

< Original Article >

돼지에서 구제역 백신 접종 후 항체가 변화 조사

안길호¹ · 배진규² · 정 광¹ · 왕영일³ · 정준용¹ · 강순근¹ · 권혁무^{4*}

¹경기도북부축산위생연구소, ²경기도축산위생연구소, ³대한한돈협회, ⁴강원대학교 수의과대학

Development of antibodies after foot and mouth disease vaccination in pigs

Gil-Ho Ahn¹, Jin-Gyu Bae², Kwang Jung¹, Young-Il Wang³,
Jun-Yong Jung¹, Soon-Keun Kang¹, Hyuk-Moo Kwon^{4*}

¹Gyeonggi Province Northern Livestock and Veterinary Service, Yangju 482-020, Korea

²Gyeonggi Province Veterinary Service Center, Suwon 441-460, Korea

³Korea Pork Producer Association, Seoul 137-878, Korea

⁴College of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received 9 January 2013; revised 13 March 2013; accepted 25 March 2013)

Abstract

Three serotypes (O+A+Asia1 type) of the foot-and-mouth disease (FMD) vaccine were injected into cloven-hoofed animals in Korea after the nationwide spread of FMD at the end of 2010. This study was conducted to investigate FMD antibody development after FMD vaccination, and to determine whether there was a significant correlation between the antibody titer of the sow and the antibody titer of the growing pigs. The antibody titer (percentage inhibition [PI] titer) of the sow (gilt) after FMD vaccination was maintained at a level higher than 50 ($P < 0.05$) for 5 months. A higher PI titer for the 1-month-old growing pigs corresponded with greater inhibition of the PI titer of the vaccinated growing pigs ($P < 0.05$). A negative correlation ($P < 0.05$) between the PI titer of the 1-month-old growing pigs and the PI titer of 3-month-old growing pigs, 4-month-old growing pigs after FMD vaccination at 2 months, 3 months was identified, with a coefficient of determination (R^2) of 0.274. Thus the PI titer of the growing pigs was inhibited to a greater degree when vaccination was performed at 2 months of age than at 3 months. However, many other factors likely influence growing pigs' PI titer in addition to the PI titer of the sow and age at vaccination, given that the coefficient of determination was somewhat lower.

Key words : Foot and mouth disease, Cloven-hoofed animal, Vaccination, Percentage inhibition (PI) titer

서 론

구제역(Foot-and-mouth disease, FMD)은 소, 양, 산양, 돼지 등 우제류에서 발열, 사료 섭취 감소, 수포 형성을 나타내는 가축전염병으로(Jones 등, 1996) *Picornaviridae*과, *Aphthovirus*속에 속하는 25~30 nm 크

기의 작은 20면체의 non-enveloped RNA FMD 바이러스(FMD virus, FMDV)가 원인체이다(Belsham, 1993; Sobrino 등, 2001). FMD는 동물에서 전염성이 강하고, 발생 시 발생축 또는 발생지역 우제류 가축의 살처분, 백신 접종, 교통 통제, 국제 교역상 불이익 발생 등 국가 경제에 미치는 영향이 매우 커서 세계동물보건기구(OIE)에서 지정한 List A 질병이다(Leforban, 1999; Park 등, 2008).

*Corresponding author: Hyuk-Moo Kwon, Tel. +82-33-250-8652, Fax. +82-33-244-2367, E-mail. kwonhm@kangwon.ac.kr

FMD의 원인 바이러스인 FMDV는 7 종류의 serotype (O, A, C, SAT1, SAT2, SAT3, Asia1)이 각각의 serotype에 면역학적으로 영향을 주지 않고(Callis 등, 1968), serotype 내에서도 완전한 방어를 하지 못하는 subtype이 있으며(Paton 등, 2005), 바이러스 자체의 빈번한 변이, 다양한 항원성으로 인한 백신 개발의 어려움(Sur 등, 2000) 등의 이유로 질병 근절이 용이하지 않다.

일반적으로 FMD의 확산 방지를 위하여 살처분과 ring-vaccination을 병행 실시하는데(Pattnaik 등, 2012), Asia 1형을 제외한 다양한 serotype의 FMD가 발생하고 있는 우간다(Ayebazibwe 등, 2010)는 발생지역 가축 이동제한과 소에게만 ring-vaccination을 실시하였지만(Mwiine 등, 2010), 백신 프로그램과 효능에 대한 검사를 실시하지 않았고 지속적인 FMD 발생이 보고되고 있다(Muleme 등, 2012).

우리나라에서 FMD는 1934년 북한 지역에서 발생한 이후 비발생을 유지하다가 2000년 3월 파주에서 다시 발생하였으며 살처분과 백신 접종 정책으로(Sur 등, 2000), 2002년과 2010년 1월, 4~5월의 발생에서는 강력한 살처분 정책 등으로 청정화를 신속히 유지하였으나, 2010년 말 안동에서 발생한 FMD의 경우 전국적인 확산으로 백신 접종을 실시하여 2011년 3월초부터 급격히 발생이 감소하였고, 이후 정기적인 백신 접종을 추진 중에 있다. 긴급백신의 경우 50% protective dose의 6배 용량(6PD₅₀)으로 만들어지고 예방을 위하여 사용하는 정기 백신은 보통 3PD₅₀로 만들어지는데(Forman과 Garland, 2002), FMD의 병원성과 변이성 등을 고려하여(De Clercq 등, 2008; Pay와 Hingley, 1986) 우리나라에서는 현재까지 6PD₅₀의 백신을 사용하고 있다.

FMD 확산을 방지하기 위하여 그동안 연구 개발된 백신으로는 일반적으로 사용되는 inactivated vaccine, novel attenuated vaccine, live vector vaccine, subunit vaccine, nucleic acid vaccine, synthetic peptide vaccine 등이 있으나(Zhang 등, 2011; Laporte, 1969; Rowlands 등, 1971; Wong 등, 2000; Pfaff 등, 1982; Acharya 등, 1989), 약독형이 다시 강독형으로 돌아가는 회귀현상 때문에 attenuated virus 제작은 성공하지 못하고 있다(Sáiz 등, 2002).

아시아의 중국, 베트남, 대만 등은 백신을 접종하고 있음에도 불구하고 FMD가 발생하고 있고(Paul 등, 2003), 남아프리카에서는 국가 생태공원 등 지속적으로 FMD가 발생하고 있는 지역의 소를 대상으로

FMD 백신 접종을 하고 있다(Brückner 등, 2004). 북미 및 유럽지역은 대부분 청정국가로 백신 접종을 하지 않고 있고, 남미는 소에 대한 백신 접종을 통해 질병을 통제하고 있어(Cox와 Barnett, 2009; Paul 등, 2003), 돼지를 대상으로 백신 접종에 따른 항체 형성 및 역가의 변화 추이 등에 관한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 이번 연구는 번식돈과 자돈에서 FMD 백신 접종 후 월별 항체검사를 통하여 항체 변화 추이를 조사하고, 모든 항체 역가와 자돈의 항체 형성 및 역가 등을 조사하여 실제 돼지 농가에서 일어나는 항체 유지 수준과 백신 접종 효과 향상 방안을 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

농가선정

이번 연구는 2012년 1월부터 6월까지 진행되었다. 경기도 포천지역 돼지 사육농가 중 일관사육을 하고, 번식돈(모돈, 후보돈) 개체관리를 실시하며, 분만 후 자돈을 다른 모돈에 입양 보내지 않아 모체이행항체를 확인할 수 있고, 자돈 개체 관리를 통해 모돈과 자돈간의 상관관계를 확인할 수 있는 4농가를 선정하였다.

후보돈이 없는 1농가(A농가)를 제외한 3농가에 대하여 5~6두씩 총 16두의 후보돈을 선정하였고, 모돈은 Intervet사에서 제조한 FMD 백신(Decivac[®], Germany) 접종 후 3주 이상 경과된 개체를 농가당 4두씩 총 20두를 선정하였다(Table 1). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)를 이용하여 FMDV의 비구조 단백질(nonstructural protein, NSP)과 FMD 항체(structural protein, SP) 검사를 실시하여 NSP ELISA 검사 결과 모두 음성이었고, SP ELISA 검사 결과에서 후보돈의 경우 1농가(D 농가)에서만 전두수 음성이었고, 나머지 농가(B, C 농가)는 항체 양성률이 50% 이상이었으며, 모돈의 경우 1농가(B농가)는 전두수 양성이었고, 1농가(D농가)는 1두가 음성이었으나 도태되었고, 나머지 2농가(A, C농가)는 음성개체가 확인되었다. 음성 모돈 2두를 포함하여 총 10두가 분만한 80두의 자돈에 이각 및 이표를 부착하여 개체별로 고유번호를 부여하였고, 모돈은 반드시 자신이 분만한 자돈에게만 수유하도록 별도 사육함으로써 실험군을 농가에서 구분할 수 있도록 하였다.

시료채취

번식돈: 월 1회 농가를 방문하여 개체 확인 후 경정맥에서 혈액 5 ml를 채취하여 혈청 분리 후 비동화하지 않고 검사 전까지 -20°C에 냉동 보관하였다가 실험에 사용하였고, 폐사·도태·임신의 이유로 검사를 1회 이상 시행하지 않더라도 다음번에 검사 가능한 경우 검사를 시행하였다.

자돈: 월 1회씩 총 6회에 걸쳐 개체번호 확인 후 채혈하였으며, 시료채취 과정은 번식돈과 동일하였다 (Table 2).

자돈에 FMD 백신 접종

A와 B농가에서 태어난 실험 대상 자돈은 2개월령에, C와 D농가에서 태어난 실험 대상 자돈은 3개월령에 귀 뒤쪽 목근육에 2 ml씩 Intervet사 FMD 백신을 접종하였다.

NSP ELISA

번식돈 및 자돈의 FMD 감염 경험 여부를 조사하기 위하여 모돈은 자돈 분만 전 1회, 자돈은 출하 전 1회 채혈하여 양성개체 존재 여부를 조사하였다.

NSP 항체검사는 VPro[®] FMD NSP antibody ELISA kit (Median diagnostics, Korea)를 이용하여 제조회사에서 공급하는 실험방법에 따라 실시하였다. ELISA reader (Sunrise, TECAN, Switzerland)를 이용하여 450 nm의 파장에서 optical density (OD) 값을 측정하였다. ELISA 결과 판정은 제조사 계산식(OD_{test sample}/OD_{negative control})에 따라 SN값을 얻어 0.60 이하일 경우 양성, 0.60 초과일 경우 음성으로 판정하였다.

SP ELISA

매회 SP 항체검사를 실시하여 측정한 개체별 항체가(percentage inhibition titer, PI 수치)를 분석하여, 모돈과 자돈 간의 모체이행항체 간섭효과 발생정도, 항체가 지속정도, 백신 접종 시기별 항체가 형성 정도를 조사하였다. 결과는 simple linear regression analysis를 사용하여 검증하였다. SP 항체검사는 PrioCHECK[®] FMDV Type O ELISA kit (Prionics Lelystad B.V., Netherlands)를 사용하여 제조사에서 공급하는 실험방법에 따라 실시하였다. ELISA 결과 판정은 제조사 계산식 {100-(corrected OD₄₅₀ test sample/corrected OD₄₅₀ max)×100}에 따라 PI 수치를 얻어 50 이상일 경우 양성, 50 미만일 경우 음성으로 판정하였다.

Table 1. Number of tested breeding pigs in each farm

Farms*	1 Month [†]		2 Months		3 Months		4 Months		5 Months	
	Sow	Gilt	Sow	Gilt	Sow	Gilt	Sow	Gilt	Sow	Gilt
A	5 (44.7 [‡])	-	1 (40.8)	-	3 (47.8)	-	2 (46.3)	-	3 (63.4)	-
B	5 (75.3)	5 (47.7)	NT [§]	5 (72.5)	3 (74.7)	5 (42.7)	1 (65.6)	5 (52.0)	1 (61.0)	5 (52.2)
C	5 (59.9)	6 (70.1)	1 (49.3)	6 (70.5)	5 (53.1)	6 (66.4)	3 (54.1)	4 (56.3)	2 (61.1)	1 (113.3)
D	5 (54.2)	5 (24.4)	NT	5 (56.9)	4 (60.8)	5 (45.5)	2 (71.6)	4 (46.5)	2 (82.2)	5 (59.8)
Total	20 (58.5)	16 (48.8)	2 (45.1)	16 (66.9)	15 (58.4)	16 (52.5)	8 (58.0)	13 (51.6)	8 (67.2)	11 (61.2)

*All breeding pigs were vaccinated with Decivac[®]. [†]Term of the examination. [‡]The PI mean titer. [§]Not tested.

Table 2. Number of tested growing pigs in each farm

Farms	1 Month*	2 Months	3 Months	4 Months	5 Months	6 Months
A	28 (34.6) [†]	23 (19.1)	17 (23.7)	17 (36.9)	17 (30.0)	17 (30.4)
B	6 (84.3)	4 (61.8)	4 (26.8)	4 (34.2)	4 (23.0)	4 (10.7)
C	28 (15.9)	28 (9.6)	28 (15.8)	28 (58.9)	26 (54.1)	25 (52.4)
D	18 (42.1)	18 (18.2)	18 (14.2)	18 (28.0)	18 (20.7)	5 (34.7)
Total	80 (33.5±5.8) [‡]	73 (17.5±4.1)	67 (18.0±2.1)	67 (43.5±5.5)	65 (36.7±6.3)	51 (40.0±8.0)

*Age of pig. [†]The PI mean titer. [‡]Confidence interval (CI) in confidence level (CL) of 95%.

통계분석

통계 분석은 Microsoft office excel 2007의 통계 데이터 분석 프로그램을 이용하였다. 모든 통계적 검정은 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 검정하였으며, descriptive statistics, correlation analysis, simple linear regression analysis의 통계 분석방법을 이용하였다.

결 과

NSP ELISA 검사 결과

모든 4농가 20두, 후보돈 3농가 16두는 최초 채혈한 개체에 대하여 NSP ELISA 검사를, 자돈 4농가 51두는 마지막 채혈한 개체에 대하여 NSP ELISA 검사를 한 결과 모든 개체가 항체 음성으로 판정되어 실험 대상 돼지는 FMD 감염 경력이 없는 것으로 확인되었다.

변식돈(모돈, 후보돈)에 FMD 백신 접종 후 PI 수치 변화

모돈 4농가 20두와 후보돈 3농가 16두에 대하여 월별 FMD SP ELISA 검사를 진행하였으나, 임신 등으로 해당 개체를 검사하지 못하였더라도, 다음 달에 시료 채취가 가능한 경우 검사를 진행하였다.

FMD 백신 접종 후 5개월까지 PI 수치 변화는 Table 1과 같으며, 모돈이 양성 수준(PI 수치 50 이상)을 유지하는지 descriptive statistics로 분석한 결과 95% 신뢰구간에서 PI 수치가 53.4~65.0으로 관찰되어 양성 수준(PI 수치 50 이상)의 항체를 유지하여 FMD 백신 접종 후 최소 5개월간 양성 수준의 항체를 유지하는 것으로 관찰되었다($P<0.05$).

자돈에 FMD 백신 접종 후 PI 수치 변화

A와 B농가는 2개월령 돼지에, C와 D농가는 3개월령 돼지에 FMD 백신 접종 후 6개월령까지 월 1회 PI 수치를 조사한 결과는 Table 2와 같으며, 월별 자돈이 양성 수준을 유지하는지 descriptive statistics로 분석한 결과 95% 신뢰구간에서 PI 수치가 양성 수준을 보이는 월령은 없었다($P<0.05$).

또한, PI 수치 50 이상을 양성 기준으로 볼 때, 월

별 항체 양성률은 1개월령에 28.4%, 2개월령에 4.5%, 3개월령에 0%, 4개월령에 31.3%, 5개월령에 26.2%, 6개월령에 41.2%로 관찰되었다.

모든 PI 수치에 따른 백신 접종 전 돼지의 모체이행 항체 수준

검사 대상 모돈 10두의 PI 수치와 검사 대상 모돈에서 분만된 자돈 80두의 1개월령 PI 수치를 비교하여 모체이행항체를 분석한 결과 모돈의 평균 PI 수치는 62.4였고, 1개월령 돼지의 평균 PI 수치는 33.5이었으며, correlation analysis 결과 상관계수는 0.858로 Rea와 Parker(2005)의 해석에 따르면 매우 강한 양의 상관관계를 보여($P<0.05$), 모돈 PI 수치가 높을수록 백신 접종 전 돼지의 PI 수치가 높은 것으로 관찰되었다(Fig. 1)

1개월령 돼지 PI 수치에 따른 백신 접종 후 PI 수치 변화

3~4개월령에 폐사한 개체를 제외한 1개월령 돼지 67두의 PI 수치와 그 개체들을 백신 접종한지 1개월 경과한 후 PI 수치에 대한 correlation analysis 결과 상관계수는 -0.524 로 비교적 강한 음의 상관관계를 보여($P<0.05$), 1개월령 돼지의 PI 수치가 높을수록 백신 접종 후 PI 수치는 낮은 것으로 관찰되었으며(Fig. 2), 1개월령 돼지의 평균 PI 수치는 33.8이었고, 백신 접종 1개월이 지난 돼지의 평균 PI 수치는 39.8로 관찰되었다.

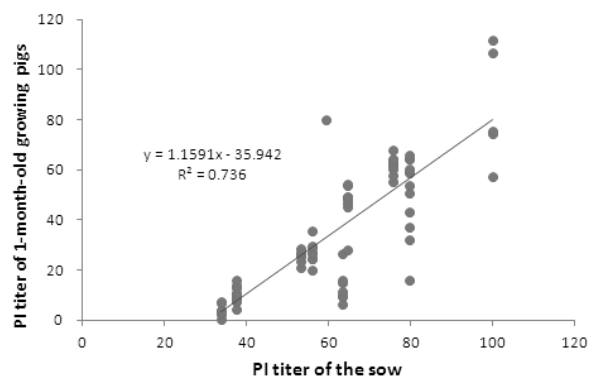


Fig. 1. The result of linear regression analysis between sow's PI titer and 1-month-old growing pigs's PI titer.

자돈에서 FMD 백신 접종 시기에 따른 백신 접종 후 PI 수치 변화

2개월령 돼지에 FMD 백신 접종한 A와 B농가는 최초 34두를 대상으로, 3개월령 돼지에 FMD 백신 접종한 C와 D농가는 최초 46두를 대상으로 검사를 진행하였으나, 폐사 등으로 검사 대상 두수가 감소하여 연속적인 PI 수치 변화를 확인하기 위하여 4개월령 이전에 폐사한 개체는 이번 통계분석에서 제외하였다.

2개월령 돼지 백신 접종 실험군에서는 접종 후 월별 평균 PI 수치가 3개월령에 24.3, 4개월령에 36.4, 5개월령에 28.7, 6개월령에 26.6으로, 백신 접종 후 1개월이 경과한 3개월령에서 PI 수치가 감소하다가 4개월령에 PI 수치가 상승한 후 5개월령부터 PI 수치가 감소하기 시작하였다.

또한, 3개월령 돼지 백신 접종 실험군에서는 접종

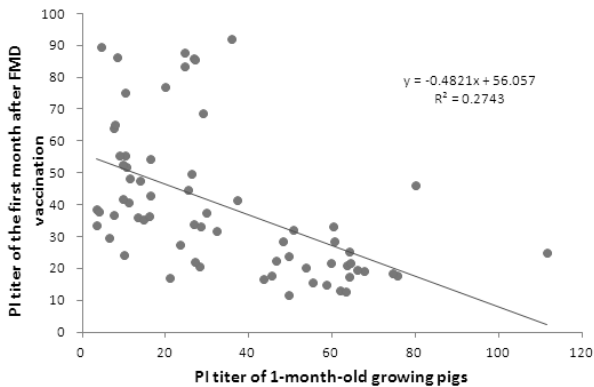


Fig. 2. The result of linear regression analysis between 1-month-old growing pig's PI titer and PI titer of the first month after FMD vaccination.

후 월별 평균 PI 수치가 4개월령에 46.8, 5개월령에 40.5, 6개월령에 49.4로, 백신 접종 후 1개월이 경과한 4개월령에서 PI 수치가 크게 상승하여 3개월령 돼지에 FMD 백신을 접종하는 것이 2개월령에 접종하는 것 보다 PI 수치가 높은 것으로 관찰되었다(Table 3).

고 찰

이번 연구에서는 경기도 포천지역 돼지 4농가에 대하여 FMD 백신 접종 후 SP ELISA를 이용하여 월별 PI 수치를 조사하여, 번식돈 및 자돈의 검사 시기별 적정 항체가 유지 여부, 모돈의 PI 수치에 따른 1개월령 돼지의 PI 수치 변화, 백신 접종 시기별 PI 수치의 상관관계에 대하여 descriptive statistics, correlation analysis, simple linear regression analysis를 시행하였다.

번식돈은 월 1회 PI 수치를 조사한 결과 분만 3주 전 백신 접종으로 5개월 경과시까지 양성 수준의 항체가(PI 수치 50 이상)를 유지하였다($P < 0.05$).

그러나, 자돈의 경우 백신 접종 후 월별 PI 수치 검사에서 4개월령에 43.5, 5개월령에 36.7, 6개월령에 40.0으로 양성 수준의 항체가(PI 수치 50 이상)를 유지하지 못하였고($P < 0.05$), 특히 3개월령 돼지에서 항체 양성률이 0%를 나타내어 FMD에 대한 방어 능력이 가장 취약한 시기인 것으로 관찰되었다.

Rodriguez와 Grubman(2009)은 FMD 불활화 항원백신을 동물에 접종할 경우 1~2주 내에 질병에 대한 방어력을 가지게 되나 장기간 면역 방어력은 유지하지 못하기 때문에 집단 면역의 적정 수준을 유지하기 위해서는 여러 번 백신 접종을 하여야 한다고 하였

Table 3. The monthly variation of PI mean titer and PI titer positive rate after FMD vaccination for the 2-month-old growing pigs or the 3-month-old growing pigs

FMD vaccination	1 Month	2 Months	3 Months	4 Months	5 Months	6 Months
Vaccination for the 2-month-old growing pigs						
Mean titer	50.6±12.8 [†]	31.5±11.4	24.3±4.5	36.4±9.1	28.7±7.7	26.6±12.0
Positive rate (%)	52.4 (11/21) [‡]	14.3 (3/21)	0 (0/21)	19.0 (4/21)	9.5 (2/21)	23.8 (5/21)
Vaccination for the 3-month-old growing pigs						
Mean titer	26.2±5.4	12.9±2.5	15.2±1.9	46.8±6.9	40.5±8.5	49.4±9.8
Positive rate (%)	17.4 (8/46)	0 (0/46)	0 (0/46)	37.0 (17/46)	37.0 (15/44) [§]	53.3 (16/30) [§]
Total						
Mean titer	33.8±5.9	18.8±4.3	18.0±2.1	43.5±5.5	36.7±6.3	40.0±8.0
Positive rate (%)	28.4 (19/67)	4.5 (3/67)	0 (0/67)	31.3 (21/67)	26.2 (17/65)	41.2 (21/51)

*FMD vaccination time. [†]Confidence interval (CI) in confidence level (CL) of 95%. [‡]Positive rate (the number of PI titer positive/total test number). [§]Decreased because of death or shipment.

다. 또한, Doel(2003)은 축종과 기대 수명에 따라 4~6개월 후 추가 접종이 요구된다고 하였다. 이번 연구에서 자돈에 비해 번식돈이 양성수준의 항체가를 장기간 유지한 것은 번식돈의 경우 생후 2개월령에 1차, 3개월령에 2차 FMD 백신 접종을 하고, 분만 3주 전 추가 접종을 실시하는 등 최소 3회 이상 정기적인 백신 접종을 실시하고 있는데 반해, 자돈의 경우 생후 2~3개월령에 1회 접종으로 도축 출하시까지 추가 접종을 하지 않는 것에 기인한다고 추정된다.

모든 PI 수치와 1개월령 돼지 PI 수치를 조사한 결과 모든 FMD PI 수치와 백신 접종 전 자돈의 PI 수치는 매우 강한 양의 상관관계가 관찰되었다.

또한, 자돈의 FMD 백신 접종 시기별 PI 수치를 조사한 결과 2개월령 돼지 백신 접종군에서는 접종 당시 PI 수치 31.5와 비교하여 4개월령(PI 수치 36.4)을 제외하고 오히려 낮은 PI 수치를 나타내어 백신 접종에 따른 면역 상승 효과를 보인 시기를 관찰할 수 없었으나, 3개월령 돼지 백신 접종군에서는 접종 당시 PI 수치 15.2와 비교하여 모든 검사 월령에서 높은 PI 수치를 나타내어 백신 접종에 따른 면역 상승 효과가 관찰되었다.

Kitching과 Salt(1995)는 초유를 통해 신생아축에게 전달된 FMDV의 항체가 일시적인 방어효과를 보이기도 하지만 신생아축에 백신을 접종할 경우 모체이행항체로 인하여 면역력 증대 효과가 저해된다고 보고하였다.

이번 연구에서 모돈과 1개월령 돼지의 PI 수치가 강한 상관관계를 보인 것은 FMD 항체가 모돈을 통해 자돈에게 이행되기 때문으로 판단되며, 3개월령 돼지에 백신 접종한 C와 D농가에 대해 상관분석을 한 결과 모돈과 1개월령 돼지에서 PI 수치의 상관계수는 0.780 ($P < 0.05$), 모돈과 2개월령 돼지에서 PI 수치의 상관계수는 0.535 ($P < 0.05$), 모돈과 3개월령 돼지에서 PI 수치의 상관계수는 -0.206 ($P > 0.05$)으로 나타나 2개월령 돼지의 PI 수치까지 모돈의 PI 수치와 통계적으로 유의한 상관관계를 가지는 것으로 관찰되었다($P < 0.05$).

FMD 백신 접종 시기에 따라 접종 이후 PI 수치를 비교한 결과 2개월령 돼지보다 3개월령 돼지에 백신 접종하는 것이 높은 항체 양성을 및 PI 수치를 유지하는 것으로 관찰되었다. 이는 2개월령 돼지까지 모체이행항체의 영향이 남아 있어 2개월령 돼지에 접종시에는 면역력 증대 효과가 저해되기 때문으로 추정되나, 2개월령 돼지의 백신 접종군과 3개월령 백신 접종군의

1개월령 돼지의 모체이행항체에서 PI 수치가 50.6과 26.2로 비교적 큰 격차를 보이는 바, 보다 정확한 평가를 위해서는 추가 확대검사가 필요할 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 모돈-자돈 사이의 항체역이 상관관계에 대한 연구를 시행하여 모돈의 PI 수치가 자돈의 항체형성에 영향을 주는 것으로 확인하였다.

앞으로 더욱 효과적인 백신 접종 프로그램을 설정을 위하여 백신 제품별, 질병 감염, 증체율, 3가(O+A+Asia1 serotype) 항체검사 등 다양한 요인에 대하여도 조사가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

이번 연구는 FMD 백신 접종 후 항체 변화 추이를 조사하고, 모돈의 PI 수치와 자돈 PI 수치의 상관관계 등을 조사하기 위하여 수행되었다.

번식돈(모돈, 후보돈)은 FMD 백신 접종 후 5개월 경과 시까지 항체가(PI 수치)가 양호하게 유지되었으며($P < 0.05$), 자돈은 백신 접종 월령 및 모돈 PI 수치에 따라 다양한 결과가 관찰되었다.

백신 접종 전 자돈의 모체이행항체 수준은 모돈의 PI 수치가 높을수록 1개월령 돼지의 PI 수치가 높은 것으로 관찰되었다($P < 0.05$). 백신 접종 시 모돈 PI 수치는 자돈 PI 수치 형성에 영향을 주며, 백신 접종 이전인 1개월령 자돈의 항체 수치가 높을수록 백신 접종 이후에 항체가 잘 형성되지 않는 것으로 추정되었다($P < 0.05$). 모돈의 PI 수치와 자돈의 PI 수치는 2개월령 돼지까지 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었으나($P < 0.05$) 3개월령에서는 유의한 상관관계가 없었다($P > 0.05$).

PI 수치는 3개월령 돼지에 백신 접종하는 것이 2개월령 돼지에 접종하는 것보다 높게 형성되었다. 이는 모돈의 PI 수치가 2개월령 돼지까지의 PI 수치에 영향을 미치는 간섭효과 때문으로 판단된다.

그러나, 이번 연구에서는 많은 개체를 검사하지 못하였고, simple linear regression analysis에서 결정계수가 다소 낮은 점을 고려할 때 백신 접종 시기, 모돈의 PI 수치 이외의 다른 요인이 항체가 형성에 영향을 주는 것으로 추정되는 바 앞으로 효과적인 FMD 예방을 위해 백신 제품별, 질병 감염, 증체율, FMD 3가(O+A+Asia1 serotype) 항체검사 등 다양한 요인에 대한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Acharya R, Fry E, Stuart D, Fox G, Rowlands D, Brown F. 1989. The three dimensional structure of foot-and-mouth disease virus at 2.9 Å resolution. *Nature* 337: 709-16.
- Ayebazibwe C, Mwiine FN, Tjørnehøj K, Balinda SN, Muwanika VB, Ademun OR, Belsham GJ, Normann P, Siegismund HR, Alexandersen S. 2010. The role of African buffalo(*Suncerus caffer*) in the maintenance of foot-and-mouth disease in Uganda. *BMC Vet Res* 6: 54.
- Belsham GJ. 1993. Distinctive features of foot and mouth disease virus, a member of the picornavirus family; aspects of virus protein synthesis, protein processing and structure, *Prog Biophys Mol Biol* 60: 241-260.
- Brückner GK, Vosloo W, Cloete M, Dungu B, Du PBJ. 2004. Foot-and-mouth disease control using vaccination: South African experience. *Dev Biol (Basel)* 119: 51-62.
- Callis JJ, McKercher PD, Graves JH. 1968. Foot and mouth disease-a review. *J Am Vet Med Assoc* 153: 1798-1802.
- Cox SJ, Barnett PV. 2009. Experimental evaluation of foot-and-mouth disease vaccines for emergency use in ruminants and pigs: a review. *Vet Res* 40: 1-30.
- De Clercq K, Goris N, Barnett PV, Mackay DK. 2008. FMD Vaccines: reflections on quality aspects for applicability in European disease control policy. *Transbound Emerg Dis* 55: 46-56.
- Doel TR. 2003. FMD Vaccines. *Virus Res* 91: 81-99.
- Forman AJ, Garland AJM. 2002. Foot and mouth disease: the future of vaccine banks. *Rev Sci Tech* 21: 601-612.
- Jones TC, Hunt RD, King NW. 1996. Disease caused by virus. pp. 271-273. In: Ringler DJ(ed.). *Veterinary pathology*. 6th ed. Williams & Wilkins Co, Maryland.
- Kitching RP, Salt JS. 1995. The interference by maternally-derived antibody with active immunization of farm animals against foot-and-mouth disease. *Br Vet J* 151: 379-389.
- Laporte J. 1969. The structure of foot-and-mouth disease virus protein. *J Gen Virol* 4: 631-634.
- Leforban Y. 1999. Prevention measures against foot-and-mouth disease in Europe in recent years. *Vaccine* 17: 1755-1759.
- Muleme M, Barigye R, Khaitsa ML, Berry E, Wamono AW, Ayebazibwe C. 2012. Effectiveness of vaccines and vaccination programs for the control of foot-and-mouth disease in Uganda, 2001-2010. *Trop Anim Health Prod* 45: 35-43.
- Mwiine FN, Ayebazibwe C, Olaho MW, Alexandersen S, Balinda SN, Masembe C, Okutut AR, Christensen LS, Sørensen KJ, Tjørnehøj K. 2010. Serotype specificity of antibodies against foot-and-mouth disease virus in cattle in selected districts in Uganda. *Transbound Emerg Dis* 57: 365-374.
- Park JH, Lee KN, Kim SM, Ko YJ, Lee HS, Kweon CH, Yang CB. 2008. Molecular epidemiological analysis and recent distribution of foot-and-mouth disease in the world. *Kor J Vet Publ Hlth* 32: 61-68.
- Paton DJ, Valarcher JF, Bergmann I, Matlho OG, Zakharov VM, Palma EL, Thomson GR. 2005. Selection of foot-and-mouth disease vaccine strains-a review. *Rev Sci Tech* 24: 981-993.
- Pattnaik B, Subramaniam S, Sanyal A, Mohapatra JK, Dash BB, Ranjan R, Rout M. 2012. Foot-and-mouth disease: Global status and future road map for control and prevention in India. *Agricultural Research* 1: 132-147.
- Paul S, Simon SB, Raul CO, Keith JS. 2003. Control and eradication of foot-and-mouth disease. *Virus Res* 91: 101-144.
- Pay TW, Hingley PJ. 1986. The use of serum neutralizing antibody assay for the determination of the potency of foot-and-mouth disease(FMD) vaccines in cattle. *Dev Biol Stand* 64: 153-161.
- Pfaff E, Mussgay M, Böhm HO, Schulz GE, Schaller H. 1982. Antibodies against a preselected peptide recognise and neutralise foot and mouth disease virus. *EMBO J* 1: 869-874.
- Rea LM, Parker RA. 2005. *Designing & Conducting Survey Research A Comprehensive Guide*. 3rd ed. Jossey-Bass, San Francisco.
- Rodriguez LL, Grubman MJ. 2009. Foot and mouth disease virus vaccines. *Vaccine* 27: D90-94.
- Rowlands DJ, Sangar DV, Brown F. 1971. Relationship of the antigenic structure of foot-and-mouth disease virus to the process of infection. *J Gen Virol* 13: 85-93.
- Sáiz M, Núñez JI, Jimenez-Clavero MA, Baranowski E, Sobrino F. 2002. Foot-and-mouth disease virus: biology and prospects for disease control. *Microbes Infect* 4: 1183-1192.
- Sobrino F, Saiz M, Jimenez-Clavero MA, Nunez JI, Rosas MF, Baranowski E, Ley V. 2001. Foot and mouth disease: a long known virus, but a current threat. *Vet Res* 32: 1-30.
- Sur JH, Shin JH, Juan L, Max Y, Ku BK, Choi KS, Kweon BJ, Sohn HJ, Ko YJ, Choi CU, Kwon CH, Kim JY, An SH, Kim KS, Moon OK, Kim JH, Choi SH, Lee HG, Hwang EK, Kim SB, Kang SS, Kim OK. 2000. In vivo characterization and transmission of Korean foot-and-mouth disease virus(FMDV). *Korean J Res* 40: 719-727.
- Wong HT, Cheng SCS, Chan EWC, Sheng ZT, Yan WY, Zheng ZX, Xie Y. 2000. Plasmids encoding foot-and-mouth disease virus VP1 epitopes elicited immune responses in mice and swine and protected swine against viral infection. *Virology* 278: 27-35.
- Zhang L, Zhang J, Chen HT, Zhou JH, Ma LN, Ding YZ, Liu YS. 2011. Research in advance for FMD novel vaccines. *Virol J* 8: 268.