

넙치 연쇄구균증의 발생현황 및 대책

병리연구과 권문경

1. 서론

우리나라의 넙치 양식은 1970년대 후반부터 종묘생산이 시작되어 1986년도에 제주도에서 종묘생산기술개발을 계기로 육상양식이 시작되었다. 1997년도에는 5,500톤을 생산하였으며 (허 등, 2001), 이후 급속도로 발전하여 2008년에는 46,432톤을 생산함으로써 11년만에 약10배의 생산량 증가를 이루었다. 양식산업이 발전함에 따라 시설규모도 소규모에서 대규모로 전환되고 사육방법 또한 고밀도로 사육하는 경우가 많아 사육관리 부주의 등으로 각종 질병이 발생되고 있으며, 고수온기 기생충 및 세균에 의한 단독 감염이 주를 이룬 양식 초기와는 달리 수온과 상관없이 연중 다양한 병원체가 혼합감염의 형태로 질병을 일으켜 큰 피해를 나타내고 있다. 해산 양식어류에 피해를 주는 세균성 질병으로는 어종에 따라 약간의 차이는 있으나, 연쇄구균증, 비브리오병, 에드워드병, 활주세균증 등이 보고되고 있다(심등, 1995; Oh et al., 1998)

세균성 질병 중 연쇄구균증은 아시아, 미국, 남아프리카, 호주, 이스라엘 및 유럽 등 전세계적으로 양식어류에 많은 피해를 유발하는 질병으로서 원인균으로 *Streptococcus diffcilis*, *S. agalactiae*, *S. iniae*, *S. parauberis*, *S. equi*, *S. equisimilis*, *S. faecium*, *S. pyogenes*, *Enterococcus faecalis* subsp. *liquefaciens*, *Lactococcus garvieae*, *L. lactis* 등 분류학적으로 다양한 균주들이 관여하는 것으로 알려져 있다(Austin and Austin, 1999). 우리나라 양식넙치에서도 *L. garvieae*(이 등, 2001), β -haemolytic *S. sp.*(허 등, 2001), *S. pyogenes* 및 *Enterococcus faecalis*(송 등, 2003), *S. iniae*(김과 김, 2003)와 *S. parauberis*(우 등, 2006) 등 다양한 병원체가 넙치에 대한 병원성과 관련하여 보고되었다.

연쇄구균증은 양식 무지개송어(Hoshina et al., 1958)에서 처음 보고된 이후 연어, 송어, 농어 그리고 넙치 등 다양한 어종에 감염된 보고들이 있으며, 급성감염의 경우에는 3~7일만에 50%이상의 폐사를 나타내기도 하지만, 반대로 만성감염일 경우에는 몇주 동안 매일 약간의 폐사만을 일으키기도 한다(Park et al., 2009).

우리나라의 넙치 양식에서 많은 경제적 손실을 초래하는 연쇄구균증의 주요 원인균으로 *S. iniae*와 *S. parauberis*가 지목되고 있어(김 등, 2005; 조 등, 2007), 본 질병에 의한 피해를 최소화하기 방안으로 본 병원체의 감염현황, 병원체 특성, 치료를 위해 사용되는 항균제의 효과 및 예방법에 대해서 논의하고자 한다.

2. 감염현황

양식 넙치에서 발생하는 질병에 대하여 효과적인 방제 대책 수립을 위해서는 전국적, 지역적인 발생 상황이나 양식장별 발생 양상 등 정확한 모니터링 및 역학 정보를 수집하는 등 감염현황을 파악하는 것이 중요하다.

양식넙치에 감염되는 병원성 세균 중 연쇄구균증의 감염율을 조사하기 위하여 조 등(2008)은 양식넙치를 무작위로 채취하여 조사한 결과, 연쇄구균증의 감염율이 16.4%로 넙치에서 분리되는 주요 5종 세균인 *Vibrio*속 세균, 연쇄구균, *Photobacterium damsela*, *Edwardsiella tarda*, *Pseudomonas* 중 2번째로 높은 것으로 보고하였다. 조 등(2008)의 연구 방법과 달리 김 등(2006)은 외관상 질병의 증상이 뚜렷한 병어를 대상으로 실시하였을 때도 연쇄구균이 28.8%로 2번째로 높은 감염율을 나타내어 양식 넙치에서 주로 검출되는 세균은 질병의 발현과 상관없이 양식 수계 및 넙치에 대한 감염 기회에 우점적 위치를 차지하고 있을 것으로 추정하였다(조 등, 2008).

양식넙치의 개체 크기별 연쇄구균 감염율 조사 결과(조 등, 2007) 연쇄구균증은 다른 세균성 질병에 비하여 21-40cm의 비교적 큰 개체에서 검출률이 높아 질병이 발생할 경우 양식 기간 중 소요되는 비용이 다 소요되어진 상태에서 추가로 약품비의 소요 및 폐사로 인한 생산량 감소 등 누적 피해가 증가하여 경제적 손실이 큰 질병이므로 양식과정 중 질병의 예방이 무엇보다도 중요한 질병이라고 보고하였다.

양식넙치에서 연쇄구균의 계절별 감염율 조사 결과(조 등, 2007), *S. spp.*의 검출률은 고수온기인 8월부터 검출률이 증가하여 저수온기 동안에도 28.0-30.0%의 높은 검출률을 나타내었으며, *S. spp.*는 주로 *S. parauberis*와 *S. iniae*로 동정되었으며, 고수온기에는 주로 *S. iniae*가 저수온기에는 주로 *S. parauberis*가 높은 비율로 검출되었다. 또한 다른 속 세균과의 혼합감염률도 높은 것으로 나타났는데, 유사한 연쇄상구균속과의 혼합감염은 검출되지 않은 반면 *E. tarda*와 18.9%, *P. damsela*와는 5.4%, *Pseudomonas spp.*와는 2.7%의 혼합감염률을 나타내었다.

3. 병원체의 특징 및 넙치에서의 감염 증상

연쇄구균증의 주요 병원체인 *S. iniae*와 *S. parauberis*는 모두 그람양성의 연쇄상구균형태를 나타내나(그림 1) 병원체의 성상 및 감염 시 증상이 상이하여 병원성, 생물학적 성상 및 감염 증상에 대하여 각각의 병원체에 대하여 연구가 이루어지고 있다.

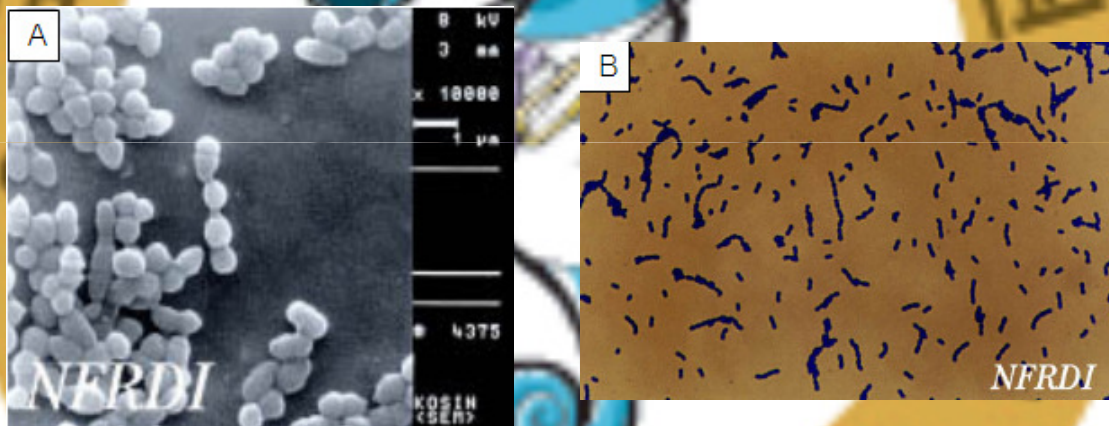


그림 1. 연쇄구균(A, 전자현미경 사진; B, 그람양성의 연쇄구균).

연쇄구균 중 *S. iniae*는 β -용혈성을 나타내는 균주이며, 집락의 형태학적 특성과 병원성에 대한 연구(김 등, 2005)결과, 집락의 형태에 따라 viscous form(점성형태)과 non viscous form(비점성형태)으로 나누었다. Viscous type은 세균 세포 주위로 두꺼운 capsule이 형성되었으며, capsule을 갖지 않는 균주에 비하여 혈청의 살균작용에 대한 생존율 및 병원성도 높게 나타났다. 이 결과는 *S. iniae*와 질병의 임상 및 병리학적 증상이 유사한 *Lactococcus garvieae*에서도 병원성에 capsule이 관여하여 capsule이 존재하는 균주에서 숙주의 식세포의 식작용에 대한 방어능 및 병원성이 높아져(Yoshida et al., 1996) 같은 결과를 나타내었다.

*S. iniae*에 감염 시 넙치는 힘없이 떠다니다가 수조바닥에 가만히 붙어 정지해 있으며 선회운동을 하기도 한다. 체색이 검어지고 안구 백탁 및 돌출, 눈 가장자리 및 지느러미가 붉어지며, 간장의 충혈, 비대 또는 축소, 장관의 염증 및 출혈, 뇌출혈 및 아가미 뚜껑 내부에 농창이 형성되는 것이 특징이다(그림 2).

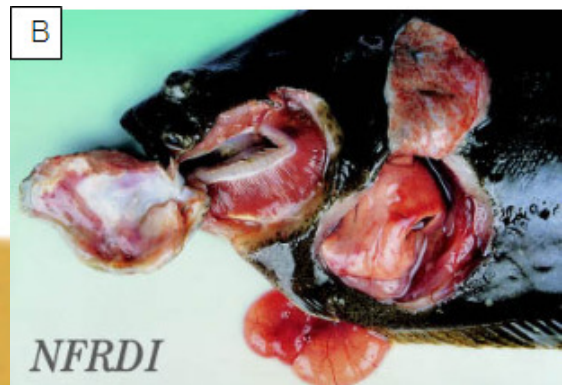


그림 2. *Streptococcus iniae* 감염된 넙치
(A, 체색흑화; B, 아가미뚜껑 내부출혈 및 내부장기 출혈).

*S. parauberis*는 소 유선염(mastitis)의 원인균으로 양식 터벗에서 처음으로 분리되었으며 표현형 및 혈청학적 특성에 따라 *S. uberis* genotype II *Enterococcus seriolicida* 등으로 동정되었다가, 이후 16SrRNA 분석 결과 *S. parauberis*로 재동정된 균으로, 넙치, 터벗, 방어류 등에 감염되며 포유류에서도 병원성을 나타낸다.

*S. parauberis*는 비용혈성의 γ -용혈성 연쇄구균으로 이 등(2007)은 *S. parauberis*를 인위 감염 시 외부증상으로는 체색 흑화 외에는 다른 증상을 나타내지 않아 양식 현장에서 *S. parauberis* 감염으로 인한 연쇄구균증 발생 시 현장 인지가 늦음으로 인해 피해가 커질 것으로 보고하였다. 김 등(2009)은 *S. parauberis*의 감염 증상을 파악하기 위하여 인위감염시켰으나 감염된 병어에서 외관상 체색흑화 이외의 특징적인 증상은 관찰되지 않아 이 등과 같은 결과를 나타내었다. 해부소견으로는 심장에 염증 소견이 다수 관찰되었으며(그림 3), 일부 개체에서는 맑은 복수가 관찰되었다. *S. parauberis*의 주요 감염 장기로 추정되는 심장의 병리조직학적 변화를 관찰한 결과, 감염된 넙치는 1주째부터 심외막염이 나타나기 시작하여 3주째까지 심해지다가 6주째에는 회복되면서 심외막염이 완화된다고 보고하였다. 또한 스트레스가 *S. parauberis*의 감염에 미치는 영향을 조사한 결과 스트레스를 받은 넙치의 심외막염이 스트레스를 받지 않은 넙치보다 더 심하게 나타났으며, 심근에서 백혈구계 세포침윤이 일어나 심근염이 나타났으며, 심근의 섬유화로 진행된 개체도 관찰된다고 보고하였다. 따라서 넙치 양식 시 수질, 수온, 고밀도 사육, handling과 같은 스트레스는 넙치의 연쇄구균증 발병율을 높일 것으로 사료된다.

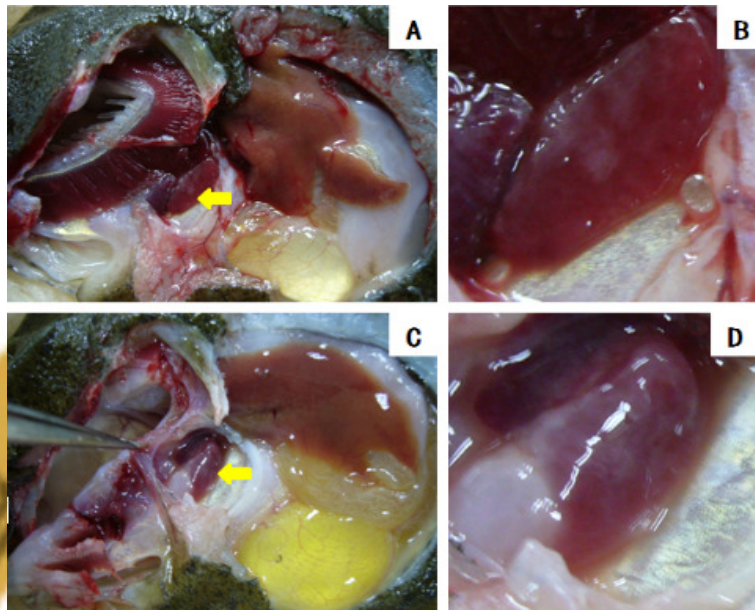


그림. 2. 넙치, *Paralichthys olivaceus* 에 *Streptococcus parauberis*(2×10^8 CFU/fish)로 인위 감염 후 심외막염 관찰. 심외막의 moderate inflammation(A 와 B) and sever inflammation(C와 D)(김 등, 2009).

4. 진단법

일본의 연쇄구균증에 감염된 방어에서 분리된 연쇄구균은 처음에는 *S. sp.*로 발표되었던 것을 그 후 *Enterococcus seriolicida*로 명명하였다가, 다시 *L. garvieae*로 명명해 온 것처럼 동정에 어려움이 있다. 최근에는 연쇄상구균의 종 다양성을 연구하고 또 병원균의 역학조사를 위하여 많은 분자생물학적 기법들이 이용되고 있다. 이렇게 양식 어류의 연쇄구균증에 관여하는 병원체가 다양하게 보고되고 있는 것은 지역에 따라 질병에 관여하는 연쇄상구균의 종류가 다르기 때문인 것으로 보고되고 있지만, 연쇄상구균 균을 구성하고 있는 종 조성 자체가 다양할 뿐 아니라, 표준화된 분류 방법이 없다는 것도 다양성의 원인으로 추정하였다(송 등, 2003),

넙치에서 연쇄구균증의 원인균인 *S. iniae* 또는 *S. parauberis*의 감염 유무를 조사하기 위하여 분리된 세균에 대하여 혈액한천배지에서의 용혈성유무, 생화학적 성상 및 colony PCR법등이 동정에 주로 이용된다.

*S. iniae*는 혈액한천배지에서 β -용혈성을 나타내며 10% bile agar에서 성장이 가능하며, Arginine, Esculin, Starch를 가수분해하며, Glucose Glycerol, Maltose, Mannitol, Salicin, Sucrose를 분해하여 산을 생성하며 Methyl Red에 대하여 양성반응을 나타내는 특징을 가진다. *S. iniae* 검출을 위한 colony PCR법에 사용되는 primer set 및 PCR 조건은 표 1과 2와 같으며 증폭된 DNA 산물은 각각 300bp 및 870bp로 나타난다.

*S. parauberis*는 혈액한천배지에서 무용혈성의 γ -용혈성을 나타내며, Voges-Proskauer 반응에서 양성반응을 나타내며 Arginin을 가수분해시키며 Galactosidase에 대해서는 양성반응을 나타내나 Glucuronidase에 대해서는 음성 반응을 나타내며, Galactose, D-glucose, D-mannose, D-fructose, Maltose, Lactose, Cellobiose를 이용한다. *S. parauberis* 검출을 위한 primer set 및 PCR 조건은 표 1, 2와 같으며 증폭된 DNA 산물은 각각 220bp 및 718bp로 나타난다.

표 1. 연쇄구균 분류에 사용한 PCR primer set

병원체	Primer set	염기서열(5'-3')	크기 (bp)	참고문헌
Streptococcus parauberis	pSP-1	TCCAGTCTTTCGACCTTCTT	220	Zlotkin et al.(1998)
	pSP-2	CAAAGAGATGTTTCGGCTTG		
Streptococcus iniae	Sin-1	CTAGAGTACACATGTACT(AGCT)AAG	300	
	Sin-2	GGATTTTCCACTCCCATTAC		
Streptococcus parauberis	Spa2152	TTTCGTCTGAGGCAATGTTG	718	Mata et al.(2004)
	Spa2870	GCTTCATATATCGCTATACT		
Streptococcus iniae	LOX-1	AAGGGGAAATCGCAAGTGCC	870	
	LOX-2	ATATCTGATTGGGCCGTCTAA		

표 2. PCR 조건

단 계	온도 및 조건	Cycles
pre-PCR	95°C, 5분	
PCR Cycle	95°C, 1분	30
	55°C, 1분	
	72°C, 1분	
	72°C, 7분	
Last extention	72°C, 7분	

5. 질병예방 및 대책

우리나라의 고밀도화된 넙치 양식장은 다양한 감염성 질병을 유발시키는 원인이 되고 있으며, 제주도의 육상 수조식 양식장에서는 연중 지하해수(16~18°C)를 이용하여 적절한 사육환경을 조성하였으나 양식장이 대형화됨에 따라 각종 감염성 질병이 빈번하게 발생되고 있다. 특히 넙치의 감염성 질병 중 연쇄구균증은 수온과 관계없이 연중 발생하고 있어 치료를 위해 많은 항균제가 사용되고 있으나 항균제에 대한 내성균의 출현도 빈번하고 그 내성의 정도가 점점 높아져 항균제에 의한 치료 효과를 기대하기 힘든 실정이다. 또한 S. iniae에 감염된 어류는 감염 초기에 식욕 감퇴로 인해 사료 섭취량이 급격히 감소하기 때문에 약제감수성 시험에서는 여러 약제가 효과적인 것으로 나타나고 있으나, 실제로 양식장에서 사용할 경우 효과적이 못한 경우가 많다.

어류병원세균의 약제내성은 여러 종류의 전이성 R plasmid에 있는 내성유전자에 의해 나타나며, 이들 R plasmid의 구조형성에 전이인자가 관여하고 있으며(Kim and Aoki, 1994), 내성균 출현을 억제하기 위해서는 어류병원세균들의 약제감수성 경향 및 약제내성 전이성 plasmid에 관한 연구가 필요하여, 김 등(2003)은 여수, 남해, 제주, 완도, 영광, 해남과 고흥의 넙치 병어에서 분리된 연쇄구균을 대상으로 항생제 감수성을 조사하였다. 분리된 대부분의 균주는 ampicillin, doxycycline, erythromycin, florfenicol, flumequine, norfloxacin, oxolinic acid, oxytetracycline의 2~5약제에 동시 내성을 나타내었으며, 이들 내성균에서 R plasmid가 관여하고 있었다고 보고하였다. 본 결과는 허 등(2001)이 제주도의 넙치 병어에서 분리된 연쇄구균의 감수성 시험을 하였을 때 ampicillin, ciprofloxacin, doxycycline, gentamycin에 대해서는 감수성을 나타내었고 tetracycline, erythromycin, streptomycin 및

oxytetracycline에 내성을 나타낸 결과와 비교해 볼 때 지역적으로 차이가 있기는 하지만 2001년 조사결과에 비해 내성균이 증가하였다는 것을 알 수 있다. 또한 Lee와 Ha(1991)의 조사결과에서는 erythromycin에서도 감수성이 나타났으나 이후에는 내성을 나타낸 결과에서 매년 내성 항생제의 종류가 증가고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 약제사용을 위해서는 세심한 주의가 필요하며 치료약제 선택을 위해서는 주기적으로 병원균을 분리하여 약제감수성 경향을 조사하는 것이 질병의 치료효과를 높이고, 약품의 사용량과 빈도를 줄임으로써 경제적인 문제와 공중보건학상으로 발생될 수 있는 문제들을 예방할 수 있는 하나의 중요한 방법이 될 것으로 기대된다(김 등, 2003). Park et al.(2009)은 제주도의 넙치 병어에서 분리된 *S. iniae*와 *S. parauberis*에서 tetracycline과 erythromycin 내성 유전자의 패턴을 파악한 결과, *S. iniae*(65균주)는 cefotzime, erythromycin, ofloxacin, penicillin, tetracycline과 vancomycin에 대하여 감수성을 가졌으나, *S. parauberis*는 erythromycin에 대해서는 86균주 중 58%, tetracycline에 대해서는 86균주 중 63%가 내성을 나타내었다. *S. parauberis*의 tet(S)와 erm(B) 유전자는 erythromycin과 tetracycline의 높은 내성과 관련이 있는 유전자로 전위인자와 관련되어 Streptococcus에서 획득된 항생제 내성 인자는 세균들 사이에 전이될 수 있다. 따라서 어류질병을 치료하기 위해 무분별하게 항생제를 사용시 쉽게 내성균의 증가를 야기시킬 수 있고 어체내 약제의 잔류로 인해 식품안전성의 측면에서 공중위생상의 문제를 유발하고 있다. 따라서 기존의 약물에 의한 치료 위주의 방역대책에서 예방백신을 이용한 근본적이면서 새로운 개념의 질병예방 기술이 현장에 도입되어야 할 것으로 생각된다.

현재 국제적으로 시판되고 있는 수산용 백신으로는 은어와 연어과 어류의 비브리오병 백신, 연어과 어류의 구적병 백신, 부tm럼병 백신, 냉수성 비브리오병 백신, 방어의 장구균증 백신, 유럽 농어의 유결절 백신, 미국 메기의 에드워드병 백신, 담수어의 콜롬나리스병 백신, 방어의 α -용혈성 연쇄구균증 불활화 백신, 방어의 α -용혈성 연쇄구균증과 비브리오 불활화 혼합백신 등이 있으며 국내에서는 에드워드 예방백신, β -용혈성 연쇄구균 불활화 백신이 상용화 되어 있다.

연쇄구균증에 대한 예방 백신으로는 무지개송어를 대상으로 *S. iniae* 및 *L. garvieae*의 formalin inactivated whole cells vaccine의 효능을 조사한 바 있으며(Ghitno et al., 1995), 틸라피아에서 whole cells vaccine 및 bacterial protein extract의 면역 효과에 대한 보고(Eldar et al., 1995) 및 *S. iniae*의 formalin killed cells 및 concentrated extracellular products(ECPs)에 대한 틸라피아의 면역반응에 대해 보고된 것이 있다(Klesius et al., 2000). 우리나라에서는 농림수산식품부의 수산동물 질병예방백신 공급사업에 의거하여 2007년부터 넙치 양식어가에 예방백신 지원사업을 수행하고 있으며, 현재는 수산용 백신 중 β -용혈성 연쇄구균 불활화백신에 국한되어 있다. 그러나 매년 백신에 대한 수요가 급증하여 2007년의 백신지원비는 15억원에 불과하였으나 2010년에는 31억4천8백만원으로 계획되어 있으며, 실제 사용 양식어가에서도 질병 치료에 사용되는 제반 경비 절감 및 생산량 증대로 큰 효과를 나타낸 것을 조사되므로 연쇄구균증 예방에서는 탁월한 효과를 나타낸다고 생각된다.

그러나 현재 연쇄구균 불활화 백신접종을 위한 주사법은 치어기에 대량으로 주사처리 시 큰 스트레스를 유발하여 면역력 저하를 야기할 수 있으며, 개체별 접종에 따른 노동비 및 접종시간의 장기화 등 불편한 점이 있어 백신처리자동화 시스템 개발이 시급하다고 생각된다. 또한, 연쇄구균증은 단독감염 뿐만 아니라 다른 세균성 질병과의 혼합감염율이 높게 나타나므로 효과적인 예방을 위하여 혼합백신의 상용화가 시급한 실정이며 백신의 효과 및 지속기간을 높이기 위하여 면역보조제 첨가 백신의 개발도 필요하다. 이와 같이 효과적인 백신을 개발하여 넙치에 스트레스를 최소화할 수 있는 방법으로 접종 가능할 때 연쇄구균증 예방 효과가 더욱더 클 것으로 기대되며, 무항생제 처리 넙치 생산도 가능할 것으로 기대된다.

- Austin, A. and Austin, D.A.(1999) Bacterial fish pathogens, 3rd ed., Springer, London.
- Hoshina, T., Sano, T., Morimoto, Y.(1958) A Streptococcus pathogenic to fish. J. Tokyo Univ. Fish, 44권, 57-68.
- Eldar, A., Shapiro, O., Bejerano, Y. and Bercovier, H.(1995) Vaccination with whole cell vaccine and bacterial protein extract protect tilapia against Streptococcus difficile meningoencephalitis. Vaccine, 13권, 867-870.
- Ghittino, C., Eldar, A., Prearo, M., Bozzetta, E., Livvof, A. and Bercovier, H.(1995) Comparative pathology and experimental vaccination in diseased rainbow trout infected by Streptococcus iniae and Lactococcus garvieae, In Diseases of fish and shellfish. Eur. Ass. Fish., Pathol, VII Int Conf, Palma de Mallorca, p27.
- Kim, E. and Aoki, T.(1994) The transposon-like structure of IS26-tetracycline and kanamycin resistance determinant derived from transferable R plasmid of fish pathogens, Pasteurella piscicida. Microbiol. Immunol., 37권, 103-109.
- Klesius, P.H., Shoemaker, C.A. and Evans, J.J.(2000) Efficacy of single and combined Streptococcus iniae isolated vaccine administered by intraperitoneal and intramuscular routes in tilapia(Oreochromis niloticus). Aquaculture, 188권, 237-246.
- Mata, A.I., Gibella, A., Casamayor, A., Blanco, M., Dominguez, L., Fernandez-Garayzabal, J.F.(2004) Multiplex PCR assay for detection of bacterial pathogens associated with warm-water Streptococcosis in fish, Appl. Environ. Microbiol, 70권, 3183-3187.
- Lee, C.H. and Ha, D.S.(1991) A streptococcal disease of cultured flounder, Paralichthys olivaceus, J. Fish Pathol, 4권, 71-77.
- Park, Y.K., Nho, S.W., Park, S.B., Jang, H.B., Cha, I.S., H, M.A., Kim, and Y.R., Dalvi, R.S., Kang, B.J. and Jung, T.S.(2009) Antibiotic susceptibility and resistance of Streptococcus iniae and Streptococcus parauberis isolated from olive flounder(Paralichthys olivaceus). Veterinary Microbiology, 136권, 76-81.
- Yoshida, T., Yamada, Y. and Sakai, M.(1996) Association of the cell capsule with anti-opsonophagocytosis in β -hemolytic Streptococcus spp. isolated from rainbow trout. J. Aquat. Anim. Health, 8권, 223-228.
- AZlotkin, A., Hershko, H., Eldar, A.(1998) Possible transmission of Streptococcus iniae from wild fish to cultured marine fish. Appl. Environ. Microbiol., 64권, 4065-4067.
- 김종훈, 김은희(2003) 넙치(Paralichthys olivaceus) 병어에서 분리된 연쇄상구균의 다양성, 한국수산학회지, 36권, 654-660.
- 김진우, 정승희, 박명애, 도정완, 최동림, 지보영, 조미영, 김명석, 최혜승, 김이청, 이주석, 이창훈, 박종득, 박미선, 서정수(2006) 2000~2006년 하절기 양식어류의 병원체 감염 현황, 한국어병학회지, 19권, 207-214.
- 김진우, 조미영, 원경미, 김병관, 최희정, 한명철, 박명애(2009) Streptococcus parauberis 인위감염에 의한 넙치, Paralichthys olivaceus 심장의 병리학적 변화, 22권, 253-262.
- 김현정, 우승호, 김진우, 박수일(2005) Streptococcus iniae의 형태학적 특성과 병원성, 한국어병학회지, 18권, 167-178.
- 송진경, 김종훈, 김은희(2003) 연쇄상구균의 표현형적 특성과 RAPD profiles 비교, 한국어병학회지, 16권, 51-59.
- 이덕찬, 이재일, 박찬일, 박수일(2001) 해산 양식어류로부터 분리된 연쇄구균종의 원인균, Lactococcus garvieae에 대한 연구, 한국어병학회지, 14권, 71-80.
- 이창훈, 김필연, 고창식, 오덕철, 강봉조(2007) 제주지역 양식 넙치(Paralichthys olivaceus)로

부터 분리되는 *Streptococcus iniae*와 *Streptococcus parauberis*의 생물학적 특성, 20권, 33-40.

조미영, 김명석, 최혜승, 박경현, 김진우, 박미선, 박명애(2008) 양식 넙치, *Paralichthys olivaceus* 질병에 대한 통계적 관찰, 한국어병학회지, 21권, 271-278.

조미영, 오윤경, 이덕찬, 김재훈, 박명애(2007) 양식 넙치에서 분리한 *Streptococcus parauberis*의 동정방법에 따른 지역적 비교, 한국어병학회지, 20권, 49-60.

허문수, 송춘복, 이제희, 여인규, 전유진, 이정재, 정상철, 이기완, 노섬, 최광식, 이영돈(2001) 제주산 양식넙치(*Paralichthys olivaceus*)로부터 분리된 β -용혈성 연쇄구균(β -*Streptococcus* spp.)의 특성, 한국수산학회지, 34권, 365-369.

*본 내용은 Aqua Info 6월호에 게재되었던 내용입니다.

