

유리메기(*Kryptopterus vitreolus*)에 대한 최적 마취제 선정을 위한 연구

이효빈 · 정효선 · 고민균 · 김동수^{1*}

부경대학교 해양수산LMO위해성평가센터, ¹부경대학교 해양바이오신소재학과

Comparative Efficacy of 5 Anesthetic Agents in the Glass Catfish *Kryptopterus vitreolus*

Hyo Bin Lee, Hyo Sun Jung, Min Gyun Ko and Dong Soo Kim^{1*}

Center for Risk Assessment of Oceans and Fisheries Living Modified Organisms, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹Department of Marine Bio-Materials & Aquaculture, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

We investigated the anesthetic effects of MS-222 (tricaine methanesulfonate), clove oil, 2-phenoxyethanol, NaHCO₃, lidocaine-HCl and lidocaine-HCl/NaHCO₃ in the glass catfish *Kryptopterus vitreolus*. Based on the efficacy criteria of complete anesthetic induction from 60 s to 120 s, recovery within 300 s, the lowest effective concentrations at 24°C were determined to be 60 ppm (induction 82.8±17.6 s, recovery 80.2±34.7 s) for MS-222, 40 ppm (induction 70.5±8.2 s, recovery 83.4±17.7 s) for clove oil, 250 ppm (induction 64.3±24.0 s, recovery 62.8±15.6 s) for 2-phenoxyethanol, 300 ppm (induction 127.3±13.3 s, recovery 107.5±4.8 s) for lidocaine-HCl and 200/100 ppm (induction 81.2±17.2 s, recovery 98.3±19.7 s) for lidocaine-HCl/NaHCO₃. Thus, 200/100 ppm of lidocaine-HCl/NaHCO₃ was found to be an effective anesthetic agent.

Key words: Glass catfish, *Kryptopterus vitreolus*, Anesthesia, Lidocaine-HCl/NaHCO₃

서 론

제브라피쉬(Zebrafish *Danio rerio*), 바브(tiger barb *Puntius tetrazon*) 및 테트라(black tetra *Gymnocorymbus ternetzi*) 3종에 형광발현 유전자를 이식한 형광관상어류들은 미국을 위시한 아시아권에서 야생형보다 7배 정도의 높은 가격으로 판매되고 있으며, 특히, 미국 내에서는 전국적으로 그 판매량이 현저히 증가되고 있다(Glofish, 2017). 그러나 기존 판매되고 있는 형광관상 어류들은 자체 색깔을 가지고 있어 형광발현 시 그 효과가 감소되는 문제를 지니고 있어 근육이 투명하고 형태가 탁월한 새로운 형광관상 어류를 개발할 필요성이 제기되고 있다(Cho et al., 2013). 동남아시아가 원산지인 유리메기(*Kryptopterus vitreolus*)는 말레이 반도 북부 및 인도차이나 반도에서 타일랜드 만으로 유입되는 담수에 서식하는 어류로써 그 자원량이 풍부하여 어간장의 주재료로 이용되고 있으며(Ng and Kotelat, 2013), 복강을 제외한 모든 부위가 투명하여, Dijkstra et al. (2001)은 본 종을 발광관상어로 개발하기 위해 luciferase 및

이의 발현유전자를 근육에 주사하여 그 발현유무를 관찰한 바 있다.

그러나 본 종은 서식지 수계에서 산란이 원활히 이루어지나, 실내사육 시 산란 조절이 어려워 유전자이식에 필수적 요건인 양질의 수정란을 인공산란을 통해 대량생산한 보고는 없다(Planetcatfish, 2017). 이에 산란유도호르몬처리에 의한 인공산란 유도 연구가 필요하나 본 종은 스트레스에 매우 민감하고, 특히 체폭이 좁아 화학물질의 복강주사 시 폐사율이 높은 단점이 있다(Peters et al., 2001). 이에 유리메기의 스트레스를 최소화하기 위해 Saffan®, FA100 및 MS-222 (Tricaine methanesulfonate) 등의 마취제들이 연구에 사용된 바 있다(Kolomytkin et al., 2007). 그러나 상기 연구들은 각 마취제의 효과만 보고되어 있을 뿐 마취제의 종류에 따른 마취소요시간 및 회복시간 등 최적 마취제에 대한 연구는 누락되어 있다.

이에 본 연구에서는 기존 개발된 마취제 중 어류에 안전한 것으로 보고되어 있는 5종 마취제(MS-222, clove oil, 2-phenoxyethanol, NaHCO₃ 및 lidocaine-HCl)를 다양한 농도로 침지처

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0824>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 50(6) 824-828, December 2017

Received 30 August 2017; Revised 30 October 2017; Accepted 16 November 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5914 Fax: +82. 51. 629. 5908

E-mail address: dongskim@pknu.ac.kr

리하여 본 중에 가장 적합한 마취제를 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

어류 및 사육

본 연구에 사용된 유리메기의 체중, 전장 및 비만도[체중 $\times 1000 / (\text{전장})^3$]는 각각 0.98 ± 0.08 g, 54.43 ± 2.64 mm 및 0.006 ± 0.001 mm이었다. 이때 사육수는 부산시 시수를 2 일간 수증폭기 한 후 사용하였으며, 사육수의 pH 및 수온은 7.90 ± 0.04 및 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 이었다.

마취제 및 마취 효과 조사

마취제는 MS-222, clove oil, 2-phenoxyethanol, NaHCO_3 및 lidocaine-HCl을 사용하였고, 각 마취제 농도별 유리메기의 마취 시간 및 회복 시간을 측정하여 그 효과를 조사하였다. 또한 마취제 혼합 사용에 따른 마취 효과의 증대를 위해 다양한 농도의 lidocaine-HCl과 NaHCO_3 의 혼합 사용에 따른 마취 시간 및 회복 시간을 측정하여 단독 처리시의 효과와 비교하였다. 마취효과는 Weber et al. (2009)의 방법에 따라 각 마취제 농도 별 6-10마리의 유리메기를 사용하여 조사하였고, 마취에 사용된 유리메기는 실험 전 24시간 동안 절식한 후 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 그 효과를 분석하였고, 이때 각 마취제의 농도별 pH를 아울러 측정하였다.

마취 효과 판정 기준

마취 및 회복 시기는 Keene et al. (1998) 및 Minter et al. (2014)의 방법을 개선하여 Table 1의 기준에 따라 판정하였다. 마취 시간은 마취액에 침지처리한 후 평형감각, 움직임 및 자극에 대한 반응성이 상실된 stage 4 상태까지 소요되는 시간을 측정하였고, 마취시간이 5분이상 소요되는 경우는 마취효과가 없는 것으로 판단하였다. 회복 시간은 마취된 개체를 회복수에 이동한 후 정상적인 유평이 가능한 stage 5 상태까지 소요되는 시간을 측정하였다.

통계처리

실험결과와 통계적 유의성 검정을 위해서 SAS 프로그램(version 5.1.2600)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산 분석한 후 Duncan의 다중위 검정을 실시하였다. 데이터 값은 유의수준 5% 이내($P < 0.05$)로 각 평균값에 대한 유의적 차이를 조사하였다.

결과 및 고찰

어류의 실험실 및 현장 연구에서 마취제의 사용은 인공산란, 어체 측정, 해부 및 운반에 있어 어체에 스트레스를 최소화하여 최적 효과를 얻기 위해 다양한 마취제가 개발되어있다(NRC, 1994). 그러나 동일 마취제에서도 종에 따라 마취제에 대한 마취 효과 및 반응이 광범위하게 나타날 수 있어 다양한 마취제에서 농도 변화에 따른 실험대상종의 반응을 관찰하는 것은 중요하다(King et al., 2005). 이에 본 연구에서는 유리메기에 가장 적합한 마취제 및 최적 농도를 확인하고자 5가지 마취제의 농도 별 마취 및 회복 시간을 관찰한 결과는 Table 2와 같다.

MS-222 40-80 ppm에서 유리메기의 마취 시간은 240.5 ± 77.9 초(40 ppm), 157.4 ± 52.4 초(50ppm), 82.8 ± 17.6 초(60 ppm), 59.1 ± 26.9 초(70 ppm) 및 55.5 ± 16.8 초(80 ppm)로 관찰되어 MS-222 농도가 증가될수록 마취 시간이 유의적으로 단축되는 것으로 관찰되었다. 그러나 회복시간은 62.6-80.2초로 농도 증가에 따른 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이미 MS-222는 FDA에서 수산용 마취제로 공인되어 어류의 마취에 이용되어 온 의약품으로써 다양한 어종에 대한 마취효과 및 적정 농도는 물론 유전독성 및 생리활성에 미치는 여러 영향이 보고되어 있다(Topic Popovic et al., 2012). 본 연구에서 MS-222 40 ppm는 실험어의 건강상태에 따라 마취 시간의 차이가 많았으며 최대5분의 마취시간이 측정되는 개체가 관찰되어 해당 농도에서는 마취효과가 거의 없는 것이 확인되었다. 반면, 약 1 분에 마취되는 농도는 60-80 ppm로써, 농도 변화에 따른 회복 시간의 변화가 없어 해당 농도가 유리메기의

Table 1. Stages of anesthesia and recovery from anesthesia employed as endpoints in the present study (modified from Keene et al., 1998; Minter et al., 2014)

stage	behavior responses in fish
<i>Anesthesia</i>	
3	Partial loss of equilibrium; swimming erratic
4	Complete loss of equilibrium, movement and reactivity
5	Medullary collapse; complete loss of opercular movement
<i>Recovery</i>	
4	Reappearance of avoidance swimming motion and reaction in response to external stimuli, but still behavioural response in stolid
5	Total behavioural recovery. Normal swimming

Table 2. Induction and recovery times in glass catfish *Kryptopterus vitreolus* anaesthetized with various concentrations of five anesthetic agents

Dose (ppm)	pH value*	Induction time (sec)	Recovery time (sec)
MS-222			
40	7.14±0.01	240.5±77.9 ^a	67.5±37.5 ^a
50	7.00±0.01	157.4±52.4 ^b	66.4±18.5 ^a
60	6.95±0.04	82.8±17.6 ^c	80.2±34.7 ^a
70	6.82±0.01	59.1±26.9 ^c	69.7±20.9 ^a
80	6.76±0.01	55.5±16.8 ^c	62.6±25.3 ^a
Clove oil			
20	7.79±0.01	125.2±69.9 ^a	76.2±32.7 ^b
30	7.78±0.01	97.0±18.9 ^{ab}	74.2±27.6 ^b
40	7.75±0.01	70.5±8.2 ^b	83.4±17.7 ^b
50	7.74±0.00	67.3±17.5 ^b	155.5±50.3 ^a
2-phenoxyethanol			
200	7.70±0.01	132.6±44.2 ^a	44.6±14.8 ^b
225	7.70±0.02	109.0±40.4 ^a	52.3±30.7 ^b
250	7.68±0.01	64.3±24.0 ^b	62.8±15.6 ^{ab}
275	7.58±0.01	58.6±9.6 ^b	93.7±46.7 ^a
NaHCO₃			
200	8.18±0.01	-	-
400	8.27±0.01	-	-
600	8.31±0.01	-	-
800	8.35±0.03	-	-
1,000	8.37±0.01	-	-
Lidocaine-HCl			
100	7.40±0.01	202.0±63.3 ^a	117.4±37.7 ^{ab}
200	7.21±0.01	187.7±65.6 ^a	100.8±33.5 ^b
300	6.96±0.02	127.3±13.3 ^a	107.5±4.8 ^{ab}
400	6.87±0.0	146.0±50.8 ^a	152.3±44.6 ^a

*The pH value of tap water used in the laboratory was 7.90±0.04.

적정MS-222 마취 농도로 확인되어 Kolomytkin et al. (2007)의 결과와 동일하였다.

Clove oil은 clove 나무(*Eugenia aromatica*)의 꽃과 잎의 증류를 통해 얻어지는 갈색의 액체로서 eugenol [2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol] 성분이 마취 및 진정 작용에 관여하는 활성 물질로 알려져 치과 치료에 있어 마취제와 진통제로 오래 전부터 사용되어 왔다(Keene et al., 1998). 본 연구에서 clove oil의 경우, 10 ppm에서는 5분 이상 노출되어도 평형감각 및 움직임이 정상적으로 유지되어 마취효과가 나타나지 않는 것으로 관찰되었다. Clove oil 20-50 ppm에서 마취시간은 125.2±69.9초(20 ppm), 97.0±18.9초(30 ppm), 70.5±8.2초(40 ppm) 및

Table 3. Induction and recovery times in glass catfish *Kryptopterus vitreolus* anaesthetized with various concentrations of lidocaine-HCl/NaHCO₃

Dose (mg/L)	pH value*	Induction time (sec)	Recovery time (sec)
100/0	7.40±0.01	202.0±63.3 ^a	117.4±37.7 ^a
100/100	7.97±0.04	157.5±53.4 ^a	77.4±13.5 ^b
100/300	8.23±0.03	78.5±10.2 ^b	77.0±13.1 ^b
100/500	8.35±0.01	53.4±5.8 ^b	101.0±32.4 ^{ab}
200/0	7.21±0.01	187.7±65.6 ^a	100.8±33.5 ^a
200/50	7.56±0.03	86.6±13.7 ^b	93.4±24.8 ^a
200/100	7.80±0.01	81.2±17.2 ^b	98.3±19.7 ^a
200/200	8.00±0.01	66.0±25.4 ^b	97.0±22.9 ^a

*The pH value of tap water used in the laboratory was 7.90±0.04.

67.3±17.5초(50 ppm)로 관찰되어 20-50ppm 이상의 농도에서는 clove oil 농도가 높아질수록 평균 마취시간은 증가하였으나, 농도의 증가에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다($P<0.05$). 또한 회복시간은 20-40 ppm의 경우, 74.2-83.4초로 확인되어 농도 증가에 따른 유의적 차이는 확인되지 않았으나, clove oil의 최고 실험농도인 50 ppm에서는 155.5±50.3초로 여타 농도에 비해 회복시간이 급격히 증가하는 것으로 관찰되었다. 기존에 국내 서식 담수어류인 각시붕어(*Rhodeus uyekii*)와 갈납자루(*Acheilognathus koreensis*)의 경우 1-2분 안에 마취되는 clove oil 농도가 80-160 ppm으로 보고되어 있어 본 종보다는 높은 농도에서 마취 효과가 있는 것으로 확인되어 유리메기는 clove oil에 매우 민감한 것으로 보인다(Kang et al., 2005).

2-phenoxyethanol은 200-275 ppm에서 마취시간이 평균 132.6-58.6초로 200 ppm에서 132.6±44.2초, 225 ppm에서 109±40.4초, 250 ppm에서 64.3±24.0초 그리고 275 ppm에서 58.6±9.6초로 확인되어 농도가 증가할수록 마취시간이 유의적으로 단축되었다($P<0.05$). 그러나 회복시간은 44.6-93.7초로 농도가 증가할수록 평균 회복시간은 증가하였으나 유의적인 차이는 없는 것으로 확인되었다($P<0.05$). 2-phenoxyethanol은 어류에 작용하는 마취 기작은 아직 잘 알려져 있지 않으나, 마취 및 회복시간이 짧고 박테리아와 진균류를 박멸하는 효과도 있어 이미 다양한 어종에 효과적으로 이용되고 있다(Tsantilas et al., 2006). 본 연구에서 유리메기가 약 1분에 마취되는 농도는 250-275 ppm으로 관찰되어 MS-222 및 clove oil에 비해 비교적 높은 농도에서 마취효과가 있는 것으로 확인되었다. 본 결과는 기존 보고된 sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) 및 Senegalese sole의 600-1,200 ppm의 농도보다 낮은 상기 어종에 비해 유리메기가 clove oil과 마찬가지로 2-phenoxyethanol에 민감한 것으로 나타났다(Marsic-Lucic et al., 2005; Weber et al., 2009).

NaHCO₃은 인체에 무해한 백색의 가루로 물에 녹아 CO₂를 방출하는 물질로써 Fish (1943)에 의해 어류의 마취에 최초로 사용된 이래 그 안전성을 인정받아왔고, 인간과 어류 모두에 안전적이기 때문에 식용으로 사용하기 위한 휴약 기간이 필요 없다는 장점을 가지고 있다(Marking and Fred, 1985). 본 연구에서 NaHCO₃은 200-1,000 ppm에 대한 마취효과를 관찰하였으나, 모든 실험 농도에 5분이상 노출되어도 정상적인 평형감각, 움직임 및 반응성을 유지하는 것으로 관찰되어 NaHCO₃은 유리메기에 마취효과가 없는 것으로 확인되었다. 잉어와 African catfish 등에서 NaHCO₃를 이용한 마취효과가 보고된 바 있으나, 2분 이내의 마취효과가 나타나기 위해서는 30,000 ppm 이상의 농도에 침지처리를 해야 하거나, 2,000 ppm에서 5분간 마취하여도 stage 3단계의 마취효과가 나타나는 등 여타 마취제에 비해 마취효과가 낮은 것으로 보고되고 있어 본 연구결과와 유사하였다(Githukia et al., 2016).

Lidocaine-HCl은 이미 1946년 최초로 발견된 이래 유사 마취제인 tetracaine이나 benzocaine과 마찬가지로 혈압을 낮추고 불규칙한 심장박동을 유발하는 부작용이 보고되고 있으나 알레르기의 부작용과 독성이 비교적 적고, 지속시간이 길어 임산부에게도 사용될 만큼 안전한 마취제로 인정받고 있어 인체용 국소마취제로 널리 쓰이며, 어류에는 1980년대부터 사용되고 있다(Carrasco et al., 1984). Lidocaine-HCl 100-400 ppm 농도에서 마취 및 회복 시간을 관찰한 결과, 50 ppm에서 260.5 ± 8.8초 및 79.7 ± 23.9초, 100 ppm에서는 202.0 ± 63.3초 및 117.4 ± 37.7초, 200 ppm에서는 187.7 ± 65.6초 및 100.8 ± 33.5초 그리고 400 ppm에서는 146.0 ± 50.8초 및 152.3 ± 44.6초로 확인되어, 농도 증가에 따른 마취 및 회복 시간의 유의적 차이는 없는 것으로 확인되었다(P<0.05).

Ackerman et al. (2005)은 어류의 마취에 있어 lidocaine-HCl를 단독으로 사용하는 것보다 NaHCO₃과 혼합하여 사용할 경우 마취 효과가 증대된다고 보고한 바 있으며, lidocaine-HCl이 어류에 미칠 영향을 최소화 하고 마취 효과의 증대를 위해 이미 잉어, tilapia, 연어, 차넬메기, 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 및 각시붕어 등 다수의 어종에서 lidocaine-HCl과 NaHCO₃을 혼합하여 사용된 바 있다(Kim et al., 1988; Park et al., 2003; Kang et al., 2005). 이에 본 연구에서도 lidocaine-HCl의 마취효과를 증대시키기 위해 lidocaine-HCl과 NaHCO₃을 혼합 사용하여 그 마취효과를 확인한 결과, lidocaine-HCl 100 ppm에서 마취 시간이 202 ± 63.3초였으나 NaHCO₃을 첨가한 경우 마취 시간이 157초-53.4초로 확인되었고, lidocaine-HCl 200 ppm에서는 마취 시간이 187 ± 65.6초였으나 NaHCO₃을 혼합 사용할 경우 86.6-66.0초에 마취되는 것으로 나타나, 기존 보고된 타 어종에서와 마찬가지로 본 종에서도 동일 농도의 lidocaine-HCl에 NaHCO₃을 혼합 사용할 경우 마취 시간이 약 50% 단축되는 것으로 관찰되었고, 이때 회복 시간의 증가 없이 마취 시간만 단축됨으로써 안정적으로 마취 효과가 증대되는 것

로 확인되었다.

Marking and Fred (1985)은 마취시간이 길어질수록 회복시간이 연장되고 어체가 저산소증에 노출될 수 있는 가능성이 높아지므로, 어류 마취제는 3분 이내의 마취시간과 10분 이내의 회복시간을 나타내는 것이 적절하다고 보고한 바 있다. 이러한 조건에 따르면 유리메기의 마취제로써 NaHCO₃을 제외한 마취제 모두가 적절한 것으로 나타났다. 그러나 MS-222는 미국의 식약청(FDA)에 식용어의 사용이 인정된 유일한 마취제이지만 식용까지 최소 21일간의 휴약 기간이 규정되어 있고(Summerfelt and Smith, 1990), 2-phenoxyethanol 은 어류의 스트레스 작용을 막지 못하여 cortisol 및 glucose 등의 수치를 증가시키며 면역 저하를 일으킬 수 있다고 보고되고 있으며 식용어의 마취제로 아직 승인되지 않았기 때문에(Ackerman et al., 2005), 식용으로 사용 가능한 유리메기의 마취제로써 두 제제는 부적합한 것으로 판단된다. 반면 Clove oil과 lidocaine-HCl은 인체에 사용 가능한 마취제로 잘 알려져 있으나, 이 중 lidocaine-HCl은 임산부에게도 사용 가능한 안전성이 높은 마취제로 알려져 있어 상기 5종의 단일 마취제 중 가장 안전성이 높은 것으로 판단되었다. 특히, lidocaine-HCl 과 NaHCO₃ 혼합 마취제는 lidocaine-HCl의 단독 사용시 보다 저농도에서 동일한 마취 및 회복 효과가 관찰됨으로써 두 제제의 혼합 사용 마취제가 최적의 마취제로 판명되었고, 다양한 농도로 침지 처리 한 결과 이들의 최적 농도는 lidocaine-HCl 200 ppm과 NaHCO₃ 100 ppm 혼합액으로 확인되어 최적의 마취제로 판명되었다. 앞으로 유리메기의 호르몬 처리를 통한 인공산란유도 시 본 마취제가 어류의 산란에 미치는 효과를 검토하여야 할 것이다.

사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2016년)에 의하여 연구되었음.

References

- Ackerman PA, Moragn JD and Iwama GK. 2005. Anesthetics. Canadian Council on Animal Care supplement to Guidelines on the Care and Use of Fish in Research, Teaching and Testing. Canadian Council on Animal Care, Ottawa, Canada, 3-13.
- Carrasco S, Sumano H and Navohro-Fierro R. 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as an anesthetic in fish. *Aquaculture* 41, 161-163.
- Cho YS, Lee SY, Kim DS and Nam YK. 2013. Characterization of stable fluorescent transgenic marine medaka (*Oryzias latipes*) lines carrying red fluorescent protein gene driven by myosin light chain 2 promoter. *Transgenic Res* 22, 849-859. <https://doi.org/10.1007/s11248-012-9675-2>.
- Dijkstra JM, Okamoto H, Ototake M and Nakanishi T. 2001. Luciferase expression 2 years after DNA injection in glass

- catfish (*Kryptopterus bicirrhus*). Fish Shellfish Immunol 11, 199-202. <https://doi.org/10.1006/fsim.2000.0303>.
- Fish FF. 1943. The anaesthesia of fish by high carbon dioxide concentrations. Trans Am Fish Soc 72, 25-29. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1942\)72\[25:TAOFBH\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1942)72[25:TAOFBH]2.0.CO;2).
- Githukia CM, Kembanya EM and Opiyo MA. 2016. Anaesthetic effects of Sodium bicarbonate at different concentrations on African catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles. J Aquacult Eng Fish Res 2, 151-158. <https://doi.org/10.3153/jaefr16017>.
- Glofish. 2017. Common Question About Glofish® Fluorescent Fish. Retrieved from <http://www.glofish.com> on Jul 30, 2017.
- Kang EJ, Kim EM, Kim YJ, Lim SG, Sim DS, Kim YH and Park IS. 2005. Effect of Lidocaine Hydrochloride and Clove Oil as an Anaesthetic on Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekei* and Oily Bifterling, *Acheilognathus koreensis*. J Aquacult 18, 272-279.
- Keene JL, Noakes DLG, Moccia RD and Soto CG. 1998. The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquacult Res 29, 89-101. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1998.00927>.
- Kim DS, Bang IC, Chun SK and Kim YH. 1988. Effects of the anesthetic lidocaine on some fishes. Korean Soc Fish Pathology 1, 59-64.
- King W, Hooper B, Hillsgrove S, Benton C and Berlinsky DL. 2005. The use of clove oil, metomidate, tricaine methane-sulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). Aquacult Res 36, 1442-1449. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01365>.
- Kolomytkin OV, Dunn S, Hart FX, Frilot C, Kolomytkin D and Marino AA. 2007. Glycoproteins bound to ion channels mediate detection of electric fields: A proposed mechanism and supporting evidence. Bioelectromagnetics 28, 375-385. <https://doi.org/10.1002/bem.20310>.
- Marking LL and Meyer FP. 1985. Are better anesthetics needed in fisheries. Fisheries 10, 2-5. [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8446\(1985\)010<0002:ABANIF>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8446(1985)010<0002:ABANIF>2.0.CO;2).
- Marsic-Lucic J, Mladineo I and Tudor M. 2005. Comparative effectiveness of 2-phenoxyethanol and Propiscin as anesthetics for juvenile sea bass *Dicentrarchus labrax* L. Aquacult Int 13, 543-553. <https://doi.org/10.1007/s10499-005-9005-2>.
- Minter LJ, Bailey KM, Harms CA, Lewbart GA and Posner L. 2014. The efficacy of alfaxalone for immersion anesthesia in koi carp (*Cyprinus carpio*). Vet Anaesth Analg 41, 398-405. <https://doi.org/10.1111/vaa.12113>.
- Ng HH and Kottelat M. 2013. After eighty years of misidentification, a name for the glass catfish (Teleostei: Siluridae). Zootaxa 3630, 308-316. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3630.2.6>
- Nutrient Research Council. 1994. Institute for marine biosciences annual report 1993-1994. Institute for Marine Biosciences, 47-53.
- Park IS, Jo JH, Lee SJ, Kim YA, Park KE, Hur JW and Song YC. 2003. Anaesthetic effect of lidocaine hydrochloride-sodium bicarbonate and MS-222 on the greenling (*Hexagrammos otakii*). Korean J Fish Aquat Sci 36, 449-453. <http://doi.org/10.5657/kfas.2003.36.5.449>.
- Peters RC, Van Den Hoek B, Bretschneider F and Struik ML. 2001. Saffan®: A review and some examples of its use in fishes (Pisces: Teleostei). Neth J Zool 51, 421-437. <https://doi.org/10.1163/156854201x00198>.
- Planetcatfish. 2017. Cat-eLog Data Sheets of *Kryptopterus vitreolus*. Retrieved from <https://www.planetcatfish.com> on Jul 30 2017.
- Summerfelt RC and Smith LS. 1990. Anaesthesia, surgery and related techniques. In: Methods in Fish Biology. Schreck CB and Moyle PB, eds. American Fisheries Society, Bethesda, U.S.A, 213-272.
- Topic Popovic N, Strunjak-Perovic I, Coz-Rakovac R, Barisic J, Jadan M, Persin Berakovic A and Sauerborn Klobucar R. 2012. Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. J Appl Ichthyol 28, 553-564. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.01950>.
- Tsantilas H, Galatos AD, Athanassopoulou F, Prassinos NN and Kousoulaki K. 2006. Efficacy of 2-phenoxyethanol as an anaesthetic for two size classes of white sea bream, *Diplodus sargus* L., and sharp snout sea bream, *Diplodus puntazzo* C. Aquaculture 253, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.07.034>.
- Weber RA, Peleteiro JB, Martín LG and Aldegunde M. 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anaesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). Aquaculture 288, 147-150. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.11.024>.