어류의 면역기구

수산동물방역센터

어류가 외래성물질인 비자기를 식별하는 기구, 즉 면역반응으로 생각되는 능력을 가지는 사실은 옛날 메치니코프와 그와 같은 시대의 연구자에 의해 이미 알려져 있었다. 그렇지만 어류의 면역기구에 관한 상세한 본격적 연구가 시작된 것은 과거 십 수년 정도를 지나온 것에 불과하다. 의학 및 수의학 영역에 있어서 면역학 연구와 비교하면 실로 역사는 얕은 학문영역에 속한다고 말 할 수 있겠다.

1. 어류의 계통발생

어류의 계통발생은 원구류, 연골어류, 硬鱗어류, 경골어류를 지나서 肺魚로 진화하였다고 여겨지고 있다.

2. 어류의 면역계

어류의 임차계조직은 경골어류에서는 신장 및 비장에서 관찰되고 있고, 어류의 면역담당조직이라고 생각되어지는 것은, 신장 특히 전신부, 비장, 흉선 및 장관, 간문맥 주위에 부착한 임파조직이라고 생각된다(표 1). 주요 어종에 있어 임파기관의 조직발생을 표 2에 표시하였다.

표 1. 척추동물의 임파계조직의 진화

동물종 \ 임파기관	흉선	비장	골수	임파절	장관수반 임파조직	신장 /간장
포유류	+	+	+	+	+	+
조류	+	+	+*	+	+	?
파충류	+	+	+	+	−/+	+
無尾양서류 (개구리, 두꺼비)	+	+	+	+	−/+	+
有尾양서류 (영원, 도룡뇽)	+	+	−	−	−	+
폐어	+	+	−	−	−	+
경골어류	+	+	−	−	−	+
연골어류	+	+	−	−	−	+
무악류	−	?	−	−	−	+

+* : ファブリキウス嚢

표 2. 주요어종에 있어 임파기관의 조직발생

어 종	수 온 (℃)	임파계세포의 초기시기		
		흉 선	신 장	비 장
무지개송어 (*Salmo gairdneri*)	14	부화후3일째	부화후5일째	부화후 5일째 28일째에서도 적혈구계세포가 잔존
잉 어 (*Cyprinus carpio*)	22	부화후3일째	부화후6일째	부화후 8일째 28일째에서도 적혈구계세포가 잔존
대서양연어 (*Salmo salar*)	4～7	부화후22일째	부화후14일째	부화후 42일째

3. 어류에서 임파구의 특징

어류에 있어서도 기능이 다른 임파구의 존재가 보고되고 있다. 그 기능으로서는 mitogen에 대하여 유약화반응이 다른 임파구가 존재하고 있고, hapten에 의한 carrier효과가 인정된다. 더욱 세포표면 면역 globulin의 존재가 확인된다.

4. 어류 면역 globulin

어류에서도 항원자극에 응답하여 면역 globulin(Ig)을 생산한다. 어류 Ig의 특징은 포유류 IgM과 유사한 하나의 class만이 존재하고(표 3), 응집항체는 쉽게 검출되지만 침강항체활성은 일반적으로 검출되기 어렵다고 말해지고 있다. 어류 IgM의 구조를 그림 2에 나타내었다.

표 3. 척추동물 각綱에 나타나는 면역 globulin의 class

동물망	출현시기 (億年前)	C_I			C_{II}			
		μ	ν	Y	α	γ	δ	ε
원구류	(4.5)	■	■					
어 류	(4.0)	■	▭					
양서류 유미양서류 무미양서류	(3.5)	■	▤	■				
파충류	(2.8)	■	▤	■	■			
조 류	(1.5)	■	▤	■	■	■		
포유류	(1.0)	■	■	■	■	■	■	■
면역 globulin의 class		IgM	IgN	IgY	IgA	IgG	IgD	IgE

5. 어류의 항체생산

어류에 의한 항체생산기관의 다름.

일반적으로 어류에서는 신장 및 비장에서 항체생산이 이루어지고 있으나 연골어류에 있어서는 포유동물(쥐)과 동일하게 신장은 항체생산에 관여하고 있지 않다.

6. 어류의 면역응답에 영향을 미치는 여러 인자

가. 수온

어류 액성 및 세포성 면역응답에 영향을 미치는 것으로 가장 중요한 인자는 사육환경인 수온이고, 항체생산의 면역반응 시기에 온도의존성이며 그 후 항체생산은 온도비의존성을 나타내는 사실이 알려져 있다.

나. 항원의 투여량과 접종방법

어류의 일차 및 이차응답의 세기는 항원량과 그 투여경로에 의존하는 사실이 알려져 있다. 소량의 항원의 근육내 접종에 따른 높은 이차응답은 저농도의 항원에 의한 T세포의 helper 기능의 자극이라고 생각하고 있고 면역경로에 따라서는 면역관용(immunological tolerance)이 알려져 있다.

7. 어류의 보체

일반적으로 보체는 포유류의 것보다도 易熱性이다. 어류의 혈청중 보체를 20분간동안 불활화하는 온도는 어종에 따라서 약간 다르다. 어류에서 항원·항체복합체는 포유류의 보체(몰모트혈청)에서는 활성화되지 않는다. 보체를 활성화하기 위해서는 가까운 어종에 유해하는 것이어야 한다는 사실을 나타내는 성적이 보고되고 있다. 보체활성에 미치는 Ca이온 및 Mg이온의 영향 등 포유류의 보체와 공통하고 있는 부분도 있다. 쥐의 혈청은 LPS, Zymosan 및 inilin에서 보체의 용혈활성이 저지된다. Mg이온의 필요성 등에서 쥐의 보체활성에 별도의 경로가 존재한다는 사실이 시사되고 있다.

8. 어류에 있어 지연형 과민반응

즉시형 과민증성 피부반응은 여러 종의 넙치과 어류에서 C-polysaccharide 물질에 의하여 유발된다는 사실이 보고되고 있다. 그러나 이 반응의 메카니즘은 알려져 있지 않다. 잉어과 및 그와 유사한 어류에서, PAS·양성과립임파구가 포유류의 비만세포와 유사성이 있다는 사실을 나타내고 있는 성적이 있다. 넙치류 및 연어과 물고기에서는 에오진기호성과립세포가 응답세포라고 말하고 있다.

9. 어병예방과 어류백신

어류백신의 시도는 1942년 Duff가 부스럼병의 병원균 *Aeromonas salmonicida* 로써 만든 클로로포름 사균백신을 어류에 경구적으로 투여함에 따라서 예방효과를 확인한 것이 최초이다.

그 후 미국에서 연어과 어류의 해면사육이 활발하게 됨에 따라 비브리오병이 많이 발생하여 백신에 의한 예방법의 연구가 빈번하게 이루어지게 되었다.

가. 항원물질의 수확

어류에서는 항원물질의 수확 경로로서 경구(장관), 아가미, 체표의 마크로파지 및 임파구, 측선 등이 알려져 있다.

특히 아가미로부터 항원을 수확하는 것은 어류에 있어 가장 중요한 수확경로의 하나라고 여겨지며, 아가미의 감시세포표면의 특이 Receptor에 의하여 잡혀진 항원은 마크로파지에 의해 처리되어 혈액에 의해 전신으로 운반된다고 보고되고 있다.

나. 백신의 투여법

(1) 주사법(Injection method)

한 마리 씩 주사함에 따라 백신을 접종하는 방법은 어체에 확실한 면역능을 부여하는 방법이지만 한번에 대량의 어체를 처리하는 것이 곤란하기 때문에 실용화하기에는 어려운 점이 있다.

(2) 경구투여법(Oral administration)

사료에 백신을 혼합한 후에 투여하는 방법이다. 비브리오병, 부스럼병 백신의 투여법으로서 이용되고 있다.

(3) 침지법(Immersion or dipping administration)

미리 高張液에 어류를 침지한 후 백신액에 침지하는 방법이다. 고장액에서 처리하지 않는 방법에서도 백신효과가 확인되어 현재로서는 오로지 후자의 방법이 이용되고 있다.

단시간 안에 대량의 어체를 처리하는 것이 가능하기 때문에 치어 백신투여법으로서는 좋은 방법이다.

(4) 분무법(Spray or flush administration)
백신액을 압력을 가하여 어체 표면에 분무하는 방법이다.

(5) 항문삽입법(Anal intubation administration)
항문으로 백신을 주입하는 방법이다.

다. 백신효과에 미치는 영향

(1) 수온
어체를 항원물질로 자극한 경우 면역능의 개발은 환경수온에 강하게 영향을 받는다는 사실이 알려져 있다. 즉 일반적으로 어류는 저수온에서는 면역응답이 억제되는 것이 입증되고 있다. 면역응답은 냉수어에서는 늦고 온수어에서는 빠르다는 사실이 보고되고 있다.
홍송어에 침지법으로 비브리오세균을 투여한 후 10℃와 18℃의 두 가지 다른 수온에서 사육하고 백신투여후 5일째, 10일째, 15일째, 20일째 및 120일째에 각각 공격을 실시하여 방어효과를 비교하였더니, 양쪽 모두 10일 전후에서 방어효과는 발현하였지만, 18℃보다 10℃의 쪽이 늦게 방어면역이 발현하였다. 4℃에서는 백신투여 후 40일째까지는 방어면역능이 출현하지 않았다고 보고하고 있다. 즉 변온수생동물인 어류는 백신투여시의 수온이 백신효과발현에 커다란 영향을 미친다고 말할 수 있겠다.

(2) 어체의 크기와 면역응답
침지법은 단시간의 처리에서 백신효과를 발현하는 사실이 알려져 있고 특히 대량의 치어에 대하여 백신투여법으로서는 가장 편리한 방법이다. 그럼에도 불구하고 1g 크기의 치어에서는 면역발현능이 양호하지 않는 성적이 보여진다. 이러한 사실은 전염성췌장괴사증 및 전염성조혈기괴사증 등 치어에 유행하는 바이러스증의 예방 목적에 백신을 응용하는 경우에 고려해야 할 문제점으로 말할 수 있다.

취급이 용이한 치어기에 가능한 한 장기간에 걸쳐 면역능을 부여하는 것이 가능하도록 유효한 백신을 개발하여 상황에 대응하여 편리하고 어체에 스트레스를 적게 주는 방법으로 백신을 투여하는 것이 중요하다. 좋지 못한 환경 조건 아래에서는 면역억제가 일어난다는 사실이 보고되고 있으며, 온도의 취급 등에 의한 스트레스는 질병에 감염되기 쉬운 원인을 만드는 사실도 보고되고 있다. 백신효과를

충분히 발휘하기 위해서는 백신투여 후 어군을 적절한 사육환경조건 아래에서 유지 관리한다는 사실을 기억해야 할 것이다.