마취제로 사용시, 사용자 및 어류에 대한 마취제의 안전성, 효율성, 가격성 및 사용시의 규제를 고려하여야 하며, 어류의 이상적 마취제로서의 여러 제반 특성을 만족하여야 한다(Bell, 1987; 박 등, 2003): 첫째, 마취시간은 3분 미만이면 어류 마취제로 더욱 좋다; 둘째, 마취 후의 회복시간은 5분 혹은 그 미만으로 짧아야 한다; 셋째, 대상 어류에는 독성이 없어야 한다; 넷째, 취급하기 쉽고 사용시 사용자에게는 무해하여야 한다; 다섯째, 대상 어류의 생리나 행동에 영향을 주지 말아야 한다; 여섯째, 마취제가 어체 내에서 빠르게 배출되거나 물질대사 되어 어체 내에 잔존하지 않아서 휴약기간에 대한 사용 제한이 없어야 한다; 일곱째, 마취제의 반복 사용에 따른 누적 효과나 문제점들이 없어야 한다; 여덟째, 가격이 값싸야 한다.

이러한 관점에서 본 연구에서 사용된 염산리도카인과 Clove oil은 각시붕어와 칼납자루의 마취시 어류 마취제로서의 제반 조건을 적절히 갖추고 있으며 특히, 염산리도카인이 인체에 국소 마취용으로 사용되고 Clove oil의 주된 성분인 eugenol이 치과 진통제 및 소독제와 식품첨가제로 사용되고 있다는 점들을 고려시 “general recognized as safe (GRAS)”로서 이들의 인체 안전성 또한 높다고 사료된다(Schnick et al., 1986).

어류 마취제는 어체에서의 스트레스 반응, 물질대사율, 산소 소모, 아가미 호흡, 심장 박동, 혈압, 혈액 성분(혈당, glycogen, lactate, pH, 혈액 이온 및 삼투), 배출, 후각 감각 및 정자 운동성을 바꾸거나 감소시키고 이러한 마취 효과는 어체가 마취제에 노출 정지 후에도 장시간 지속될 수 있음(Bourne, 1984; Summerfelt and Smith, 1990; 허 등, 2005)을 고려, 차후 염산리도카인과 Clove oil에 의한 마취 후 각시붕어와 칼납자루에서 나타나는 여러가지 생리적 반응에 관한 연구가 필요하리라 생각된다. 아울러, 이러한 염산리도카인과 Clove oil을 사용하여 각시붕어와 칼납자루를 대상으로 더욱 다양한 어체 크기 별 stage sensitivity 조사와 아울러 산업적 규모의 효과적인 운송에 관한 연구들이 부수적으로 필요하리라 사료된다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 내수면양식연구소 과제인 「담수 고유종의 상품화 연구」에 의하여 수행 되었습니다. 본 연구 수행시 적극적인 협조를 아끼지 않은 한국해양대학교 수산유전육종학 연구실원들께 감사의 말씀을 전합니다. 또한, 본 논문을 세밀하게 지적, 수정하여 논문의 수준을 향상시킨 익명의 심사자들에게도 감사드립니다.

요 약

각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Mori, 1935)와 칼납자루, *Acheilognathus koreensis* (Kim and Kim, 1990)에 대한 염산리도카인과 Clove oil의 10°C, 15°C, 20°C 및 25°C 수온 조건에서의 마취 효과를 조사하였다. 3분 미만의 완전마취(Stage A5)와 10분 미만의 완전회복(Stage R5)을 기준시, 마취 수온 20°C에서의 염산리도카인 적정 농도는 각시붕어와 칼납자루에서 각각 250~550 ppm, 150~550 ppm 이었으며 Clove oil에서는 각각 40~200 ppm, 80~240 ppm 이었다. 본 실험의 2종을 대상으로 한 염산리도카인과 Clove oil에 의한 마취시 negative 곡선의 농도 의존성을 보였다. 회복시간은 마취제 농도에 따라 다소 변이를 보였으나, 일반적으로 고농도 마취는 긴 회복시간을 보였다. 마취 수온과 마취 효과는 있어 양성의 상관관계가 있어, 저온에서의 마취시 마취시간과 회복시간이 더 소요되었다. 본 연구에서 사용된 어류 마취제 염산리도카인과 Clove oil은 본 실험에 사용된 종들에 효과적인 마취제임을 시사한다. 본 연구로부터의 결과는 각시붕어와 칼납자루의 사육시 어체 진정이 요구되는 취급이나, 이들의 양식시 유용할 것이다.

참고문헌

- Anderson, W. G., R. S. McKinley and M. Colavecchia, 1997. The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North Am. J. Fish. Manage.*, 17, 301-307.
- Bell, G. R., 1987. An outline of anesthesia for salmonids, a guide for fish culturists in British Columbia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aqua. Sci.*, No. 1534, 16 pp.
- Bourne, P. K., 1984. The use of MS-222 (tricaine methanesulphonate) as an anaesthetic for routine blood sampling in three species of marine teleosts. *Aquaculture*, 36, 313-321.
- British Pharmacopoeia, 1993. Department of Health and Social Security, London, UK, 172 pp.
- Carrasco, S., H. Sumano and R. Navahro-Fierro, 1984. The use of lidocaine-sodiumbicarbonate as anaesthetic in fish. *Aquaculture*, 41, 395-398.
- Chanseau, M. S., E. B. Galiay and G. Oules, 2002. The use of Clove oil as an anesthetic for Atlantic salmon smolts (*Salmo*

- salar* L.) and comparison of its effects with those of 2-phenoxyethanol. Bull. Franc. Pêche. Piscicult., pp. 365-366 and pp. 579-589.
- Cho, G. K. and D. D. Heath, 2000. Comparison of tricaine methanesulphonate (MS-222) and Clove oil anaesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). Aquacult. Res., 31, 537-546.
- Considine, D. M. and G. D. Considine, 1984. Van nostrand reinhold encycloperdia of chemicals on rainbow trout. North. Am. J. Fish. Manage., 7, 288-292.
- Curtis, E. K., 1990. In pursuit of palliation: oil of Cloves in the art of dentistry. Bull. Hist. Dent., 38, 9-14.
- Endo, T., K. Ogishima, H. Tanaka and S. Ohshima, 1972. Studies of the anesthetic effect of eugenol in some fresh water fishes. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 38, 761-767.
- 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, pp. 59.
- Hasler, A. D. and P. K. Meyer, 1942. Respiratory responses of normal and castrated goldfish to teleost and mammalian homones. J. Exp. Zool., 91, 391-404.
- Hikasa, T., K. Takase, T. Ogasawara and S. Ogasawara, 1986. Anesthesia and recovery with tricaine methanesulfonate, eugenol and thiopental sodium in the carp, *Cyprinus carpio*. Jap. J. Vet. Sci., 48, 341-351.
- Keene, J. L., D. L. G. Noakes, R. D. Moccia and C. G. Soto, 1998. The efficacy of clove oil as an anesthetic for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquacult. Res., 29, 89-101.
- Maura, A., A. Pino and R. Ricci, 1989. Negative evidence in vivo of DNA-damaging, mutagenic and chromosomal effects of eugenol. Mutat. Res., 227, 125-129.
- Miller, E. C., A. B. Swanson, D. H. Phillips, T. L. Fletcher, A. Liem and J. A. Miller, 1983. Structure-activity studies of the carcinogenities in the mouse and rat of some naturally occurring and synthetic alkenyl-benzene derivatives related to safrole and estragole. Cancer Res., 43, 1124.
- Mylonas, C. C., G. Cardinaletti, I. Sigelaki and A. Polzonetti-Magni, 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. Aquaculture, 246, 467-481.
- Peake, S., 1998. Sodium bicarbonate and clove oil as potential anesthetics for nonsalmonid fishes. North Am. J. Fish. Manage., 18, 919-924.
- 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. T. 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.
- Soto, C. G. and S. Burhanuddin, 1995. Clove oil as a fish anesthetic for measuring length and weight of rabbitfish (*Siganus lineatus*). Aquaculture, 136, 149-152.
- Summerfelt, R. C. and L. S. Smith, 1990. Anesthesia, surgery, and related techniques. In: Methods for Fish Biology, Schreck C.B. and P.B. Moyle, eds. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 213-272.
- Wagner, G. N., T. D. Singer and R. S. Mckinley, 2003. The ability of Clove oil and MS-222 to minimize handling stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Aquacult. Res., 34, 1139-1146.
- Waterstrat, P. R., 1999. Induction and recovery from anesthesia in channel catfish *Ictalurus punctatus* fingerlings exposed to clove oil. J. World Aquacult. Soc., 30, 250-255.
- Woody, C. A., J. Nelson and K. Ramstad, 2002. Clove oil as an anesthetic for adult sockeye salmon: field trials. J. Fish Biol., 60, 340-347.
- 김동수, 방인철, 전세규, 김연환, 1988. 인체용 마취제인 리도카인이 수종의 양식어류에 미치는 효과. 한국어병학회지, 1, 59-64.
- 김익수, 1997. 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류) 교육부, pp. 194-195, pp. 202.
- 박인석, 김정혜, 정장방, 임재현, 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, 임철호, 최문술, 1998a. 버들개 *Rhynchocypris oxycephalus* 운송을 위한 마취제 lidocaine-hydrochloride의 평가. 한국수산학회지, 31, 785-790.
- 박인석, 조진희, 이수진, 김유아, 박기의, 허준욱, 유중수, 송영채, 2003. 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*)에 대한 염산리도카인-중탄산나트륨과 MS-222의 마취효과. 한국수산학회지, 36, 449-453.
- 박인석, 허준욱, 송영채, 임재현, S.C. Johnson, 2004. Winter flounder, *Pleuronectes americanus*에 대한 염산리도카인-중탄산나트륨의 마취효과. Ocean Polar Res., 26, 475-480.
- 정문기, 1977. 한국어도보, 일지사, 서울, pp. 66-67, pp. 78-80.
- 정준기, 정순윤, 이태웅, 최동립, 1994. Lidocaine이 잉어 (*Cyprinus carpio*)의 혈액성상에 미치는 영향. 한국어병학회지, 7, 53-62.
- 허준욱, 박인석, 고강희, 장영진, 2005. 마취수송에 따른 양식 은어(*Pleoglossus altivelis*)의 혈액성상 변화. Ocean Polar Res., 27, 59-65.

원고접수 : 2005년 9월 3일

수정본 수리 : 2005년 10월 11일