

고등어(*Scomber japonicus*) 치어의 마취제로서 Clove oil, MS-222 및 2-Phenoxyethanol의 평가

한석중 · 김경민 · 최낙중 · 구준호¹ · 박충국² · 이원교² · 지승철*

국립수산과학원 미래양식연구센터, ¹국립수산과학원 아열대연구센터, ²전남대학교 양식생물학전공

Comparative Efficacy of Clove oil, MS-222 and 2-Phenoxyethanol as Anesthetics in Juvenile *Scomber japonicus*

Seock-Jung Han, Kyong-Min Kim, Nack-Jung Choi, Jun-Ho Koo¹,
Chung-Kug Park², Won-Gyo Lee² and Seung-Chul Ji*

Future Aquaculture Research Center, NFRDI, Jeju 690-192, Korea

¹Subtropical Fisheries Research Center, NFRDI, Jeju 690-192, Korea

²Department of Aqualife Science, Chonnam National University, Yosu 550-749, Korea

The efficiency of clove oil, MS-222, and 2-phenoxyethanol was evaluated as anesthetics in juvenile *Scomber japonicus*. Stage A5 of anesthesia was assumed to be sufficient for conducting routine aquaculture procedures in less than 3 min, with recovery (stage R5) in less than 5 min. The lowest effective doses of the three anesthetics were 50 mg L⁻¹ clove oil (anesthetic time of 71.3 s and recovery time of 167.0 s), 100 mg L⁻¹ MS-222 (anesthetic time of 70.7 s and recovery time of 115.7 s), and 400 mg L⁻¹ 2-phenoxyethanol (anesthetic time of 86.7 s and recovery time of 95.0 s). Anesthetic times decreased with increasing doses for all three anesthetic agents, and fish anesthetized with clove oil exhibited the longest recovery times. After 30 min, the highest plasma cortisol and lactate levels were detected with the use of clove oil, whereas the lowest values were observed with 2-phenoxyethanol. In addition, high glucose levels were maintained during recovery with clove oil, but the treatments did not significantly differ. The most effective of the three anesthetic agents was 2-phenoxyethanol, although all were considered acceptable for use in cultures of juvenile *Scomber japonicus*.

Key words: *Scomber japonicus*, Anesthetic, Clove oil, MS-222, 2-Phenoxyethanol

서 론

현재 국내의 고등어 양식은 주로 정치망에서 어획된 활고등어 치어를 해상 가두리에서 300 g 이상으로 성장시켜 판매하는 형태로 이루어진다. 최근 양식 고등어로부터 산란유도를 통한 수정란 생산 및 인공종묘생산기술개발 연구가 수행되었고 (Park, 2008), 2008년도에는 국립수산과학원과 경상남도 수산자원연구소가 고등어 대량 인공종묘 생산에 성공하여 고등어 양식의 산업화가 빠르게 진행되고 있다.

고등어 인공종묘 생산이 가능해지면서 종묘의 사육관리 기술개발 연구의 필요성이 제기되고 있다. 특히 고등어는 유영력이 강하고 산소 소모량이 많을 뿐 아니라 피부가 약해 선별, 이동 등 매우 세심한 주의가 요구된다. 수산생물은 선별, 이동 등 핸들링 과정에서 많은 스트레스를 받게 되고 심하면 핸들링 이후 면역력 저하, 질병감염 등으로 폐사하는 경우도 발생한다. 핸들링 과정에서 수산생물의 스트레스방지를 위해 마취제가 사용

되고 있다. 수산생물에 주로 사용하는 마취제는 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate), benzocaine, methomidate 그리고 clove oil 등이 있으며 (Mylonas et al., 2005; Weber et al., 2009), 어종, 어체중, 수온에 따라 그 효과와 사용량이 다르다 (Mattson and Riple, 1989; Kang et al., 2005; Park et al., 2009). 특히 마취제를 선택할 때는 효과뿐만 아니라 경제성, 사용의 간편성, 생물에 미치는 독성 여부, 인간과 환경에 미치는 영향에 대해서도 면밀한 검토가 있어야 한다 (Soto and Burhanuddin, 1995). 또한 마취제별로 대상생물에 따라 적정농도와 마취 후 회복과정에서의 스트레스 영향 정도가 다르기 때문에 대상생물에게 적합한 마취제를 탐색하고 적정농도를 사용하는 것이 매우 중요하다 (King et al., 2005). 특히 고등어는 어류 중에서도 유영성이 강하고 핸들링이 어렵기 때문에 이러한 조건을 충분히 충족시킬 수 있는 마취제의 탐색이 중요하다.

본 연구에서는 고도 회유성 어종인 고등어를 대상으로 효율적이고 안전한 마취제를 탐색하고 양식산업에 활용하기 위하여 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate), 2-phenoxyethanol 및 clove oil에 대해 마취효과와 회복과정에

*Corresponding author: jsc0414@nfrdi.go.kr

Table 1. Stage of anesthesia and recovery from anesthesia employed as endpoint in the present study (refer to the Summerfelt and Smith, 1990; Keene et al., 1998)

Stage	Description	Condition and behavior
<i>Anesthesia</i>		
A3	Loss of equilibrium	Total loss of equilibrium, Pectoral fins moving, regular opercular ventilation
A5	Deep anesthesia	No movement, loss of responsiveness to tactile stimuli
<i>Recovery</i>		
R3	Regain of equilibrium	Complete and permanent recovery of equilibrium, regular opercular ventilation
R5	Complete recovery	Responsiveness to visual stimuli, avoidance swimming

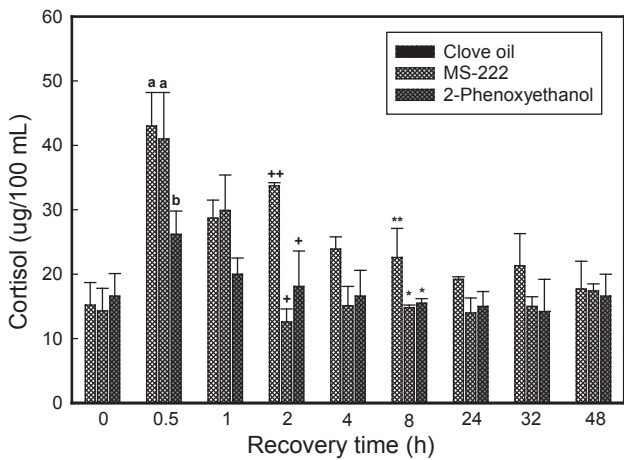


Fig. 1. Changes in plasma cortisol level of juvenile *Scomber japonicus* post-recovery. Data are presented as mean values \pm SD. Different letters on the bars indicate significantly different between treatments at a sampling time.

서의 생리학적 스트레스 반응에 대한 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

실험어

실험어는 전남대학교 수산증양식연구센터에서 공급받은 수정란을 이용하여 국립수산물품질관리원 미래양식연구센터 북제주 시험포에서 종묘 생산한 평균체중 28.0 ± 4.3 g, 가랑이체장 13.0 ± 0.5 cm의 고등어 치어를 실험어로 사용하였다. 실험어는 실험 전까지 원형 콘크리트 수조(Ø 6 m)에서 시판 배합사료를 1일 3회 공급하면서 우수식(24회전/1일)으로 사육하였으며, 실험 시작 전 48시간 절식하여 사용하였다.

마취제

마취제는 MS-222 (Ethyl 3-aminobenzoate methanesulfonate, Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA), 2-phenoxyethanol

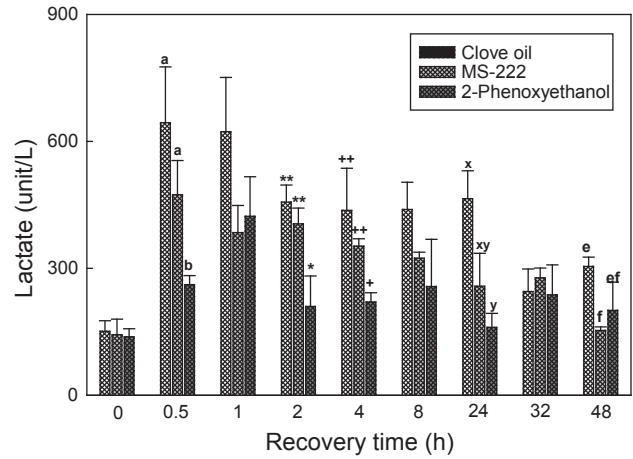


Fig. 2. Changes in plasma lactate level of juvenile *Scomber japonicus* post-recovery. Data are presented as mean values \pm SD. Different letters on the bars indicate significantly different between treatments at a sampling time.

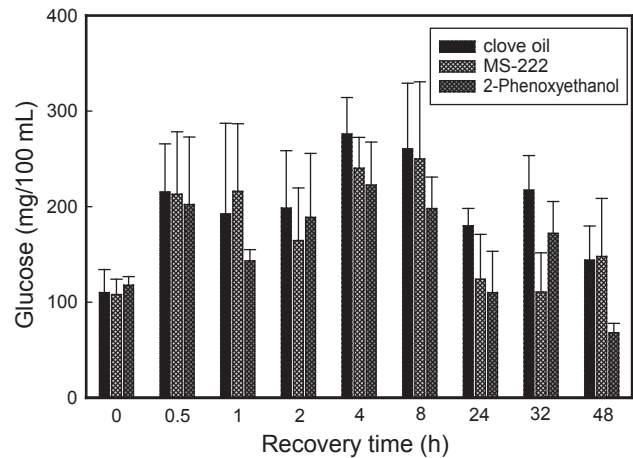


Fig. 3. Changes in plasma glucose level of juvenile *Scomber japonicus* post-recovery. Data are presented as mean values \pm SD.

(Sigma Aldrich Co., Steinheim, Germany) 및 clove oil (Sigma Aldrich Co., St. Louis, USA)을 사용하였다. Clove oil의 경우 차가운 해수에 잘 용해되지 않은 점을 고려하여 95%의 ethanol (clove oil : ethanol = 9 : 1)에 용해하여 사용하였다. 또한 ethanol에 노출되었을 때의 독성여부를 확인하기 위해 실험어 10마리를 100 L 원형수조(해수량 50 L)에 넣고 15분간 관찰하여 실험어 이상 유무를 확인하고 실험을 실시하였다(Weber et al., 2009).

마취 및 회복시간

마취농도는 각 마취제별로 동일하게 50, 100, 200, 400, 600 및 800 mg L^{-1} 으로 설정하여 마취시간 및 회복시간을 조사하였다. 마취는 100 L 원형수조에 50 L의 해수를 채우고 해당 농도의 마취제를 용해시킨 후 실험어를 10마리씩 수용하여 3반복으

Table 2. Anesthetic and recovery times of juvenile *Scomber japonicus* anesthetized with various concentrations of three anesthetic agents

Concentration (mg L ⁻¹)	Anesthetic time (s)			Recovery time (s)		
	clove oil	MS-222	2-phenoxyethanol	clove oil	MS-222	2-phenoxyethanol
50	71.3±11.0 ^a	-	-	167.0± 8.5 ^a	-	-
100	52.5±10.6 ^{ab}	70.7±7.6 ^a	-	282.5± 38.9 ^b	115.7±19.5 ^a	-
200	40.5± 2.1 ^b	50.3±4.2 ^b	-	497.5± 81.3 ^c	182.3±18.5 ^b	-
400	32.5± 7.8 ^b	35.0±1.4 ^c	86.7±15.3 ^a	537.5±159 ^c	222.0±12.7 ^b	95.0± 5.0 ^a
600	-	-	56.5± 2.1 ^b	-	-	155.0± 7.1 ^b
800	-	-	44.5± 0.7 ^c	-	-	174.0±22.6 ^b

¹Data are presented as mean values ± SD. Values in each column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²Anesthetic time: time necessary to reach stage A5 of anesthesia. Recovery time: time necessary to return to stage R5 of recovery.

로 실험을 실시하였다. 마취 및 회복의 판단은 이전의 연구결과 (Summerfelt and Smith, 1990; Keene et al., 1998)를 참고하여 마취는 실험어가 유영을 완전히 멈추고 평형감각을 잃고 바닥에 가라앉은 후(stage A3) 외부 자극에 반응하지 않는 시점(stage A5)으로 하였다(table 1). 마취가 완료 된 실험어는 즉시 200 L 원형수조에 옮겨 회복시간을 조사하였다. 회복수조에는 사육수를 5 L/min으로 공급하였고 적절한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 회복시점은 실험어가 의식을 회복하여 아가미를 움직이고(stage R3), 정상적으로 유영하기 시작하는 시점(stage R5)으로 하였으며(table 1), 마취 및 회복시간은 전자시계를 이용하여 초 단위까지 측정하였다. 마취시간은 3분, 회복시간은 5분 이상을 초과할 경우 측정을 중단하고 마취효과가 없는 것으로 판단하였다. 마취 및 회복 실험은 각 마취제 농도별로 3회 반복하여 실시하였으며, 실험기간 중의 수온은 26.0±0.1°C이었다.

회복과정에서의 혈액성상 변화

마취제 종류에 따른 마취효과 실험에서 마취효과가 인정된 최저 농도(clove oil 50 mg L⁻¹, MS-222 100 mg L⁻¹, 2-phenoxyethanol 400 mg L⁻¹)에 실험어 50마리씩을 마취 후 회복하면서 시간경과에 따른 혈액성상 변화를 조사하였다. 회복 시작 후 0, 0.5, 1, 2, 4, 8, 24, 32 그리고 48시간째에 실험구당 5마리씩을 무작위로 채집하여 미부정맥으로부터 1 mL 주사기를 이용하여 혈액을 채취하였다. 혈액은 원심분리기(20,000×g, 4°C)로 혈장을 분리하여 glucose, lactate 농도 변화를 분석 kit (Fuji DRI-CHEM Slide, Japan)를 사용하여 혈액 자동분석기(Fuji Photo Film Co. LTD, Japan)로 분석하였다. Cortisol 농도 측정은 ELISA (Enzyme-linked immunosorbent) 방법으로 분석 kit를 사용하여 제조사의 분석방법(Oxford Biochemical Research, Oxford, MI)에 따라 분석하였다.

통계처리

모든 결과의 통계처리는 SPSS program (Chicago, IL, USA)

을 사용하여 Tukey's test로 평균간의 유의성을 95% 수준에서 검정하였다.

결 과

마취제 및 회복시간

마취제 종류에 따른 고등어 치어의 마취 및 회복시간의 변화는 Table 2에 나타내었다. MS-222는 100 mg L⁻¹부터 마취효과가 인정되었고, 마취농도 100-400 mg L⁻¹에서 70.7-35.0 s 범위로 마취농도가 증가할수록 마취시간은 유의하게 감소하였다($P < 0.05$). 회복시간은 100 mg L⁻¹이 200 mg L⁻¹과 400 mg L⁻¹보다 유의하게 짧은 회복시간을 보였다($P < 0.05$).

Clove oil은 50 mg L⁻¹부터 마취효과가 인정되어 마취농도 50-400 mg L⁻¹에서 마취시간은 71.3-32.5 s 범위이었다. 회복시간은 마취 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 200 mg L⁻¹과 400 mg L⁻¹ 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며($P > 0.05$), 600 mg L⁻¹부터는 폐사가 발생하였다.

2-phenoxyethanol은 타 마취제보다 고농도인 400 mg L⁻¹부터 마취효과가 인정되어 400-800 mg L⁻¹에서 86.7-44.5 s 범위로 농도증가에 따라 마취시간이 유의하게 감소하였다($P < 0.05$). 회복시간은 400 mg L⁻¹이 95.0 s로 600 mg L⁻¹과 800 mg L⁻¹의 155.0 s, 174.0 s보다 유의하게 짧은 시간을 나타내었다($P < 0.05$).

혈액성상 변화

마취제 종류별에 따른 체내 혈액 생리학적 변화는 Fig. 1, 2 그리고 3에 나타내었다. 혈장 cortisol 농도는 0.5시간 후 clove oil이 43.0 µg/100 mL로 가장 높았으며, 2-phenoxyethanol이 26.2 µg/100 mL로 유의하게 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). 2-phenoxyethanol과 MS-222는 2시간 후 각각 18.1과 12.6 µg/100 mL로 실험전 수준을 회복하였으나, clove oil은 8시간째에도 22.6 µg/100 mL로 유의하게 높은 값을 보였다($P < 0.05$).

혈장 lactate농도는 2-phenoxyethanol이 0.5, 2 그리고 4시

간째 MS-222와 clove oil보다 유의하게 낮은 값을 보였으며 ($P < 0.05$), clove oil은 24시간째도 464.5 unit/L로 타 실험구보다 유의하게 높은 값을 보였다 ($P < 0.05$).

혈장 glucose 농도는 모든 실험구에서 8시간째까지 증가하는 경향을 보였으나, 실험구간의 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). Clove oil과 MS-222의 최대값은 각각 260.5 mg/100 mL, 250.0 mg/100 mL이었으며, 2-phenoxyethanol은 222.6 mg/100 mL로 가장 낮았으며 실험기간 내 낮은 값을 지속적으로 유지하였다.

고 찰

일반적으로 적정 마취농도의 결정은 수산생물의 안정성을 고려하여 3분 이내의 마취시간과 5분 이내의 회복시간 안에서 결정하는 것이 바람직한 것으로 보고되었다 (Marking and Meyer, 1985; Hseu et al., 1998, Weber et al., 2009). 이는 마취제에 장시간 노출됨으로써 어류가 받는 생리적인 스트레스 증가에 따른 피해를 예방하기 위한 것이다. 본 연구에서도 마취제별 적정마취 농도를 결정하기 위해 3분 이내에 마취가 완료되지 않거나 회복시간이 5분 이상을 초과하여 폐사가 발생하는 경우는 조사결과에서 제외하였다. 실험에 사용된 3종의 마취제 모두 마취농도의 증가에 따라 마취시간은 감소하고 회복시간은 증가하는 동일한 경향을 나타내었다. 일반적으로 대부분의 유영성 어류는 마취농도의 증가에 따라 마취시간은 감소하는 것으로 보고되고 있다 (Mattson and Ripple 1989; Mylonas et al., 2005). 그러나 회복시간의 경우 마취제의 종류에 따라 차이가 있고 마취시간이 짧을수록 회복시간은 오히려 줄어든다는 의견도 있다 (Mylonas et al., 2005). 본 연구에서도 고농도의 경우 회복시간의 유의적인 차이를 보이지 않은 것은 마취시간이 상대적으로 짧아져 마취제가 어체대사에 미치는 시간을 최소화 했기 때문으로 판단된다.

마취제별 마취효과가 인정되는 최저 마취농도는 clove oil 50 mg L⁻¹, MS-222 100 mg L⁻¹, 2-phenoxyethanol 400 mg L⁻¹로 조사되었으며, 본 농도에서는 마취시간 3분, 회복시간 5분 이내를 모두 충족하였다. 한편 마취제별 마취시간은 clove oil과 MS-222는 71.3 s와 70.7 s로 유사하였고, 2-phenoxyethanol은 86.7 s로 높은 값을 보였다. 그러나 회복시간은 clove oil이 MS-222와 2-phenoxyethanol보다 매우 높은 값을 보였다. 이러한 원인은 각 마취제가 어류의 생리반응에 미치는 영향이 다르기 때문으로 생각되며, Keene et al. (1998)은 회복시간의 차이를 마취제 종류별로 어류의 호흡 시스템에 미치는 영향이 다르기 때문이라고 하였다. Clove oil이 MS-222나 2-phenoxyethanol보다 회복시간이 길다는 결과는 Senegales sole (*Solea senegalensis*), 돌돔 (*Oplegnathus faciatius*)의 연구결과 (Weber et al., 2009; Park et al., 2009)에서도 나타났다. 회복시간의 증가는 회복과정에서 어체에 스트레스를 가중시키는 요인으로 작용할 수 있는데, 마취 후 회복과정에서 시간 경과에 따른 1차적인 스트레스

반응인 cortisol 농도변화를 조사한 결과, 2-phenoxyethanol이 유의하게 낮았으며, clove oil은 유의하게 높은 값을 나타내었다. 특히 cortisol 농도변화는 회복시간과 밀접한 관련을 나타내었는데 회복시간이 가장 짧은 2-phenoxyethanol이 가장 낮고, 회복시간이 가장 긴 clove oil에서 가장 높은 값을 나타내었다. 따라서 마취 후 회복시간의 증가는 어류의 스트레스를 증가시키므로 적정 마취 농도는 마취가 인정되는 범위에서 가장 회복시간이 짧은 농도를 선정하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

Lactate의 농도변화도 cortisol 변화와 유사하였는데, lactate의 경우 호흡 등 다량의 산소소모가 필요한 대사과정에서 증가한다 (Olsen et al., 1995). 따라서 clove oil은 회복시간 증가에 따른 호흡량과 에너지 소모량 증가로 혈중 cortisol과 lactate 농도의 증가를 유도한 것으로 판단된다. 고등어의 산소소모량은 11.8 mg/min/kg으로 참다랑어의 14.96 mg/min/kg보다 낮지만 동일한 유영성 어류인 참돔의 2.14 mg/min/kg, 방어의 4.65 mg/min/kg보다 현저히 높은 값을 보인다 (Miyashita, 2002; Kim et al., 2009). 그러므로 회복시간의 증가는 산소소모를 위한 호흡량이 많은 고등어의 스트레스를 가중시키고 이와 관련이 깊은 혈중 cortisol과 lactate의 혈중 농도 상승에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 결과적으로 산소소모량이 높은 고등어는 회복시간을 짧게 하는 것이 마취에 의한 2차적인 스트레스를 감소시키는 중요한 요인으로 판단되었다.

한편 cortisol 증가는 에너지 대사와 밀접한 관련을 가지며 에너지원인 혈중 glucose 농도를 동반 상승시킨다 (Wendelaar Bonga, 1997). 본 연구에서도 유의적인 차이는 없으나 clove oil 실험구가 실험기간 내 높은 glucose 농도를 유지하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 결과적으로 clove oil의 높은 glucose 농도 유지는 회복시간의 증가에 따른 생리적인 스트레스의 가중으로 회복과정에서의 많은 에너지 소모가 발생한다는 것을 보여주는 결과로 판단되었다.

마취제가 양식 산업에 사용되기 위해서는 사용의 편리성과 경제성도 고려되어야 한다. MS-222는 미국에서 유일하게 어류용 마취제로 사용이 승인되어 안전성은 검증되었으나, 가격이 매우 고가인 단점이 있다 (Mylonas et al., 2005). Clove oil은 clove 나무의 꽃과 잎에서 추출한 것으로 음식의 향신료 등으로 사용되며 가격이 매우 저렴하다 (Curtis, 1990; Soto and Burhanuddin, 1995). 그러나 차가운 물에 잘 용해되지 않아 ethanol등에 용해하여 사용하여야 하는 번거로움과 사용하는 용매에 따른 추가적인 독성에 대한 우려도 있다. 또한 회복시간의 증가로 혈중 cortisol, glucose, lactate의 농도 증가가 관찰되어 회복과정에서의 높은 생리적 스트레스가 우려되기도 한다. 반면 2-phenoxyethanol의 경우 400 mg L⁻¹ 이상에서 마취효과가 인정되어 사용량이 다소 많기는 하나 가격이 MS-222보다 저렴하고 사용이 clove oil보다 간편할 뿐만 아니라 생리적인 스트레스 반응에서도 안정적인 것으로 나타났다.

고등어 마취제로서 clove oil, MS-222, 2-phenoxyethanol을 검토한 결과, 모두 마취제로서 사용 가능한 것으로 판단되나,

사용의 편의성, 경제성, 어류의 생리적 안전성을 고려할 경우 2-phenoxyethanol이 가장 유효한 것으로 판단되었다. 본 연구 결과는 참다랑어, 방어, 전갱이 등 강한 회유성 어종의 사육관리 기술 개발에 중요한 기초 자료로서 활용 가능할 것으로 기대된다. 한편 어류는 수온, 어체크기 등에 따라 적정 마취제 농도 차이를 나타내므로(Weber et al., 2009), 향후 수온, 어체 크기별 적정 마취 농도를 파악하여 고등어 등 회유성이 강한 어류의 사육관리기술에 적용되어야 할 것이다. 또한 마취 농도뿐만 아니라 어류의 건강에 직접적인 영향을 미치는 간 조직 관찰, 간의 AST, ALT 등 간지수 등을 조사를 통한 안전하고 효과적인 마취제 사용이 이루어져야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(양식생물 중보존 및 복원, RP-2011-AQ-093)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Curtis EK. 1990. In pursuit of palliation: oil of cloves in the art of dentistry. *Bull Hist Dent* 38, 9-14.
- Hseu JR, Yeh SL, Chu YT and Ting YY. 1998. Comparison of efficacy of five anesthetic goldlined sea bream, *Sparus sarba*. *Acta Zool Taiwanica* 9, 35-41.
- Kang EJ, Kim EM, Kim YJ, Lim SJ, Sim DS, Kim YH and Park IS. 2005. Effect of lidocaine hydrochloride and clove oil as an anesthetic on Korean rose bitterling, *Rhodeus uyekii* and oily bitterling, *Acheilognathus koreensis*. *J Aquac* 18, 272-279.
- Keene JL, Noakes DLG, Moccia RD and Soto CG. 1998. The efficacy of clove as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquac Res* 29, 89-101.
- Kim KM, Koo JH, Ji SC, Choi NJ and Han SJ. 2009. Abstract, *Ann Meet. Kor J Fish Aquat Sci* 77-78.
- King WV, Hooper B, Hillsgrove S, Benton C and Berlinsky DL. 2005. The use of clove oil, metomidate, tricaine methanesulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). *Aquac Res* 36, 1442-1449.
- Marking LL and Meyer FP. 1985. Are better anesthetics needed in fisheries? *Fisheries* 10, 2-5.
- Mattson NS and Rippe TH. 1989. Metomidate, a better anesthetic for cod (*Gadus morhua*) in comparison with benzocaine, MS-222, chlorobutanol, and phenoxyethanol. *Aquaculture* 83, 89-94.
- Miyashita S. 2002. Studies on the seedling production of the Pacific bluefin tuna *Thunnus thynnus orientalis*. *Bull Fish Lab Kinki Univ* 7, 1-171.
- Mylonas CC, Cardinaletti G, Sigelaki I and Polzonetti-Magni A. 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.
- Olsen YA, Einarsdottir IE and Nilssen KJ. 1995. Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture* 134, 155-168.
- Park CK. 2008. Reproductive biology of artificial seedings production of the chum mackerel, *Scomber japonicas*. Ph. D. Thesis, Chonnam National University, Yosu, Korea.
- Park EJ, Kim JT, Kang SJ and Choi BD. 2010. Fatty acid composition of chub mackerel (*Scomber japonicas*) fed a diet fortified with CLA and ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic extracts. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 581-588.
- Park MO, Im SY, Seol DW and Park IS. 2009. Efficacy and physiological responses of rock bream, *Oplegnathus fasciatus* to anesthetization with clove oil. *Aquaculture* 287, 427-430.
- Soto CG and Burhanuddin S. 1995. Clove oil as a fish anesthetic for measuring length and weight in rabbitfish (*Siganus lineatus*). *Aquaculture* 136, 149-152.
- Summerfelt RC and Smith LS. 1990. Anesthesia, surgery and related techniques. In: *Methods in Fish Biology*. Schreck CB and Moyle PB eds. American Fisheries Society, Bethesda, 213-272.
- Weber RA, Peleteiro JB, Garcia Martin LO and Aldegunde M. 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). *Aquaculture* 288, 147-150.
- Wendelaar Bonga SE. 1997. The stress response in fish *Physiol. Rcv* 77, 591-625.

2011년 10월 4일 접수
2011년 11월 14일 수정
2011년 11월 22일 수리