

국내 돼지 유산태아에서 원인 바이러스 검출과 유병률 조사

이원광 · 김성재 · 김영훈 · 한정희*
강원대학교 수의학과대학 및 동물의학중합연구소
(접수 2011. 4. 8, 게재승인 2011. 5. 11)

Detection and prevalence of viral pathogens from aborted fetuses and stillborn piglets in Korea

Won-Gwang Lee, Sung-Jae Kim, Yeong-Hun Kim, Jeong-Hee Han*

College of Veterinary Medicine and Institute of Veterinary Science,
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

(Received 8 April 2011, accepted in revised from 11 May 2011)

Abstract

This experiment was conducted to investigate the presence of recognized abortifacient viruses from aborted fetuses and stillborn piglets in cases of reproductive failure in sows by PCR. A total of 219 samples of aborted fetuses or stillborn piglets, submitted to the School of Veterinary Medicine of Kangwon National University between 2006 and 2009 May, were collected from 5 provinces in Korea. Abortifacient virus infections were detected in 82 (37.4%) out of 219 aborted fetuses or stillborn piglets as well as on 39 (40.2%) out of 97 pig farms. The major viral infections were porcine circovirus type 2 (PCV2), porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) and Aujeszky's disease virus (ADV) for which 46 (21%), 19 (8.6%) and 16 (7.3%) were positive, respectively, with 9 fetuses had complicated infection of PCV2+PRRSV or ADV or both. And 8 (3.6%) for SIV, 3 (1.3%) for PPV and 1 (0.4%) for JEV were positive as minor viral infection. The results suggest that PCV2, PRRSV, ADV is apparently the most important viral infectious agents associated with fetal infection leading to abortion or stillbirth in Korea. SIV, PPV and JEV might have a minor impact on reproductive disease.

Key words : Reproductive failure, Prevalence, Swine

서론

임신 모돈에서 유산, 사산, 미이라 태아 및 허약자돈 분만 등을 일으키는 번식장애는 모돈의 비생산일수를 증가시키는 등 양돈 생산성 저하에 중요한 요인으로 작용한다. 돼지 유산의 원인은 크게 비감염성 요인과 감염성 요인으로 구분되며, 비감염성 요인은 스트레스, 위생상태 불량, 백신반응, 중독물질, 독소, 곰팡이, 갑작스러운 온도변화, 일조시간, 점등시간,

영양상태 등 수 많은 요인이 관련되어 있다고 알려졌다. 감염성 요인은 세균, 바이러스 및 기생충 등의 감염으로 분류할 수 있는데 감염성 요인으로 인한 유산은 전체 유산의 약 30%를 차지한다고 알려졌다. 이 중 바이러스 감염으로 인한 유산이 대부분을 차지한다(Bachmann, 1989; Christianson, 1992; Holler, 1994; Albina, 1997; Straw 등, 1999; Vannier, 1999).

번식장애를 유발하는 주요 바이러스성 질병 원인체는 Porcine parvo virus (PPV), Aujeszky's disease virus (ADV), Japanese encephalitis virus (JEV), Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus (PRRSV), Ence-

*Corresponding author: Jeong-Hee Han, Tel. +82-33-250-8691,
Fax. +82-33-256-3722, E-mail. hanjh@kangwon.ac.kr

phalomyocarditis virus (EMCV) 등이 있다(Christianson, 1992; Holler, 1994; Albina, 1997). 최근에는 이유 후 전신성 소모성 증후군(postweaning multisystemic wasting syndrome, PMWS)의 중요 원인체인 Porcine circovirus type2 (PCV2) 또한 태아에 직접 영향을 미쳐 유산을 유발하는 것으로 알려졌다(Sanchez 등, 2001; Sanchez 등, 2003; Mateusen 등, 2004; Pensaert 등, 2004; Sanchez 등, 2004). 호흡기 질병을 일으키는 Swine influenza virus (SIV)도 임신모돈에서 유·사산을 일으킬 수 있는 것으로 알려졌다(Wesley, 2004).

국가마다 유산원인 바이러스의 검출빈도는 다른 경향을 나타낸다. 스페인의 100개 농장을 대상으로 한 Maldonado 등(2005)의 보고에서는 PRRSV가 가장 높은 검출률(9%, 9/100)을 보였으며, PCV2는 1% (1/100), PPV와 ADV는 검출되지 않았다. 반면 브라질의 Wolf 등(2008)에 의하면, 28두의 유산태자 중 27두(96.4%)에서 PPV가 검출됨으로써, 브라질에서는 PPV가 가장 주요한 유산 원인체라고 보고하였고, PRRSV는 유산원인체로서 인식되고 있지 않았다. 국내의 Lyoo 등(2001)의 실험에서는 16두의 유산태자 중 4두에서 PCV2가 검출되었고, PRRSV, PPV, EMCV는 검출되지 않았다. 이러한 차이는 국가별 유행 바이러스와 그에 따른 유행주, 독력, 감염량, 예방접종 상황, 방역 상황, 사육 방식 등에 따라 달라질 수 있다.

국내에서는 바이러스에 의한 유산 발생률에 대한 종합적인 조사가 미흡한 실정이며, 양돈농가에서도 바이러스성 유산 원인체에 대한 인식과 예방대책이 소홀한 실정이다. 따라서, 이 실험은 국내에서 발생한 219두 유산태아의 조직으로부터 모돈의 유산을 초래하는 바이러스성 원인체 각각의 검출률을 알아봄으로써, 국내에서 유행하는 바이러스성 유산원인체의 상대적 발생률과 그에 따른 주요 바이러스를 판단하여, 향후 국내 양돈농가의 유산피해예방을 위한 보완책을 마련함에 있어 도움이 되고자 함에 그 목적이 있다.

재료 및 방법

공시재료

2006년 1월부터 2009년 5월까지 경기, 강원, 충청, 전라, 경상도에서 강원대학교 수의과대학 수의병리학실에 의뢰된 97개 농장 219마리 유·사산 태자의 실질장기 조

Table 1. The number of aborted fetuses and stillborn piglets in accordance with farms and sows submitted by the year

	No. of farms	No. of sows	No. of fetuses
2006	30	30	53
2007	40	40	79
2008	21	21	50
2009*	6	12	37
Total	97	103	219

*Includes the period January-May 2009.

직을 이용하였다. 농장별로 유산을 보인 모돈 1두당 1~8두(평균 2.12마리)의 유산태자가 의뢰되었다. 연도별 의뢰 태아두수에 따른 농장, 모돈 수는 Table 1과 같다.

바이러스 검출

DNA 및 RNA 추출: 유산태아 조직 유제액의 상층액을 이용하여, Viral Gene-spin™ Viral DNA/RNA Extraction Kit (Intron, Korea) 를 사용하여 제조사의 설명에 따라 추출하였다.

Oligonucleotide primer: Table 2에 표시한 primer sequence를 이용하였다.

PCR: PCV2, PPV, ADV 등의 DNA 바이러스 검출을 위한 중합효소 연쇄반응은(Cao 등, 2005) DNA template 10 µl에 0.2 µM forward, reverse primer, SolGent® Smart Taq Pre-Mix 25 µl, nuclease free water 11 µl를 첨가한 반응액 50 µl를 95°C에서 2분간 1회 시행한 후 95°C 20초, annealing temperature 40초, 72°C 1분의 반응조건에서 35회 반복하였고, 72°C 5분간 1회 시행하였다. 증폭된 PCR products의 확인은 TAE buffer (40 mM Tris-acetate, 1 mM EDTA, pH 8.0)를 전해질로 사용한 2% agarose gel에서 전기영동을 실시한 후, 40 mM ethidium bromide용액에서 gel을 염색하여 UV transilluminator (Vilberlourmart, France)로 생성된 band를 확인하였다.

RT-PCR: PRRSV, EMCV, JEV, SIV의 RNA 역전사 중합효소 연쇄반응은(Shin 등, 1998; Vanderhallen과 Koenen, 1998; Chung 등, 1996; Choi 등, 2002) RNA template 5 µl에 0.2 µM의 forward, reverse primer, SolGent® Smart Taq RT Pre-Mix 25 µl, Nuclease free water 16 µl를 첨가한 반응액 50 µl를 42°C에서 45분, 95°C에서 2분의 반응조건에서 1회 시행한 다음 계속하여 95°C 20초, annealing temperature 40초, 72°C 1분의 반응조건에서 35회 반복하였고, 72°C 5분간 1회 시행하였다. PCR에서 증폭된 PCR product의 확인은 TAE buffer (40

Table 2. Nucleotide sequence of primers used for PCR amplification

Target Virus	Target gene	AT* (°C)	Sequence (5' → 3')	Product size (bp)	Reference
PCV2	ORF2	52	CAC GGA TAT TGT AGT CCT GGT CGC ACC TTC GGA TAT ACT GTC	494	Cao et al, 2005
PPV	VP2	50	GCA GTA CCA ATT CAT CTT CT TGG TCT CCT TCT GTG GTA GG	118	Cao et al, 2005
ADV	gD	54	CAC GGA AGA GAT GGG GCT GTC GAC GCC CGC TTG AAG CT	217	Cao et al, 2005
SIV	HA	H1	GGG ACA TGT TAC CCA GGA GAT GCA TTG TAT GTC CAA ATA TCC A	986	Choi et al, 2002
		H3	TAT GCC TGG TTT TCG CTC AA TTC GGG ATT ACA GTT TGT TG	645	Choi et al, 2002
PRRSV	ORF7	50	ATG GCC AGC CAG TCA ATC A TCG CCC TAA TTG AAT AGT GA	433	Shin et al, 1998
EMCV	3D	52	GGT GAG AGC AAG CCT CGC AAA GAC AG CCC TAC CTC ACG GAA TGG GGC AAA G	286	Vanderhallen and Koenen, 1998
JEV	E	49	AGTTAACATCAGGCCACCTGA GTCCATCTCGACCAGCAC	291	Chung et al, 1996

*Annealing temperature.

Table 3. Prevalence of abortion or stillbirth according to farms, sows, fetuses between 2006 and 2009

	No. of farms (n=97)	No. of sows (n=103)	No. of fetuses (n=219)
2006	16/30 (53)	16/30 (53)	30/53 (56.6)
2007	16/40 (40)	16/40 (40)	24/79 (30.3)
2008	4/21 (19)	4/21 (19)	10/50 (20)
2009*	3/6 (50)	9/12 (75)	18/37 (48.6)
Total (%)	39/97 (40.2)**	41/103 (39.8)***	82/219 (37.4)****

*Includes the period January-May 2009, **No. of positive farms/no. of tested farms (%) according to fetuses, ***No. of positive sows/no. of tested sows (%) according to fetuses, ****No. of positive fetuses/no. of tested fetuses (%).

mM Tris-acetate, 1 mM EDTA, pH 8.0)를 전해질로 사용한 2% agarose gel에서 전기영동을 실시한 후, 40 mM ethidium bromide용액에서 gel을 염색하여 UV trans-illuminator (Vilberlourmart, France)로 생성된 band를 확인하였다.

결 과

2006년 1월부터 2009년 5월까지 의뢰된 총 97개 농장 103마리 임신 모돈으로부터의 219두 유·사산 태자에 대한 PCR 검사 결과 돼지번식 질병 원인 바이러스가

Table 4. Results of detection of viral pathogens from aborted and stillbirth fetuses

Virus/Year	2006 (n=53)	2007 (n=79)	2008 (n=50)	2009* (n=37)	Total
PCV2	11	15	0	11	37
PPV	1	2	0	0	3
ADV	4	4	3	0	11
PRRSV	11	2	0	0	13
JEV	0	1	0	0	1
SIV(H1N1)	0	0	1	0	1
SIV(H1N2)	0	1	2	1	4
SIV(H3N2)	0	0	3	0	3
PCV2 + PRRSV	3	0	0	1	4
PCV2 + ADV	0	0	0	3	3
PCV2 + PRRSV + ADV	0	0	0	2	2
Total (%)	30/53 (56.6)**	24/79 (30.3)	10/50 (20)	18/37 (48.6)	82/219 (37.4)

*Includes the period January-March 2009, **No. of positive samples/no. of tested samples (%).

검출된 농장은 39개(40.2%) 농장이었다. 연도별로는 2006년은 유산태자가 의뢰된 전체 30개 농장 중 16개 (53.0%) 농장이었으며, 2007년 40개 농장 중 16개 (40.0%) 농장, 2008년 21개 농장 중 4개(19.0%) 농장으로 나타났다. 2009년은 5월까지 의뢰된 6개 농장 중 3개(50.0%) 농장으로 나타났다. 모든 두수를 기준으로 유·사산을 보인 전체 103두 임신 모돈 중 41두(39.8%)

Table 5. Regional distribution of viruses detected from 219 aborted fetuses and stillborn piglets according to province

Pathogen/Region	Gyunggi (n=63)	Gangwon (n=8)	Chungcheong (n=41)	Jeolla (n=47)	Gyeongsang (n=60)	Total (%)
PCV2	5	4	3	14	11	37
PPV	2	0	0	0	1	3
ADV	0	0	0	0	11	11
PRRSV	6	0	2	3	2	13
JEV	0	0	0	0	1	1
SIV(H1N1)	0	0	0	1	0	1
SIV(H1N2)	1	0	1	1	1	4
SIV(H3N2)	0	0	3	0	0	3
PCV2 + PRRSV	0	0	0	1	3	4
PCV2 + ADV	0	0	0	3	0	3
PCV2 + PRRSV + ADV	0	0	0	2	0	2
Total (%)	14/63* (22.2)	4/8 (50)	9/41 (21.9)	25/47 (53.1)	30/60 (50)	82/219 (37.4)

*No. of positive samples/no. of tested samples (%).

모든의 유산태자에서 바이러스 원인이 검출되었다. 유·사산 태자 두수를 기준으로 전체 219마리 중 82두(37.4%)에서 바이러스가 검출되었다(Table 3). 연도별 검출률은 2006년 56.6%(26/53), 2007년 30.3%(24/79), 2008년 20%(10/50), 2009년 48.6%(22/37)로 나타났다.

연도별로 유·사산 태자로부터 검출된 바이러스를 구분한 결과는 Table 4와 같다. 동북의 모든 유산태자에서 원인 바이러스가 검출된 예도 있었으며, 동북 중 일부 유산태자에서만 검출된 예도 있었다. 전체 219두 유산태자 중 복합감염을 포함하여, PCV2는 전체 46건(21%)이 검출되어 가장 높은 비중을 차지하였으며, PRRSV가 19건(8.6%)으로 두 번째로 높은 비중을 차지했다. ADV는 16건(7.3%)으로 나타났다. 국내에서 유산 원인체로서 비교적 최근에 유입된 SIV는 총 8건(3.6%) 검출되었다. 아형별로는 H1N1 1건, H1N2 4건, H3N2 3건으로 나타나, 국내에서 분리된 아형 세 가지 모두 검출되었다. PPV는 3건(3.2%), JEV는 1건(1.07%)이 검출되었으며, EMCV는 검출되지 않았다. 일부 유·사산 태자는 복합감염을 보였는데 PCV2와 PRRSV가 복합감염된 태자는 4예, PCV와 ADV가 복합감염된 태자는 3예, PCV2, PRRSV, ADV가 복합감염된 태자는 2예에서 나타났다. 지역별 유·사산된 태자로부터 검출한 바이러스를 구분한 결과는 Table 5와 같다. PCV2는 모든 지역에서 검출되었으며, PRRSV는 강원을 제외한 모든 지역에서 검출되었다. ADV는 경상과 전라 일부 지역에서만 검출되었다.

고 찰

이 실험 결과, 농장기준 국내 97개 중 39개 농장(40.2%), 모돈기준 103두 중 41두(39.8%), 유·사산 태자 기준 219두 중 82두(37.4%)에서 유·사산 원인 바이러스가 검출됨으로써, 바이러스 감염에 의한 유산이 실제로 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

이 실험에서 가장 높은 검출률을 나타낸 PCV2는 이 유돈과 육성돈에서 림프장기를 손상해 면역억제를 일으키며, 이로 인한 다른 바이러스와의 복합감염 또는 스트레스 인자가 작용하여 이유 후 전신성소모증후군(PMWS)를 일으키는 주 원인체이다(Sanchez 등, 2001). 최근 PCV2는 유산의 원인 바이러스로도 대두되고 있으며 주로 말기 유산, 사산 그리고 조산 등을 특징으로 한다(West 등, 1999; O'Connor 등, 2001; Sanchez 등, 2001). Park 등(2005)은 임신말기 모돈 6두에 PCV2 공격접종 후 7~21일 내에 모든 모돈에서 유산을 일으키는 것을 확인함으로써, PCV2 단독감염으로 인한 유산이 가능함을 확인하였다. 또한, PCV2는 감염된 임신 모돈의 태반을 통해 태자에 감염이 가능하며, 유산태자에서 IHC, ISH 검사를 통해 PCV2를 검출할 수 있다. 이 밖에도 PCV2의 태반감염을 통한 유산 관련성을 제시한 많은 보고가 이루어졌다(Mateusen 등, 2004; Pensaert 등, 2004; Sanchez 등, 2004). Kim 등(2004)은 국내 유산태아의 13.1%에서 PCV2가 검출되었다고 보고하였고, Lyoo 등(2001)의 실험에서는 16두의 유산태자 중 4두(25%)에서 PCV2가 검출되었다. 이 실험에서는 219두 중 46두(21%)에서 검출되었으며, 복합감염을 포함하여 유산원

인 바이러스가 검출된 전체 82두의 유산태자 중 46두 (56%)로 가장 높은 비중을 차지하였다. 따라서, 국내 양돈농가에서 유산원인 바이러스로서 가장 유의해야 할 원인체는 PCV2라고 생각한다.

PRRSV는 PRDC (Porcine Respiratory Disease Complex)의 중요한 원인체로 잘 알려졌으며, 모든의 호흡기 증상과 더불어 말기 유·사산을 특징으로 한다(Sanchez 등, 2001). 현재 우리나라 양돈농가의 대부분이 PRRSV 상재화 단계에 접어들고 있어 피해가 점점 심해지고 있으며, 특히 모든의 경우 산차별 항체 양성률이 평균 68.9%에 달한다(박 등, 2008). 경산돈(57.2~62.5%)에 비해 후보돈(73.0%)의 항체 양성률이 오히려 높은 것으로 나타나, 후보돈의 구매가 PRRSV 전파에 중요한 역할을 하는 것으로 생각한다. 현재 국내의 PRRSV 예방접종률은 모돈과 자돈에 있어 각각 16.7%, 8.3%에 불과한 것으로 나타나(박 등, 2007), 모든의 감염위험은 항시 존재하는 것으로 생각한다. 그러나 PRRSV백신으로 인한 돌연변이주가 다른 국가에서 이미 보고되었으며(Allende 등, 2000; Nielsen 등, 2001; Nielsen 등, 2002), 국내 또한 돌연변이주가 출현할 가능성이 있다. 이에 따라, PRRSV에 의한 유산은 앞으로 국내에서 지속적으로 문제될 것으로 보이며, 이에 대한 다양한 연구가 필요하다.

ADV는 모돈에서 호흡기증상과 함께 유·사산을 일으키며, 자돈에서는 신경증상과 구토, 설사 등으로 높은 폐사율을 초래하는 바이러스이다(Kluge 등, 1992). 이 실험에서 ADV는 16건(7.3%) 검출되었으며, 경산 11건, 전라 5건으로 일부 지역에 국한된 발생을 보였다. 국내에서 ADV는 1987년 경남에서 처음 발생한 이후, 양돈농가에 지속적인 피해를 주고 있다(Kim 등, 1988). ADV의 확산방지를 위해서는, 혈청학적 양성돈의 조기검출이 중요하다. 국내에서는 1996년부터 의무적 예방접종, 혈청검사 양성돈의 살처분 및 도태정책으로 2003년부터 발생률이 현저히 감소하는 추세를 보이고 있다. ADV는 이러한 국가적 방역시책으로 말미암아 곧 그 피해가 감소할 것으로 생각한다.

이번 연구에서 SIV는 8건(3.65%)으로 H1N1, H1N2, H3N2 아형이 검출되었다. SIV가 유산의 직접적인 원인체인지는 확실히 밝혀지지 않았으나, Wesley (2004)는 임신모돈에 있어 SIV를 공격접종한 후 일부 모돈에서 사산태아가 발생하였다. 국내에서는 2005년 10월부터 전국적인 SIV 백신 프로그램이 실시되고 있으며, 백신 프로그램 시행 전의 SIV 항체 양성률은 약 46.1%였다

(Pascua 등, 2008). 이는 자연감염에 의한 것으로 생각하며, 이로 인한 호흡기질병뿐만 아니라 번식장애도 발생하였을 것으로 예측된다. 이번 실험에서는 SIV 백신 프로그램 시행 후인 2006년도에 의뢰된 유산태아에서는 검출되지 않았으나, 2007년부터는 검출되었다. SIV는 비교적 최근에 유·사산의 원인체로서 인식되고 있으며, 관련한 체계적 연구가 부족한 실정으로서 지속적인 관심이 필요하다고 생각한다.

PPV는 전 세계적으로 만연해 있는 대표적인 유산 원인체이다(Soares 등, 1999). 국내 양돈농가에서는 모돈의 유산에 있어, PPV 예방접종의 중요성을 잘 인식하고 있으며, 모돈에 한해 95% 예방접종을 하고 있다(박 등, 2007). 이번 실험에서 PPV는 3건(1.3%)이 검출되었는데 백신접종에 의해 그 피해가 낮은 것으로 생각한다.

일부 유산태아에서는 PCV2+PRRSV 4예, PCV2+ADV 3예, PCV2+PRRSV+ADV 2예로 82두의 유·사산 태자 중 총 9두(10.9%)에서 복합감염이 검출되었다. PCV2와 함께 PRRSV, ADV는 PMWS를 일으킬 수 있는 대표적 바이러스(Segalés와 Domingo, 2002; Segalés 등, 2004)이며, 이들 감염으로 인한 모돈의 유산이 심심치 않게 일어나고 있음을 알 수 있다. 복합감염된 유산태자를 포함하여, PCV2, PRRSV, ADV의 검출률은 85.3% (70/82)를 나타냄으로써, 국내 유산원인 바이러스 중 가장 유의해야 할 원인체로 대두되었다. 하지만, ADV의 경우는 그 발생률이 2006년 이후로 급격히 감소하고 있으며, 발생지역 또한 일부 지역에 국한되어 있다.

국가별 바이러스에 의한 유산 발생 빈도는 서로 다른 경향을 나타내고 있으며, 유행하는 바이러스도 각기 다를 수 있다(Lyoo 등, 2001; Maldonado 등, 2005; Wolf 등, 2008). 이번 실험 결과, 국내에서 유산을 일으키는 주요 바이러스 원인체는 PCV2, PRRSV, ADV임을 알 수 있었다. 더욱이, 복합감염된 유산태자 9두 모두 PCV2가 검출되었다. 이에 따라, PMWS와 유산의 관련성에 관한 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각하며, 양돈농가의 유산으로 인한 경제적 피해를 줄이기 위해, 유산 원인체의 유행률에 관한 지속적인 감시와 그에 따른 대책, 환절기 모돈의 항병력 유지를 위한 사양관리 개선 방안 등이 지속적으로 제시되어야 할 것으로 생각한다.

결 론

국내 총 97개 농장 103두 모돈의 219두 유·사산 태

자에 대한 PCR 검사를 한 바, 39개(40.2%) 농장, 41두(39.8%) 임신 모돈, 82두(38.3%) 유·사산 태자에서 유·사산 원인 바이러스가 검출되었다. 원인체별로는 복합 감염을 포함하여, PCV2가 46건(21%)으로 검출률이 가장 높았고, PRRSV 19건(8.6%), ADV 16건(7.3%), SIV 8건(3.6%), PPV는 3건(1.3%), JEV는 1건(0.4%), EMCV는 검출되지 않았다. PCV2와 PRRSV 또는 ADV가 9두(4.1%)에서 복합감염된 것으로 나타났다. 결론적으로, 국내 모돈에서 유산을 일으키는 주요 바이러스성 원인은 PCV2, PRRSV, ADV인 것으로 나타났으며, PMWS와도 밀접한 관련이 있음이 생각되는 바, 앞으로 이에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 동물의학종합연구소의 지원에 의해 수행되어 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 박최규, 윤하정, 이창희, 정병열, 이경기, 김현수. 2008. 혈청학적 분석을 통한 돼지 생식기호흡기증후군의 농장단위 감염유형. *대한수의학회지* 48(1): 67-73.
- 박최규, 정병열, 윤하정, 이창희, 김현수. 2007. 우리나라 양돈장의 예방 접종 실태 조사. *한국수의공중보건학회지* 31(3): 257-264.
- Albina E. 1997. Epidemiology of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS): An overview. *Vet Microbiol* 55(1-4): 309-316.
- Allende R, Kutish GF, Laegreid W, Lu Z, Lewis TL, Rock DL, Friesen J, Galeota JA, Doster AR, Osorio FA. 2000. Mutations in the genome of porcine reproductive and respiratory syndrome virus responsible for the attenuation phenotype. *Arch Virol* 145(6): 1149-1161.
- Bachmann PA. 1989. Swine Influenza Virus. In: Pensaert MB, ed. *Virus Infections of Porcines*, vol. 2. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV: 193-207.
- Cao S, Chen H, Zhao J, Lü J, Xiao S, Jin M, Guo A, Wu B, He Q. 2005. Detection of porcine circovirus type 2, porcine parvovirus and porcine pseudorabies virus from pigs with postweaning multisystemic wasting syndrome by multiplex PCR. *Vet Res Commun* 29(3): 263-269.
- Choi YK, Goyal SM, Kang SW, Farnham MW, Joo HS. 2002. Detection and subtyping of swine influenza H1N1, H1N2 and H3N2 viruses in clinical samples using two multiplex RT-PCR assays. *J Virol Methods* 102(1-2): 53-59.
- Christianson WT. 1992. Stillbirths, mummies, abortions, and early embryonic death. *Vet Clin Nor Am Food Anim Prac* 8(3): 623-639.
- Chung YJ, Nam JH, Ban SJ, Cho HW. 1996. Antigenic and genetic analysis of Japanese encephalitis viruses isolated from Korea. *Am J Imp Med Hvg* 55(1): 91-97.
- Holler LD. 1994. Diagnosis of swine abortion. *J Swine Hlth and Prod* 2(6): 29-31.
- Kluge JP, Beran GW, Hill HT. 1992. Pseudorabies (Aujeszky's disease). In: Leman AD, Straw BE, Mengeling WL, D'Allaire S, Taylor DJ (eds.). *Disease of Swine*. 7th ed. Iowa State University Press, Ames: 312-323.
- Kim BH, Lee JB, Song JY, Kim YH, An SH, Jun MH. 1988. Studies on Aujeszky's disease in Korea, 2; restriction endonuclease analysis of Aujeszky's disease virus genomes isolated from piglets in Korea. *The Res Rep of RDA-Vet* 30(2): 37-41.
- Kim J, Jung K, Chae C. 2004. Prevalence of porcine circovirus type 2 in aborted fetuses and stillborn piglets. *Vet Rec* 155(16): 489-492.
- Lyou KS, Park YH, Park BK. 2001. Prevalence of porcine reproductive and respiratory syndrome virus, porcine circovirus type 2 and porcine parvovirus from aborted fetuses and pig with respiratory problems in Korea. *J Vet Sci* 2(3): 201-207.
- Maldonado J, Segalés J, Martínez-Puig D, Calsamiglia M, Riera P, Domingo M, Artigas C. 2005. Identification of viral pathogens in aborted fetuses and stillborn piglets from cases of swine reproductive failure in Spain. *Vet J* 169(3): 454-456.
- Mateusen B, Sanchez RE, Van Soom A, Meerts P, Maes DG, Nauwynck HJ. 2004. Susceptibility of pig embryos to porcine circovirus type 2 infection. *Theriogenology* 61(1): 91-101.
- Nielsen HS, Oleksiewicz MB, Forsberg R, Stadejek T, Bøtner A, Storgaard T. 2001. Reversion of a live porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccine investigated by parallel mutations. *J Gen Virol* 82(6): 1263-1272.
- Nielsen J, Bøtner A, Bille-Hansen V, Oleksiewicz MB, Storgaard T. 2002. Experimental inoculation of late term pregnant sows with a field isolate of porcine reproductive and respiratory syndrome vaccine-derived virus. *Vet Pary Erived Viogy* 84(1-2): 1-13.
- O'Connor B, Gauvreau H, West K, Bogdan J, Ayroud M, Clark EG, Konoby C, Allan G, Ellis JA. 2001. Multiple porcine circovirus 2-associated abortions and reproductive failure in a multisite swine production unit. *Can Vet J* 42(7): 551-553.
- Park JS, Kim J, Ha Y, Jung K, Choi C, Lim JK, Kim SH, Chae C. 2005. Birth abnormalities in pregnant sows infected intranasally with porcine circovirus 2. *J Comp Path* 132(2-3): 139-144.
- Pascua PN, Song MS, Lee JH, Choi HW, Han JH, Kim JH, Yoo

- GJ, Kim CJ, Choi YK. 2008. Seroprevalence and genetic evolutions of swine influenza viruses under vaccination pressure in Korean swine herds. *Virus Res* 138(1-2): 43-49.
- Pensaert MB, Sanchez RE Jr, Ladekjaer-Mikkelsen AS, Allan GM, Nauwynck HJ. 2004. Viremia and effect of fetal infection with porcine viruses with special reference to porcine circovirus 2 infection. *Vet Microbiol* 98(2): 175-183.
- Sanchez RE Jr, Meerts P, Nauwynck HJ, Ellis JA, Pensaert MB. 2004. Characteristics of porcine circovirus-2 replication in lymphoid organs of pigs inoculated in late gestation or postnatally and possible relation to clinical and pathological outcome of infection. *J Vet Diagn Invest* 16(3): 175-185.
- Sanchez RE Jr, Meerts P, Nauwynck HJ, Pensaert MB. 2003. Change of porcine circovirus 2 target cells in pigs during development from fetal to early postnatal life. *Vet Microbiol* 95(1-2): 15-25.
- Sanchez RE Jr, Nauwynck HJ, McNeilly F, Allan GM, Pensaert MB. 2001. Porcine circovirus 2 infection in swine fetuses inoculated at different stages of gestation. *Vet Microbiol* 83(2): 169-176.
- Segalés J, Domingo M. 2002. Postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) in pigs. A review. *Vet Q* 24(3): 109-124.
- Segalés J, Rosell C, Domingo M, 2004. Pathological findings associated with naturally acquired porcine circovirus type 2 associated disease. *Vet Microbiol* 98(2): 137-149.
- Shin J, Bautista EM, Kang YB, Molitor TW. 1998. Quantitation of porcine reproductive and respiratory syndrome virus RNA in semen by single-tube reverse transcription-nested polymerase chain reaction. *J Virol Methods* 72(1): 67-79.
- Soares RM, Durigon EL, Bersano JG, Richtzenhain LJ. 1999. Detection of porcine parvovirus DNA by the polymerase chain reactions DNA using primers to the highly conserved nonstructural protein gene, NS-1. *J Virol Methods* 78(1-2): 191-198.
- Straw BE, Dewey CE, Wilson MR. 1999. Differential diagnosis of swine diseases. In: Straw BE, DAllaire S, Mengeling WL, Taylor DJ. (Eds.), *Diseases of Swine*, 8th ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 41-89.
- Vanderhallen H, Koenen F. 1998. Identification of encephalomyocarditis virus in clinical samples by reverse transcription-PCR followed by genetic typing using sequence analysis. *J Clin Microbiol* 36(12): 3463-3467.
- Vannier P. 1999. Infectious causes of abortion in swine. *Reprod DomAnim* 34(1-4): 367-376.
- Wesley RD. 2004. Exposure of sero-positive gilts to swine influenza virus may cause a few stillbirths per litter. *Can J Vet Res* 68(3): 215-217.
- West KH, Bystrom JM, Wojnarowicz C, Shantz N, Jacobson M, Allan GM, Haines DM, Clark EG, Krakowka S, McNeilly F, Konoby C, Martin K, Ellis JA. 1999. Myocarditis and abortion associated with intra-uterine infection of sows with porcine circovirus 2. *J Vet Diagn Invest* 11(6): 530-532.
- Wolf VH, Menossi M, Mourão GB, Gatti MS. 2008. Molecular basis for porcine parvovirus detection in dead fetuses. *Genet Mol Res* 7(2): 509-517.